



Министерство образования Российской Федерации
Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Томский филиал
Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН



**Всероссийская научная конференция
с международным участием**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ГИДРОГЕОЛОГИИ,
ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И
ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ ЕВРАЗИИ**

*Материалы Всероссийской конференции с международным
участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной
геологии и гидрогеоэкологии Евразии»
с элементами научной школы*



**23–27 ноября 2015 г.
Томск**

УДК [556.3+624.131.1](4/5)(063)
ББК 26.35(0)л0
С568

Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 828 с.

В сборнике отражены вопросы, связанные с ресурсами природных вод и их использования, проблемы грунтоведения, методы инженерно-геологических исследований, инженерная геология городов, геохимия природных вод, геоэкология и охрана окружающей среды, проблемы и перспективы бурения инженерно-геологических, гидрогеологических и эксплуатационных скважин.

ISBN 978-5-4387-0599-4

Редакционная коллегия:

Дмитриев А.Ю., к.г.-м.н., директор ИПР, зав. кафедрой бурения скважин
Строкова Л.А., д.г.-м.н., и.о. заведующего кафедрой ГИГЭ ИПР ТПУ, профессор
Дутова Е.М., д.г.-м.н., профессор кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
Попов В.К., д.г.-м.н., профессор кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
Савичев О.Г., д.г.н., профессор кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
Шварцев С.Л., д.г.-м.н., профессор кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
Гусева Н.В., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР ТПУ
Крамаренко В.В., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Кузеванов К.И., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Лепокурова О.Е., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Назаров А.Д., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Пасечник Е.Ю., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Токаренко О.Г., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Колпакова М.Н., к.г.-м.н., ассистент кафедры ГИГЭ ИПР

Технические редакторы:

Токаренко О.Г., к.г.-м.н., доцент кафедры ГИГЭ ИПР
Шестакова А.В., аспирант кафедры ГИГЭ ИПР

ISBN 978-5-4387-0599-4 © ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 2015
© Оформление. Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

В январе 2015 г. исполнилось 85 лет кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Национального исследовательского Томского политехнического университета- одной из первых в нашей стране. Этому событию посвящена традиционная конференция кафедры, проводимая каждые 5 лет.

В течение последних пяти лет на кафедре продолжалась активная перестройка учебного и научного процессов, методологии подготовки кадров, начатая в 2008 г. в связи с переходом университета на новый уровень национального исследовательского. В 2013 г. Национальный исследовательский Томский политехнический университет вошел в число 15 российских вузов, ставших участниками Проекта 5–100. Проект направлен на повышение конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Участие ТПУ в проекте подтвердило его высокий образовательный и научный потенциал. Естественно, что коллектив кафедры активно участвует во всех преобразованиях, проводимых университетом.

В предлагаемом читателю сборнике рассказано о жизни кафедры за последний 5-летний период, помещены доклады конференции. Как можно видеть из содержания, конференция

была многоплановой как по тематике, так и перечню обсуждаемых проблем. Список опубликованных докладов свидетельствует и об обширных связях кафедры с академическими институтами, вузами и производственными организациями. Большинство статей сборника отражают исследования, проводившиеся на кафедре в последние годы. Некоторые из полученных результатов имеют приоритетный характер, что в значительной мере определяют не только ближайшие цели, но и долгосрочные научные планы кафедры.

В заключение от лица всех сотрудников кафедры я выражаю свою большую благодарность и искреннее уважение к людям, которые внесли вклад в сохранении научной школы кафедры ГИГЭ.

Л.А. Строкова

ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ, ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИИ ТПУ

Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: sla@tpu.ru*

В январе 2015 г. исполнилось 85 лет кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Национального исследовательского Томского политехнического университета. Этому событию посвящена традиционная конференция кафедры, проводимая каждые 5 лет.

В течение последних пяти лет на кафедре продолжалась активная перестройка учебного и научного процессов, методологии подготовки кадров, начатая в 2008г. в связи с переходом университета на новый уровень национального исследовательского.

В 2013 г. Национальный исследовательский Томский политехнический университет вошел в число 15 российских вузов, ставших участниками Проекта 5-100. Проект направлен на повышение конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Участие ТПУ в проекте подтвердило его высокий образовательный и научный потенциал. В составе ТПУ - 11 научно-образовательных и учебных институтов, 99 кафедр. Приоритетным в ТПУ является сотрудничество с ведущими зарубежными университетами и научными организациями. Активно развиваются двухсторонние связи, установленные ТПУ с университетами Германии, Китая, Франции, Чехии, Великобритании, Японии, Южной Кореи и ряда других стран, а общее количество международных договоров и контрактов превышает 200. В университете обучается более 3 тыс. иностранных студентов и около 100 иностранных профессоров осуществляют научную и образовательную деятельность.

Естественно, что коллектив кафедры активно участвует во всех преобразованиях, проводимых университетом. Преобразования произошли и внутри кафедры: ушел с заведования кафедрой профессор Степан Львович Шварцев. С ноября 2013 г. по 1 июля 2014 г. обязанности заведующего кафедрой исполнял доктор географических наук, профессор Олег Геннадьевич Савичев. С 1 июля 2014 г. обязанности заведующего кафедрой исполняет профессор Людмила Александровна Строкова.

Сведения о профессорско-преподавательском составе кафедры ГИГЭ (на 2015 год)

Всего ставок	В том числе:			
	Штатные	Внутренние совместители	Внешние совместители	Почасовики
Численность профессорско-преподавательского состава (физ. лиц), всего				
16,3	13,9	1,35	1,05	–
В том числе, численность профессорско-преподавательского состава с учёной степенью и/или званием (физ. лиц)				
13,1	10,9	1,15	1,05	–
В том числе, численность профессорско-преподавательского состава с учёной степенью доктора наук и/или званием профессора (физ. лиц)				
4,75	4	0,75	–	–

Объём учебной нагрузки, выполненный ППС в прошлом учебном году составляет 10647 часов.

Кафедра продолжает готовить специалистов по многоуровневой системе, т.е. бакалавров и магистров по направлению: «Природообустройство и водопользование», по которому в настоящее время (на 01.09.2015 г.) обучается 84 человека и дипломированных специалистов по специальности «Прикладная геология» по специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания», по которому обучается 181 студент (58 человек на очном и 123 человека на заочном отделении), в т.ч. иностранных студентов из дальнего зарубежья – 2, из стран СНГ - 26. Кроме того, кафедра готовит кандидатов и докторов наук по четырем научным специальностям: 25.00.07. Гидрогеология; 25.00.08. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение; 25.00.09. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых и 25.00.36. Геоэкология. Сейчас на кафедре обучаются 12 аспирантов (2 иностранных аспиранта) и 1 докторант. На кафедре 30 мая 2012 г. состоялась защита кандидатской диссертации *Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес* - первого иностранного аспиранта кафедры из Египта (руководитель С.Л. Шварцев). 8 апреля 2014 года в Институте земной коры СО РАН г. Иркутск состоялась защита кандидатской диссертации *Фи Хонг Тхиня* «Оценка и прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод на территории г. Ханой (Вьетнам)» - руководитель Л.А. Строкова. С 1 августа 2014 г. приступила к работе *Щеголихина Анастасия Игоревна* - первый постдок в истории кафедры, получившая PhD в Рурском университете г. Бохум (Германия) в 2013 г.

21 мая 2015 года состоялась защита кандидатской диссертации *Фунг Тхай Зьонг* "Эколого-геохимическое состояние дельты реки Меконг (Республика Вьетнам) по результатам изучения донных отложений" - руководитель О.Г. Савичев.

В начале отчетного периода число аспирантов ежегодно составляло 20-25 человек. По трем из четырех этих специальностей (25.00.0, и 25.00.09) и 25.00.36 в ТПУ работают докторские советы, в которых защищаются и кандидаты. Следовательно, на кафедре организована подготовка не только инженерных, но и научных кадров всех возможных уровней.

Трансформирование университета в «магистерско-аспирантский» требует коренного изменения учебных планов, введения новых учебных курсов или обновления существующих, переквалификации преподавательского состава, организации по-новому учебного процесса. Поэтому кроме научной особое значение приобретает методическая работа, подготовка молодых способных кадров (кандидатов и докторов наук), владеющих не только профессиональными знаниями, но и иностранными языками, постдипломное образование, научные стажировки за рубежом или в ведущих вузах страны, проектных и др. организациях, академических институтах и т.д. По всем этим направлениям кафедра всегда проводила активную работу.

Результатом проводимой перестройки явилось прежде всего изменение структуры подготовки кадров и количество выпускников (табл. 1, прил. 1).

Таблица 1

Выпуск специалистов разного уровня за последние 15 лет

Квалификация выпускаемых специалистов	2001–2005 гг.		2006–2010 гг.		2010-2015 гг.		Итого		В целом по кафедре ГИГЭ
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Инженер	96	114	97	102	107	нет	2632	216	2848
Бакалавр	79	51	71	84	45	56	246	191	437
Магистр	16	нет	13	21	19	43	49	64	113

Примечание: 1 – специальность «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» или направление подготовки (для бакалавров и магистров) «Геология и разведка полезных ископаемых»; 2 – соответственно специальность «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» и направление подготовки (для бакалавров и магистров) «Природообустройство», «Природообустройство и водопользование» с 2013 г.

В 2011 г. по итогам 2010 г. две специальности ("Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания", "Комплексное использование и охрана водных ресурсов") и одно направление ("Природообустройство и водопользование") кафедры ГИГЭ заняли первые места в национальном рейтинге.

Проводимая на кафедре и в целом в ТПУ реорганизация учебного процесса приводит к улучшению многих показателей деятельности коллектива. Так, если в предыдущую пятилетку было подготовлено и издано 10 учебно-методических пособий, из которых только 4 с грифом УМО [2], то в последнюю – уже 29, в том числе с грифом УМО 15 (см. табл. 2, прил. 4). В 2012 г. Изданы 2 учебника: С.Л. Шварцева «Общая гидрогеология» с грифом Министерство образования России; П.П. Ипатов, Л.А. Строкова «Общая инженерная геология» с грифом УМО.

Таблица 2

Издание учебно-методических пособий за последние 5 лет

Издания	Годы					Всего	
	2011	2012	2013	2014	2015	кол-во	усл.п.л.
Учебные пособия	10	5	18	8	1	29	494,82
в т.ч. с грифом УМО	6	2	4	2	1	15	

В отчетный период активно продолжалась и научная работа, которая, как и в предыдущие годы, проводилась совместно со многими вузами и академическими институтами, в первую очередь с Томским филиалом Института нефтегазовой геологии и геофизики (ТФ ИНГГ СО РАН). Приоритетными направлениями исследований, как и в предыдущую пятилетку, были:

1. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода – порода (научный руководитель С.Л. Шварцев, выполняется совместно с ТФ ИНГГ СО РАН).

2. Совершенствование гидрогеохимического метода поисков (Ю.Г. Копылова).

3. Органическая гидрогеохимия угольных бассейнов (В.К. Попов)

4. Моделирование взаимодействия в системе вода-порода (Е.М. Дутова).

5. Управление и охрана водных ресурсов бассейна Оби (О. Г. Савичев).

6. Моделирование напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов (Л.А. Строкова).

Наиболее активно в тесном контакте со многими институтами развивалось первое направление (в первую очередь с ИНГГ СО РАН и ГЕОХИ РАН. Подавляющее большинство статей и диссертаций также подготовлено в рамках этого направления, хотя в последние годы очень активно научные исследования, а соответственно и публикации материалов ведутся по природным водам бассейна Оби (О.Г. Савичев) и применению метода конечных элементов в моделировании напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов (Л.А. Строкова).

Весьма обширен и перечень журналов, в которых публикуются сотрудники кафедры. Это «Вестник РАН», «Геология и геофизика», «Геохимия», «Геоэкология», «Водные ресурсы», «Водоснабжение и санитарная техника», «Разведка и охрана недр», «Известия вузов», «Геоинформатика», «Тихоокеанская геология», «Литосфера», «Инженерная геология», «География и природные ресурсы», «Экология урбанизированных территорий», «Основания, фундаменты и механика грунтов», «Мелиорация и водное хозяйство» и многие другие. Большая часть статей естественно публикуется в «Известиях ТПУ» и «Вестнике ТГУ».

Общее число публикаций в рецензируемых журналах за последние 10 лет приведено в табл. 3 (а также в прил. 3), из которой видно, что с каждым годом оно росло и достигло апогея в 2010 г., заметно выросло с 2014 г. число статей в зарубежных изданиях, появились пока немногочисленные статьи в изданиях, индекс цитируемости которых более 1 (прил. 3). Перечень патентов, разработанных сотрудниками кафедры в 2011-2015 гг. приведены в прил.4.

Таблица 3

Количество публикаций сотрудников кафедры ГИГЭ за 2006–2015 гг.

Вид публикаций	2006	2007	2008	2009	2010	Всего 2006-2010	2011	2012	2013	2014	2015	Всего 2011-2015
Монографии и сборники	2	2	1	-	1	6	0	0	4	2	1	7
Статьи в рецензируемых журналах	9	16	27	28	36	116	23,8	29,67	29,84	28,93	24	136,24
в т.ч. в зарубежных изданиях	2	4	7	11	5	29	3,5	2,5	21	26,16	22,15	75,31

Значительную часть статей публикуют и студенты, их доля от общего числа составляет от 25 до 40 %. Такая высокая составляющая публикаций студентов объясняется давней традицией кафедры по активной организации НИРС [1].

Активное развитие НИРС и широкое использование магистратуры привели к значительному снижению возраста подготовленных кандидатов наук. Так, выпускники кафедры, которые учились в последние годы, защитили диссертации в течение 3–4 лет после окончания вуза (О.А. Камнева, Н.С. Трифонов, И.С. Иванова, М.Н. Колпакова, О.С. Наймушина табл. 4). Оперативная подготовка молодых

ученых началась еще в начале века, когда О.Е. Лепокурова защитила диссертацию через два года после окончания магистратуры, Д.А. Новиков – через 3 года [2]. Такая тенденция стала на кафедре доминирующей. В этом, в частности, мы видим положительные тенденции проводимой перестройки и надеемся, что из молодых кандидатов наук скоро вырастут и молодые доктора [3].

Таблица 4

Кандидаты и доктора наук, подготовленные в отчетный период

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Год окончания университета	Год защиты диссертации	Научный руководитель
Доктора наук				
28	Тужикова* Валентина Ивановна	1939	1973	Вне ТПУ
29	Еникеев Фарид Исхакович.	1964	2011	Вне ТПУ
30	Строкова Людмила Александровна	1985	2011	Шварцев С.Л.
Кандидаты наук				
140	Харанжевская Юлия Александровна		2011	Савичев О.Г.
141	Абдель Азиз Фавзи Махмуд Эль Шинави Эль Хайес (Египет)		2012	Шварцев С.Л.
142	Камнева Оксана Александровна	2009	2012	Савичев О.Г.
143	Трифонов Николай Сергеевич	2008	2012	Шварцев С.Л. Букаты М.Б.
144	Чепрасова Анна Сергеевна	2006	2012	Шварцев С.Л.
145	Ляпина Елена Евгеньевна	2003	2012	Вне кафедры
146	Севостьянова Ольга Александровна	2003	2012	Вне кафедры
147	Иванова Ирина Сергеевна	2008	2013	Шварцев С.Л. Покровский О.С. (г. Тулуза, Франция)
148	Сидкина Евгения Сергеевна (Тюменский ГТУ)		2013	Шварцев С.Л.
149	Бракоренко Наталья Николаевна	2004	2013	Шварцев С.Л.
150	Рыбалко Владимир Игоревич	2008	2013	Вне кафедры
151	Мищенко Мария Валериевна	2005	2013	Дутова Е.М.
152	Тужикова Валентина Ивановна	1939	1957	Вне ТПУ
153	Фи Хонг Тхинь (Вьетнам)		2014	Строкова Л.А.
154	Колпакова Марина Николаевна	2010	2014	Шварцев С.Л.
155	Наймушина Ольга Сергеевна	2010	2014	Шварцев С.Л.
156	Камбалина Мария Геннадьевна		2015	Вне кафедры
157	Фунг Тхай Зыонг (Вьетнам)		2015	Савичев О.Г.
158	Колубаева Юлия Викторовна		2015	Шварцев С.Л.
159	Покровский Виталий Дмитриевич	2012	2015	Кузеванов К.И.

* Ранее пропущенные

Рост числа публикаций и успешная подготовка аспирантов в значительной мере обусловлены тем, что кафедра большую часть исследований проводит в тесном контакте с институтами РАН и зарубежными университетами. Кафедра тесно сотрудничает и с рядом китайских университетов: Китайским геологическим (г. Пекин и г. Ухань), Наньчанским (г. Наньчан), Восточно-Китайским техническим (г. Фу-Джоу). С 2011 г. начались исследования с Наньчанским университетом по теме «Гидрологические и геохимические процессы и их экологическая роль на территории водосбора озера Поянг (Китай)». Кафедра ведет совместные работы и с институтом геологии и минеральных ресурсов Академии наук Монголии по геохимии озер этой страны, геологии и минералогии (ИГМ СО РАН) и ТФ ИНГГ СО РАН.

Связи кафедры с академическими институтами обширны. Так, кафедра принимает участие в исследованиях азотных терм Забайкалья, которые проводятся под руководством С.Л. Шварцева институтами СО РАН (ТФ ИНГГ, ГИН, ИПРЭК, ИЗК, ИХГ) и ДВО РАН (ДВГИ, ИВЭП и др.).

С 2015 г. ведется совместный проект с Восточно-Китайским университетом, на тему «Геохимия азотных термальных вод Забайкалья (Россия) и провинции Цзянси (юго-восточный Китай)» под руководством С.Л. Шварцева и З.С. Суна.

Многолетние тесные связи существуют с Лабораторией георесурсов и окружающей среды Национального центра научных исследований Франции, г. Тулуза по изучению геохимии железа в подземных водах. В частности, в рамках этой темы подготовлена диссертация И.С. Ивановой под эгидой двух руководителей С.Л. Шварцева (ТПУ) и О.С. Покровского (НЦНИ Франции) и подготовлено несколько публикаций.

В настоящее время И.С. Иванова участвует в выполнении проекта Российского научного фонда «Эволюция экосистем термокарстовых озер Большеземельской тундры в контексте климатических изменений и антропогенной нагрузки: натурные наблюдения и экспериментальное моделирование» (руководитель Широкова Л.С., г. Архангельск).

Сотрудники кафедры М.Н. Колпакова и О.С. Наймушина участвуют в выполнении проекта Российского научного фонда (РНФ) на тему «Физико-химическое моделирование гидрогеохимических процессов в озерно-болотных системах юга Сибири, Северного Казахстана и Западной Монголии в присутствии природных высокомолекулярных органических кислот» в составе большого коллектива Института геологии и минералогии СО РАН, под руководством д.г.-м.н. О.Л. Гаськовой.

Примеры обширных связей кафедры можно продолжать. Они подтверждаются и тем, что сотрудники кафедры активно выезжают на стажировки в ведущие вузы и институты России и зарубежных стран, а студенты участвуют в академических обменах. Так, сотрудники кафедры Шварцев С.Л., Иванова И.С., Строкова Л.А., Колпакова М.Н., Токаренко О.Г. за отчетный период побывали в зарубежных командировках с целью развития международных контактов кафедры, участия в работе научных симпозиумов, выполнения совместных научных исследований и изучения иностранного языка. Зарубежные командировки способствуют активизации работы по заключению международных контрактов.

В 2011 г. четверо студентов (Комарова Ю.В., Рахматуллаев И.Б., Азаренко О.И., Чагина Ю.А.) в течение одного семестра обучались по программам академических обменов в ВУЗах Германии, Франции, Южной Кореи, Польши. Успешное обучение студентов за рубежом послужило хорошим примером и

стимулом для дальнейшего развития этой прогрессивной формы обучения. Появляется конкурс среди студентов младших курсов желающих приобрести опыт обучения в иностранных ВУЗах. В 2012 г. магистрант первого года обучения Улаева Светлана Сергеевна прошла стажировку в Перпиньякском университете, г. Перпиньяк, Франция. За последние пять лет 35 наших студентов были командированы для участия с докладами на конференциях и симпозиумах, в т.ч. 17 участвовали в зарубежных мероприятиях.

Научные работы студентов отмечены дипломами различных конкурсов, проводимых в стране, например, Ирина Сергеевна Иванова, будучи аспирантом кафедры стала победителем открытого всероссийского благотворительного конкурса для студентов, аспирантов и молодых преподавателей «Академическая мобильность», проводимого в рамках программного блока «Наука. Образование. Просвещение» Фонда Михаила Прохорова в 2011 г. Научная работа студентки Цаан К.Ю., отмечена дипломом I степени Международного конкурса «Золотой Резерв нефтегаза – 2011» - лучшие выпускники нефтегазовой отрасли в России и СНГ (г. Москва). Научные работы следующих студенток, отмечены дипломами на Всероссийских конкурсах: Цаан К. Ю. получила Диплом Всероссийского конкурса на звание «Лучший выпускник России» 2011г.» среди вузов, готовящих специалистов для минерально-сырьевого комплекса страны (г. Санкт-Петербург) и Солдатова Е.А. получила Диплом Всероссийского конкурса выпускных квалификационных работ по специальности «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (ВСО II тур); четверо студентов (Цаан К.Ю., Гриков С.В., Чагина Ю.А., Крохта К.В.) получили Диплом Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области наук о Земле в рамках Всероссийского фестиваля науки по направлению «Гидрогеохимия и гидрогеоэкология Земли»; пятеро студентов (Покровский В.Д., Солдатова Е.А., Балтрушайтите К.Ю., Лимарева А.А., Шмелькова Е.А.) получили Диплом Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области наук о Земле в рамках Всероссийского фестиваля науки по направлению «Гидрогеология и инженерная геология».

Сотрудники кафедры принимают участие во многих российских конференциях и симпозиумах.

На кафедре работает большой высококвалифицированный коллектив преподавателей и научных работников. В настоящее время на кафедре работает 53 человека, из которых 6 профессоров, 11 доцентов, 4 старших преподавателей, 2 ассистента, 12 аспирантов, 10 научных работников и инженеров. Средний возраст профессорско-преподавательского состава в 2015 г. – 45,1 лет. Ежегодно 35-45% сотрудников кафедры повышают квалификацию.

В 2014-2015 уч. г. в ТПУ стартовала комплексная система оценки деятельности преподавателей и исследователей с использованием критериев эффективности в части публикационной активности, цитируемости, объемов и качества проводимых НИОКР, работы с магистрантами и аспирантами и др. По итогам года из 27 сотрудников кафедры, работающих по эффективному контракту, 14 человек выполнили эффективный контракт на 100%, 3 человека выполнили его более чем на 50% и 10 сотрудников менее 50%, что свидетельствует о достаточно высоком научном потенциале кафедры, в то время как в среднем по ТПУ, эффективный контракт на 100% выполнили 40% сотрудников.

На базе кафедры действуют несколько научных центров и лабораторий. Проблемная научно-исследовательская гидрогеохимическая лаборатория (ПНИЛ

гидрогеохимии) и научно-учебный центр «Вода», объединяющий работников ПНИЛ и кафедры, занимаются водными проблемами, руководит этими структурами в течение многих лет доцент Ю.Г. Копылова. В настоящее время активно развивается учебная научно-исследовательская лаборатория «Грунтоведение и механика грунтов», руководитель доцент В.В. Крамаренко. Благодаря наличию этих лабораторий кафедра выполняет научные исследования по грантам различного уровня, так с 2011 по 2015 гг. под руководством сотрудников кафедры ГИГЭ были проведены научные исследования по более 20 научным проектам, программам и грантам:

I. Федеральные целевые программы

1. *«Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., в рамках реализации мероприятия № 1.3.1 Проведение научных исследований молодыми учеными - кандидатами наук:*

- «Исследование вторичного минералообразования во фторсодержащих термальных водах Забайкалья» (2011-2013 г., руководитель Токаренко О.Г.)

- «Исследование влияния ландшафтно-геоморфологических условий на формирование химического состава озер Хакасии» (2012-2013 г., руководитель Гусева Н.В.)

- «Исследование процессов перераспределения химических элементов во вторичных потоках рассеяния в связи с совершенствованием методики поисков месторождений полезных ископаемых» (2012 г., руководитель Гусева Н.В.)

2. *«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»*

- «Геохимия, водная миграция и геомиграционные циклы химических элементов верхней гидродинамической зоны Западной Сибири в связи с обеспечением комплексного и рационального использования природных ресурсов» (2012 г., руководитель С.Л. Шварцев)

II. Гранты РФФИ:

1. *Конкурс инициативных научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант) (мол_а)*

- «Моделирование процессов образования вторичных минеральных фаз в щелочных гидротермах областей тектонической активизации (на примере Байкальской рифтовой зоны)» (2014-2015 г., руководитель Токаренко О.Г.)

- «Физико-химическое моделирование процессов вторичного минералообразования в системе вода–порода в различных ландшафтно-климатических условиях» (2014-2015 г., руководитель Солдатова Е.А.)

- «Геохимия и формирование химического состава соленых озер Хакасии» (2014-2015 г., руководитель Гусева Н.В.)

2. *Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными под руководством кандидатов и докторов наук в научных организациях Российской Федерации (мол_нр)*

- «Закономерности формирования состава подземных вод и геотермических условий ниже-юрского водоносного комплекса Западной Сибири (на примере Уроненского и Усть-Тегусского месторождений)» (2014 г., руководитель Шварцев С.Л.)

- «Геохимическая характеристика подземных вод равнинных и горных районов Ташкентской области» (2014 г., руководитель Гусева Н.В.)

• «Моделирование процессов вторичного минералообразования питьевых межпластовых подземных вод северо-центральной части Молдавии» (2014 г., руководитель Пасечник Е.Ю.)

• «Гидрологические аспекты испарительных механизмов формирования химического состава поверхностных и грунтовых вод аридных областей Азии» (Руководитель Савичев О.Г.).

• «Геохимия подземных вод Приташкентского региона (Республика Узбекистан)» (2013 г., руководитель Гусева Н.В.)

• «Гидрогеохимические условия формирования вод урбанизированных территорий в различных условиях антропогенной нагрузки (на примере г. Кишинев, Молдова)» (2013 г., руководитель Пасечник Е.Ю.)

• «Гидрогеохимические механизмы формирования урановых месторождений в углеродисто-кремнистых сланцах Центральных Кызылкумов» (2013 г., руководитель Шварцев С.Л.)

• Геохимия карстово-трещинных вод Екатериновского массива и хребта «Лозовый» (юг Приморья) (руководитель с.н.с. ДВГИ ДВО РАН, к.г.-м.н. Брагин И.В., исполнитель Иванова И.С.)

• «Механизмы формирования уникальных углекислых минеральных вод месторождения Мухен (Хабаровский край) (руководитель Харитонова Н.А., исполнитель Лепокурова О.Е.)

• «Изучение гидрогеохимических особенностей рассолов проявления Речица (юг Приморского края): формирование состава вод и возможность использования в бальнеологических целях» (и.о. зав. лаборатории ДВГИ ДВО РАН, к.г.-м.н. Челноков Г.А., исполнитель Колубаева Ю.В.)

3. Конкурс инициативных научных проектов, проводимый РФФИ и Государственным фондом естественных наук Китая (ГФЕН)

• «Геохимия азотных термальных вод Забайкалья (Россия) и провинции Цзянси (юго-восточный Китай)» (2015-2016 гг., руководитель С.Л. Шварцев)

4. Непрерывный конкурс совместных российско-французских исследовательских проектов в рамках международных ассоциированных лабораторий (МАЛ) и международных научно-исследовательских объединений (МНО)

• «Масштабы и механизмы выноса химических элементов из олиготрофных болот» (2011 г., руководитель С.Л. Шварцев).

5. Региональный конкурс Сибирь (р_сибирь_a)

• «Исследование условий формирования ледовых заторов и зажоров на реках Томь, Обь и Чулым» (2011-2012 гг., руководитель Савичев О.Г.)

• «Геохимические и биохимические условия формирования качества питьевых подземных вод Томской области» (2012 г., руководитель С.Л. Шварцев)

• «Исследование процессов вторичного минералообразования в соленых озерах Хакасии» (2011-2012 гг., руководитель Ю.Г. Копылова)

III. Конкурс Российского научного фонда:

1. Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований с привлечением молодых исследователей

• «Физико-химическое моделирование гидрогеохимических процессов в озерно-болотных системах юга Сибири, Северного Казахстана и Западной Монголии в присутствии природных высокомолекулярных органических кислот» (2015-2017 гг., руководитель Гаськова О.Л., ответственные исполнители Колпакова М.Н., Наймушина О.С.)

• «Эволюция экосистем термокарстовых озер Большеземельской тундры в контексте климатических изменений и антропогенной нагрузки: натурные наблюдения и экспериментальное моделирование» (руководитель Широкова Л.С., ответственный исполнитель Иванова И.С.)

IV. Проект № 6 совместных работ Учреждения СО РАН, Академии наук Монголии и Министерства образования, культуры и науки Монголии:

• «Минеральные озера Монголии – рудогенерирующий потенциал, инновационные технологии освоения» (2012 г., руководитель. С.Л. Шварцев)

V. Государственные задания «Наука»

• «Геохимия элементов-гидролизатов в гумидных областях как основа совершенствования технологии водоподготовки» (2014-2016 гг., руководитель С.Л. Шварцев)

• «Исследование геологической эволюции системы вода-порода как основы ресурсоэффективных поисковых и эколого-геохимических технологий» (2011-2012 гг., руководитель. С.Л. Шварцев)

Кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии на протяжении последних 10 лет Министерством образования РФ признана лучшей в подготовке специалистов. Кафедра имеет мощную материально-техническую базу, новейшее оборудование и современные лицензионные инновационные программы для проведения научных исследований на высоком уровне.

Коллектив кафедры постоянно развивается, повышается квалификация сотрудников, растет количественно состав, имеется много молодежи. Кафедра сотрудничает со многими вузами и академическими институтами, включая иностранные. Студенты и преподаватели участвуют в академических обменах, международных конференциях, научных исследованиях с другими странами. Коллектив живет полнокровной, весьма разнообразной и многоплановой жизнью, что видно по приведенным результатам.

Литература

1. 70 лет кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета: Очерки / под ред. С.Л. Шварцева. – Изд-во НТЛ, 2001. – 240 с.
1. Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология: Материалы конференции, посвященной 75-летию кафедры ГИГЭ Томского политехнического университета / под ред. С.Л. Шварцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 400 с.
2. Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Томского политехнического университета / под ред. С.Л. Шварцева. – Томск: Изд-во НТЛ, 2011. – 720 с.

**БАКАЛАВРЫ НАПРАВЛЕНИЯ
«ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

2011 год

202.	Андреева Марина Александровна
203.	Волкова Диана Сергеевна
204.	ИЛЬИНА* Ольга Николаевна
205.	КРОХТА Ксения Владимировна
206.	Лаппо Илья Александрович
207.	Левченко Дарья Юрьевна
208.	Норд Галина Ивановна
209.	Порученко Виталий Михайлович
210.	Сабирова Венера Вильнуровна
211.	Стрельникова Валерия Игоревна
212.	Фурсова Екатерина Владимировна
213.	Шестаков Денис Игоревич
214.	ШИГОРИНА Елена Геннадьевна
215.	Шмелькова Елена Анатольевна

2012 год

216.	Алексеева Наталья Сергеевна
217.	ДОЛИЕВА Зарина Халмурадовна
218.	Загрутдинов Рустам Рифхатович
219.	Зарипова Наиля Адхамовна
220.	Кочкуров Вадим Алексеевич
221.	Мамонтова Элина Сергеевна
222.	Николашина Елена Юрьевна
223.	ПУРГИНА Дарья Валерьевна
224.	Рипенко Ксения Сергеевна
225.	Родченко Маргарита Николаевна
226.	Шмурыгина Софья Владимировна
227.	ЩЕПАКИНА Мария Владимировна

2013 год

228.	Андрианова Кристина Андреевна
229.	Валитова Ксения Петровна
230.	Исайкина Алёна Олеговна
231.	Каминская Ярославна Вячеславовна
232.	Курбатова Евгения Аркадьевна
233.	Лобанова Алёна Андреевна
234.	Мошкина Анна Александровна

235.	Нарымская Анна Тимофеевна
236.	Семенова Мария Михайловна
237.	Сеченов Вячеслав Алексеевич
238.	Трутнев Артём Фёдорович
239.	Хасанова Рената Шухратовна

2014 год

240.	Вакуленко Анастасия Олеговна
241.	Волошина Ксения Олеговна
242.	Дроздова Ирина Петровна
243.	КАЗАНЦЕВА Олеся Владимировна
244.	Колесникова Арина Вячеславовна
245.	КОЛЧЕГОШЕВА Анна Николаевна
246.	ПЛАТОНОВА Елена Геннадьевна

* с красным дипломом

**БАКАЛАВРЫ НАПРАВЛЕНИЯ
«ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО»
«ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ» (с 2014 год)**

2011 год

136.	Баймлер Эдуард Федорович
137.	Байраченко Михаил Валерьевич
138.	Воробьев Владимир Александрович
139.	Гриков Сергей Владимирович
140.	Коробенкова Мария Павловна
141.	ЛЕВИНА Ольга Олеговна
142.	ЛОЖНИКОВА Ольга Александровна
143.	Малсакова Жанэля Владимировна
144.	Сафронов Андрей Евгеньевич
145.	Ткачева Марина Александровна
146.	ХАХАЛИНА Екатерина Александровна
147.	ШАБАЛИНА Юлия Александровна

2012 год

148.	Дадашов Давид Тахмасибович
149.	Жихарев Никита Александрович
150.	ИГНАТОВ Александр Игоревич
151.	КАРМАНОВА Кристина Игоревна
152.	ЛОМАКИНА Наталия Юрьевна
153.	РУСИНОВА Ангелина Михайловна
154.	УЛАЕВА Светлана Сергеевна

2013 год

155.	Аксиненко Ксения Юрьевна
156.	Антух Сергей Николаевич
157.	БЕРЕЗИКОВА Юлия Сергеевна
158.	Кононова Юлия Александровна
159.	КУВШИНОВА Екатерина Викторовна
160.	Маркелов Вячеслав Вячеславович
161.	МОИСЕЕВА Юлия Александровна
162.	Петрова Полина Игоревна
163.	СМИРНОВА Анастасия Юрьевна
164.	СОХАРЕВА Софья Юрьевна
165.	Тырышкина Мария Николаевна
166.	ШЕСТАКОВА Анастасия Викторовна
167.	Шмелева Регина Михайловна

2014 год

168.	Асочакова Ольга Александровна
169.	ВОЛЖЕНИНА Анастасия Юрьевна
170.	Воротынцев Михаил Сергеевич
171.	Гейвус Анастасия Станиславовна
172.	Гнилозуб Полина Сергеевна
173.	Горбунова Анастасия Андреевна
174.	Евграфова Валерия Игоревна
175.	Зиппа Елена Владимировна
176.	ИВАНОВА Елена Валерьевна
177.	Иванова Ксения Юрьевна
178.	Лоскутов Глеб Дмитриевич
179.	Сауырбай Гулжан Абдиласкызы
180.	Сельский Владимир Вадимович
181.	Скопцова Ольга Александровна

2015 год

182.	БАТУЕВА Эржена Мункуевна
183.	ВЕРХОВЫХ Юлия Андреевна
184.	ВОРОБЬЁВА Дарья Андреевна
185.	НЕФЁДОВА Виктория Игоревна
186.	РАК Кристина Александровна
187.	РУСИНОВА Татьяна Андреевна
188.	САВЧЕНКО Дарья Владимировна
189.	СТАРОДУБЦЕВА Елена Игоревна
190.	ФЕДОРОВ Максим Владимирович
191.	ШРАМОК Алина Владимировна

**МАГИСТРЫ НАПРАВЛЕНИЯ
«ГЕОЛОГИЯ И РАЗВЕДКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

2011 год

Формирование ресурсов и состав подземных вод

30	БАЛТРУШАЙТИТЕ Кристина Юозовна
----	---------------------------------------

Инженерно-геологические изыскания

31	Дребушевская Анна Александровна
----	---------------------------------

2012 год

Формирование ресурсов и состав подземных вод

33	Варнаев Александр Евгеньевич
34	Дзязько Сергей Равильевич
35	Комарова Юлия Васильевна
36	Куприянов Евгений Александрович
37	ПОКРОВСКИЙ Виталий Дмитриевич
38	Рахматуллаев Игорь Борисович
39	Соколкин Максим Юрьевич
40	СОЛДАТОВА Евгения Александровна

Инженерно-геологические изыскания

41	Дербенева Наталья Николаевна
42	Жабин Владислав Юрьевич
43	Пономарева Ирина Сергеевна
44	Сучкова Олеся Федоровна
45	Толмачев Федор Алексеевич
46	Половкова Юлия Сергеевна

Инженерно-геологические изыскания (заочное)

47	Сахаров* Евгений Валерьевич
48	Солдатенко* Валерий
49	Тельнова* Светлана Валерьевна

**МАГИСТРЫ НАПРАВЛЕНИЯ
«ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО» («Геоэкология водосборов», «Гидравлика и
инженерная гидрология»); с 2013г.: «ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»
(«Инженерные изыскания в области природообустройства»)**

2011 год

Геоэкология водосборов

22	Бердникова (Шмурыгина) Елена Викторовна
23	ЦААН (Баранова) Ксения Юрьевна

Гидравлика и инженерная гидрология

24	Батозская Юлия Анатольевна
----	----------------------------

2012 год

Геоэкология водосборов

25.	ИГНАТОВА Анна Игоревна
26.	Костина Ольга Петровна
27.	Кот Инна Викторовна
28.	Кривошеина Анна Александровна
29.	ЛЕУШИНА Софья Константиновна
30.	ЛИМАРЕВА Анна Алексеевна
31.	Нурманова Айгерим Нурлыбаевна
32.	Попыхина Екатерина Владимировна
33.	ЧАГИНА Юлия Андреевна

Гидравлика и инженерная гидрология

34.	Боровская Виолетта Александровна
35.	Быкова Анастасия Аркадьевна
36.	ЗИБАРЕВА Наталья Евгеньевна
37.	Чудова Ольга Александровна
38.	Широченко Ольга Владимировна
39.	Шумакова Дарья Михайловна

2013 год

Инженерные изыскания в области природообустройства

40.	Воробьев Владимир Александрович
41.	КОРОБЕНКОВА Мария Павловна
42.	ТКАЧЕВА Марина Александровна
43.	КРОХТА Ксения Владимировна
44.	ЛЕВИНА Ольга Олеговна
45.	ЛОЖНИКОВА Ольга Александровна
46.	САБИРОВА Венера Вильнуровна
47.	ХАХАЛИНА Екатерина Александровна
48.	ШАБАЛИНА Юлия Александровна

2014 год

Инженерные изыскания в области природообустройства

49.	АХМЕД-ОГЛЫ Кристина Валерьевна
50.	Власов Игорь Сергеевич
51.	Дадашов Давид Тахмасибович
52.	Ковалева Кристина Игоревна
53.	Молокова Любовь Леонидовна
54.	Русинова Ангелина Михайловна
55.	СЕСЬ Ксения Валерьевна
56.	УЛАЕВА Светлана Сергеевна
57.	ХЭ Чунью (Китай)

2015 год

Инженерные изыскания в области природообустройства

58.	4	БЕРЕЗИКОВА Юлия Сергеевна
59.	6	КОНОНОВА Юлия Александровна
60.	5	МОИСЕЕВА Юлия Александровна
61.	7	ПЕТРОВА Полина Игоревна
62.	1	РАДЮК (Кувшинова) Екатерина Викторовна
63.	3	Сохарева Софья Юрьевна
64.	2	ШЕСТАКОВА Анастасия Викторовна

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ «ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ»

2011 год

2526.	Алексеева** Ольга Васильевна
2527.	Баева** Татьяна Павловна
2528.	Григорович** Татьяна Сергеевна
2529.	Гридина** Ольга Николаевна
2530.	Скуркова** Лидия Валерьевна
2531.	Тихонов** Владислав Владимирович
2532.	Тихонова** Анна Васильевна
2533.	Ушарова** Юлия Сергеевна
2534.	Фришман** Сергей Валентинович
2535.	Явкина** Татьяна Владимировна

2012 год

2536.	Андреева Марина Александровна
2537.	Астраханцева** Татьяна Михайловна
2538.	Бородай** Наталья Александровна
2539.	Бугаев Владимир Григорьевич
2540.	Буланаква (Норд) Галина Ивановна

2541.	Волкова Диана Сергеевна
2542.	ИЛЬИНА Ольга Николаевна
2543.	Колесникова** Надежда Юрьевна
2544.	Лаппо Илья Александрович
2545.	Левченко Дарья Юрьевна
2546.	Михеева** Елена Викторовна
2547.	Порученко Виталий Михайлович
2548.	Свистова** Виктория Владимировна
2549.	Стрельникова Валерия Игоревна
2550.	Фаррахов** Евгений Александрович
2551.	Фурсова Екатерина Владимировна
2552.	Шестаков Денис Игоревич
2553.	ШИГОРИНА Елена Геннадьевна
2554.	Шмелькова Елена Анатольевна
2555.	Язев** Андрей Владимирович

2013 год

2556.	Алексеева Наталья Сергеевна
2557.	Амяго** Елена Викторовна
2558.	Батин** Евгений Викторович
2559.	Богомолов** Алексей Владимирович
2560.	Вечканова** Евгения Игоревна
2561.	Гаев** Максим Владимирович
2562.	Гаева** Ксения Анатольевна
2563.	ДОЛИЕВА* Зарина Халмурадовна
2564.	Драчёв** Сергей Сергеевич
2565.	Загрутдинов Рустам Рифхатович
2566.	ЗАРИПОВА Наиля Адхамовна
2567.	Иванова** Наталья Сергеевна
2568.	Копысов** Иван Андреевич
2569.	Котик** Алексей Николаевич
2570.	Кочкуров Вадим Алексеевич
2571.	Мамонтова Элина Сергеевна
2572.	Маринина** Татьяна Андреевна
2573.	Негрей** Юлия Александровна
2574.	Николашина Елена Юрьевна
2575.	ПУРГИНА Дарья Валерьевна
2576.	Рипенко Ксения Сергеевна
2577.	Родченко Маргарита Николаевна
2578.	Романов* Павел Владимирович
2579.	Рыжкова* Андрея Николаевича

2580.	СКОРОДУЛИНА (Щепакина) Мария Владимировна
2581.	Смирнова* Артёма Владимировича
2582.	Чариков* Евгений Александрович
2583.	Шмурыгина Софья Владимировна

2014 год

2584.	Андрианова Кристина Андреевна
2585.	Боброва* Елена Васильевна
2586.	ВАЛИТОВА Ксения Петровна
2587.	Емелина* Виктория Сергеевна
2588.	Исайкина Алёна Олеговна
2589.	Каминская Ярославна Вячеславовна
2590.	Кириллова* Елизавета Дмитриевна
2591.	Курбатова Евгения Аркадьевна
2592.	Леванович* Алексей Александрович
2593.	Лобанова Алёна Андреевна
2594.	Лобова* Оксана Ивановна
2595.	Малахова*Татьяна Андреевна
2596.	Коробейникова (Мельникова)* Татьяна Федоровна
2597.	Михайлова* Анна Владимировна
2598.	Мошкина Анна Александровна
2599.	Нарымская Анна Тимофеевна
2600.	Нестерова* Елена Павловна
2601.	Оюн* Лилия Александровна
2602.	Птицын* Дмитрий Сергеевич
2603.	Пушкарева* Ольга Владимировна
2604.	Сапегин* Дмитрий Александрович
2605.	Седляр* Илья Юрьевич
2606.	СЕМЕНОВА Мария Михайловна
2607.	Сеченов Вячеслав Алексеевич
2608.	Синегубова* Елена Викторовна
2609.	Гордейко (Следевская)* Янина Викторовна
2610.	Струк* Артем Викторович
2611.	Трутнев Артём Фёдорович
2612.	Хасанова Рената Шухратовна
2613.	Юдаев* Сергей Геннадьевич

2015 год

2614.	Волошина Ксения Олеговна
2615.	Вакуленко Анастасия Олеговна
2616.	Глазырин** Алексей Михайлович

2617.	Гордеева** Юлия Александровна
2618.	Гребенюк** Михаил Сергеевич
2619.	Дроздова Ирина Петровна
2620.	Иноземцева** Юлия Вадимовна
2621.	КАЗАНЦЕВА Олеся Владимировна
2622.	Калиниченко** Денис Александрович
2623.	Капустина** Оксана Сергеевна
2624.	Колесникова Арина Вячеславовна
2625.	КОЛЧЕГОШЕВА Анна Николаевна
2626.	Костылева** Ольга Михайловна
2627.	Минтянов** Валентин Юрьевич
2628.	Никулин** Сергей Викторович
2629.	Первушин** Павел Викторович
2630.	ПЛАТОНОВА* Елена Геннадьевна
2631.	Русанов** Иван Андреевич
2632.	Шевердяев** Валерий Васильевич

* с красным дипломом

** заочники

ПУБЛИКАЦИИ

сотрудников кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии и проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии за 2011-2015 гг.

Монографии

- 1 Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – 496с.
- 2 Аракчаа К.Д., Смирнова И.Н., Копылова Ю.Г. Аржаан Чойган – целительная жемчужина Тувы.– Кызыл: типография КЦО «Аныяк», 2012. – 164 с.
- 3 Строкова Л.А., Фи Х.Т. Особенности инженерно–геологических условий г.Ханой (Вьетнам). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 336 с.
- 4 Лимарева А.А., Лукин А.А. Мониторинг подземных вод хозяйственно–питьевого водозабора. – LAP Lambert Academic Publishing (2013–09–03). – 92 с.

Учебники

1. Шварцев С.Л. Общая гидрогеология: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Альянс, 2012.– 601 с.
2. Ипатов П.П., Строкова Л.А. Общая инженерная геология: учебник.–Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 365 с. Гриф УМО

Учебно-методические пособия**2011 год**

1. Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г., Зарубин А.Г. Анализ и улучшение качества природных вод. Часть 2. Методы оценки качества природных вод.: Учебное пособие. – Томск : Издательство ТПУ, 2011 – 152 с.
2. Наливайко Н.Г. Микробиология воды: учебное пособие/ 4-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 139 с.
3. Наливайко Н.Г. Биология: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 2-е изд.– Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 152 с.
4. Решетько М.В. Рациональное природопользование. Часть I. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 140 с.
5. Решетько М.В. Рациональное природопользование. Часть II. – Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 168 с.
6. Строкова Л.А. Определяющие уравнения для грунтов. Soil Constitutive Models: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехн.ун-та, 2011. – 158 с.
7. Строкова Л.А. Применение метода конечных элементов в механике грунтов: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 2-е изд.– Томск: Изд. ТПУ, 2011. – 143 с
8. Строкова Л.А. Полевая учебная практика по инженерной геологии в Хакасии: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 131 с.

9. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчёты: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 224 с.
10. Шварцев С.Л., Новиков Д.А. Нефтегазовая гидрогеология: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во Новосиб.гос.ун-та, 2011. – 201 с.

2012 год

1. Аналитические методы оценки агрессивности природных вод и грунтов к строительным материалам и конструкциям: учебное пособие/ Хвощевская А.А., Копылова Ю.Г., Зарубина Р.Ф. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 112 с
2. Ардашкин И.Б., Боярко Г.Ю., Дульзон А.А., Дутова Е.М., Калинин И.Б., Литвак В.В., Лукутин Б.В., Панин В.Ф., Петровская В.С., Ушаков В.Я. Основы ресурсоэффективности: уч.пособие.– Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 286 с.
3. Водоснабжение и мелиорация. Лабораторный практикум: учебное пособие/ Назаров А.Д., Зарубина Р.Ф. – 2-е издание. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 131 с.
4. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Практикум по мерзлотоведению: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 2-е издание. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 116 с.
5. Кузеванов К.И., Савичев О.Г., Решетько М.В. Математическое моделирование процессов в компонентах природы: учебное пособие. – Томск: изд-во ТПУ, 2011. – 146 с.
6. Кузеванов К.И., Савичев О.Г., Решетько М.В. Математическое моделирование процессов в компонентах природы: учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск: изд-во ТПУ, 2012. – 144 с.
7. Леонова А.В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии: учебное пособие. – Томск: изд-во ТПУ, 2011. – 147 с.
8. Методика эколого-геохимических исследований: учебное пособие. Часть 1/ Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Зарубина Р.Ф., Наливайко Н.Г., Хвощевская А.А. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 170 с.
9. Крамаренко В.В. Грунтоведение: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – Томск: изд-во ТПУ, 2011. – 431 с.
10. Строкова Л.А. Практикум по обработке инженерно-геологической информации: учебное пособие. – Томск: изд-во ТПУ, 2012. – 80 с.
11. Ипатов П.П., Пасечник Е.Ю. Машины и оборудование для природообустройства и водопользования: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 296 с.
12. Емельянова Т.Я., Крамаренко В.В. Практикум по мерзлотоведению: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – 2-е издание. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 116 с.
13. Водоснабжение и мелиорация. Лабораторный практикум: учебное пособие/ Назаров А.Д., Зарубина Р.Ф. – 2-е издание. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 131 с.
14. Крамаренко В.В., Савичев О.Г. Инженерно-геологические изыскания: методы исследования торфяных грунтов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 275 с.
15. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. Гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 179 с
16. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. Минеральные воды водосборных территорий верхнего и среднего течения рек Оби и Енисея: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 79 с.

17. Леонова А.В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии: учебное пособие. – 2-е изд. Томск: изд-во ТПУ, 2013. – 149 с.
18. Пасечник Е.Ю. Введение в инженерную деятельность: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 80 с.
19. Решетько М.В. Основы гидравлики, гидрологии и гидрометрии: Учебное пособие. – Томск: Издательство Томский политехнический университет, 2013.– 190 с.
20. Савичев О.Г. Теоретические основы охраны окружающей среды. – Томск: изд-во ТПУ, 2012. – 126 с.
21. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчёты: учебное пособие. – Гриф УМО. – 2-е изд. – Томск: изд-во ТПУ, 2013. – 224 с.
22. Савичев О.Г., Попов В.К., Кузеванов К.И. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений природообустройства и водопользования. – Томск: изд-во ТПУ, 2013. – 216 с.
23. Методика эколого–геохимических исследований: учебное пособие. Часть 1/ Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Зарубина Р.Ф., Наливайко Н.Г., Хвощевская А.А. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 170 с.
24. Строкова Л.А. Полевая учебная практика по инженерной геологии в Хакасии: Учебное пособие. – Томск: Издательство Томский политехнический университет, 2013. – №. 3. – 131 с.
25. Строкова Л.А. Практикум по обработке инженерно-геологической информации: учебное пособие. – Томск: изд-во ТПУ, 2012. – 80 с.

2013 год

1. Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Зарубина Р.Ф., Наливайко Н.Г., Хвощевская А. А. Методика эколого–геохимических исследований: Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – 170 с.
2. Назаров А. Д., Зарубина Р. Ф. Водоснабжение и мелиорация: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012 – №. 2 – 131 с.
3. Ипатов П.П., Пасечник Е.Ю. Машины и оборудование для природообустройства и водопользования: Учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 296 с.
4. Строкова Л.А. Практикум по обработке инженерно–геологической информации: Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 94 с.
5. Строкова Л.А. Полевая учебная практика по инженерной геологии в Хакасии: Учебное пособие. – Гриф УМО. – 3-е изд.. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 131 с.
6. Решетько М.В. Основы гидравлики, гидрологии и гидрометрии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – 190 с.
7. Шварцев С.Л. , Новиков Д.А. Нефтегазовая гидрогеология: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 226 с.
8. Крамаренко В.В., Савичев О.Г. Инженерно–геологические изыскания: методы исследования торфяных грунтов: Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013 – 275 с.
9. Пасечник Е.Ю. Введение в инженерную деятельность: Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – 80 с.
10. Савичев О.Г. Гидрология, метеорология и климатология: гидрологические расчёты: Учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – 224 с.

11. Савичев О.Г., Попов В.К., Кузеванов К. И. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений природообустройства и водопользования: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 216 с.
12. Леонова А. В. Основы гидрогеологии и инженерной геологии: Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 149 с.

2014 год

1. Савичев О.Г., Попов В.К., Кузеванов К.И. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений природообустройства и водопользования: Учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 216 с.
2. Савичев О.Г., Токаренко О.Г. Управление водными ресурсами: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 126 с.
3. Решетько М. В. Основы гидравлики, гидрологии и гидрометрии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – №. 2. – 190 с.
4. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Хвощевская А.А., Сметанина И.В. Путеводитель по озёрам Хакасии: Учебное пособие. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. – 108 с.
5. Савичев О.Г., Крамаренко В.В., Наливайко Н.Г. Проектирование водохозяйственных систем: Учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. – 93 с.
6. Назаров А.Д. Нефтегазовая гидрогеология: Учебное пособие / Лабораторный практикум. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 85 с.
7. Сальников В.Н., Попов В.К., Мирецкая Н.М., Середина В.П., Спирина В.З. Полевая учебная практика по геологии и почвоведению в окрестностях г. Томска: Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014. – 224 с.
8. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. Гидрогеохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 184 с.
9. Крамаренко В.В., Савичев О.Г. Инженерно-геологические изыскания: методы исследования торфяных грунтов [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Гриф УМ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014.
10. Савичев О.Г., Паромов В.В. Основы инженерно–гидрометеорологических изысканий: учебное пособие. – ГРИФ УМО. – Томск: изд-во ТГУ, 2014. – 280 с.

2015 год

1. Крамаренко В.В., Савичев О.Г. Инженерно-геологические изыскания: методы исследования торфяных грунтов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. – Гриф УМО. – Томск: ТПУ, 2014. – 287с.
2. Строкова Л.А. Практикум по инженерной геологии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 126 с.

Статьи в рецензируемых российских и зарубежных журналах за последние 5 лет

2011 год

1. Andreev Y.M., Zuev V.V., Ionin A.A., Kinyaevsky I.O., Klimachev Y.M., Kozlov A. Y., Kotkov A.A., Lansky G.V., Shayduko A.V. Frequency doubling and mixing of the radiation of carbon monoxide lasers in nonlinear ZnGeP₂ and GaSe crystals // Journal of Optical Technology. – 2011 – Vol. 78. – №. 2 – p. 102–104
2. Ionin A.A., Guo J.J., Zhang L.M., Xie J.J., Andreev Y.M., Kinyaevsky I.O., Klimachev Y.M., Kozlov A.Y., Kotkov A.A., Lansky G.V., Morozov A.N., Zuev

- V.V., Gerasimov F.Y., Girigoryants S.M. Mode-lacked CO laser frequency doubling in ZnGeP2 with 25 % efficiency // *Laser Physics Letter* . – 2011. – Vol. 8 – №. 10 – p. 723–728
3. Ionin A.A., Guo J.J., Zuev V.V., Zhang L.M., Xie J.J., Andreev Y.M. , Kinyaevsky I.O., Klimachev Y.M., Kozlov A.Y., Kotkov A.A., Lanskii G.V., Morozov A.N., Gerasimov F.Y., Girigoryants S. M. Mode-lacked CO laser frequency doubling in ZnGeP2 with 25 % efficiency // *Laser Physics Letter* . – 2011. – Vol. 8 – №. 10 – p. 723–728
 4. Nindre Y.L., Allier D., Duchkov A., Altunina L.K., Shvartsev S.L., Zhelezniak M., Klerkxe J. Storing CO₂ underneath the Siberian Permafrost: A win-win solution for long-term trapping of CO₂ and heavy oil upgrading // *Energy Procedia*. – 2011. – №. 4 – p. 5414–5421
 5. Ying-Fei Z., Wang R., Zhi-Hui K., Liu Q., Yun J., Jin-Yue G., Andreev Y.M., Lansky G.V., Kokh K.A., Morozov A.N., Shayduko A.V., Zuev V.V. AgGaS₂- and Al-doped GaSe crystals for IR applications // *Optics Communications*. – 2011 – Vol. 284. – №. 6 – p. 1677–1681
 6. Zhang L., Jing G., Li D., Xie J., Andreev Y.M., Gorobetz V.A., Zuev V.V., Kokh K. A., Lansky G.V., Petukhov V.O., Svetlichnyi V.A., Shayduko A.V. Dispersion properties of GaSe_{1-x}S_x in the terahertz range // *Journal of Applied Spectroscopy*. – 2011 – Vol. 77.. – №. 6 – p. 850–856
 7. Kopylova Yu.G., Lepokurova O.E., Tokarenko O.G., Shvartsev S.L. Chemical composition and genesis of the carbonic-acid mineral waters of the Tersinskoe deposit (Kuzbass) // *Doklady earth sciences*. – 2011. – V. 436. Issue: 2. – P. 284–289
 8. Isupov V.P., Vladimirov A.G., Lyakhov N.Z., Shvartsev S.L., Ariunbileg S., Kolpakova M.N. et al. Uranium in saline lakes of Northwestern Mongolia // *Doklady earth sciences*. – 2011. – V. 437. – Issue 1. – P. 352 – 356.
 9. Абдель А.Ш., Жабин ВЮ В.Ю. , Крамаренко В.В. Особенности физических свойств грунтов территории нижнего течения р.Томи // *Известия Томского политехнического университета*. – 2011. – Т. 319, Вып. Науки о Земле. – №. 1 – С. 178–182
 10. Бернатонис П.В., Копылова Ю.Г., Бернатонис В. К., Архипов В.С., Меркулов В. П. Химический состав сапропелевых озёр Томской области // *Известия Томского политехнического университета*. – 2011. – Т. 319. – №. 1. – С. 187–190
 11. Бракоренко Н.Н., Емельянова Т.Я. Влияние нефтепродуктов на петрографический состав и физико-механические свойства песчано-глинистых грунтов (на примере г.Томска) // *Вестник Томского государственного университета*. – 2011. – №. 342 – С. 197–201
 12. Дутова Е.М. Покровский Д.С., Вологодина И.В. Гидрогеохимические среды и минеральные новообразования Томского водозабора из подземных источников // *Известия вузов. Строительство*. – 2010. – №. 11–12. – С. 54–61
 13. Зуев В. В. , Нагорский ПМ П. М. Метод оценки состояния D-области ионосферы радиосредствами космического зондирования // *Исследование Земли из космоса*. – 2011. – №. 3. – С. 1–8
 14. Иванова И.С., Лепокурова О.Е. Химический состав питьевых подземных вод юго-западной части Томской области // *Известия ТПУ*. – 2011 – Т. 318 – №. 1. – С. 145–149
 15. Исупов В.П. , Владимиров А.Г., Ляхов Н.З., Шварцев С.Л., Ариунбилэг С., Колпакова М.Н., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Куйбида Л.В., Мороз Е.Н.

- Ураноносность высокоминерализованных озёр северо-западной Монголии // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 437. – №. 1. – С. 85–89
16. Исупов В.П., Владимиров А.Г., Шварцев С.Л., Ляхов Н.З., Куйбида Л.В., Колпакова М.Н., Содов Ариунбилэг С.А., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Кривоногов С.К. Химический состав и гидроминеральные ресурсы соленых озер Северо-Западной Монголии // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011 – №. 2. – С. 141–150
 17. Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Шварцев С.Л. Химический состав и генезис углекислых минеральных вод месторождения Терсинское (Кузбасс) // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 436. – №. 6. – С. 804–808
 18. Крамаренко В.В. Модули осадки верховых торфов // Известия Тульского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – №. 1 – С. 247–254
 19. Кузеванов К.И. Магистратура как этап подготовки научных кадров // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2010. – №. 1. – С. 98–101
 20. Наливайко Н.Г., Пасечник Е.Ю. Микрофлора апт-сеноманских вод нефтяных месторождений Томской области // Разведка и охрана недр. – 2011. – №. 2. – С. 29–34
 21. Савичев О.Г., Базанов В.А., Скугарев А.А. О влиянии заболоченности и лесистости водосборов на водный сток рек таёжной зоны Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – №. 343. – С. 200–203
 22. Савичев О.Г., Базанов В.А., Харанжевская Ю.А. Гидроэкология: гидрохимическая и гидроклиматические условия функционирования болотных экосистем в таёжной зоне Западной Сибири (на примере водосбора реки Ключ) // Инженерная экология. – 2011. – №. 5. – С. 52–61
 23. Савичев О.Г., Копылова Ю.Г., Хвощевская А.А. Эколого-геохимическое состояние реки Ангара и её притоков на участке от г.Усть-Илимска до с.Богучаны (Восточная Сибирь) // Известия ТПУ. – 2011. – Т. 318. – №. 1. – С. 150–153
 24. Савичев О.Г., Льготин В.А. Методика оценки уровней вод реки Томь при ледовых заторах и зажорах у г. Томска (Западная Сибирь) // Известия ТПУ. – 2011 – Т. 318. – №. 1. – С. 135–139
 25. Савичев О.Г., Скугарев А.А., Базанов В.А., Харанжевская Ю.А. Водный баланс заболоченных водосборных территорий Западной Сибири (на примере малой реки Ключ, Томская область) // Геонформатика / Geoinformatika. – 2011. – №. 3. – С. 39–46
 26. Савичев О.Г. Методика расчёта максимальных расходов речных вод в таёжной зоне Западной Сибири // Известия ТПУ. – 2011. – Т. 318. – №. 1. – С. 140–144
 27. Строкова Л.А. Определение параметров начального напряженного состояния K0 и OCR для упругопластических моделей // Геотехника. – 2011. – №. 2. – С. 58–68
 28. Строкова Л.А. Оценка устойчивости склона на участке строительства опытно-промышленного предприятия кучного выщелачивания в Алданском районе (Якутия) // Инженерные изыскания. – 2011. – №. 3. – С. 46–51.
 29. Строкова Л.А., Шигорина Е.Г. Экспериментальные исследования анизотропии прочности горных пород // Разведка и охрана недр. – 2011. – №. 11. – С. 43–46
 30. Трифонов Н.С. Обоснование перспективных водоносных горизонтов подземной утилизации подтоварных и сточных вод при разработке месторождений

- Юрубчено–Тохомской зоны нефтегазонакопления // Известия ТПУ. – 2011. – Т. 319 – №. 1. – С. 221–226
31. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Опасные геологические процессы на территории г. Ханой (Вьетнам) // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – №. 349. – С. 200–203
32. Шварцев С.Л., Домрочева Е.В., Рассказов Н.М. Геохимия и формирование содовых вод Кузбасса // Известия ТПУ. – 2011. – Т. 318 – №. 1. – С. 128–134
33. Южаков В.А., Попов В.К., Коробкин В.А. Расчёты дополнительного инфильтрационного питания грунтовых вод на территории г. Абакана // Вестник Томского государственного архитектурно–строительного университета. – 2011. – №. 2. – С. 124–130

2012 год

1. Savichev O.G., Kolesnichenko L.G., Saifulina E.V. The ecologo–geochemical state of water bodies in the Taz–Yenisei interfluve // Geography and Natural Resources. – 2011. – Vol. 32. – №. 4. – p. 333–336
2. Shvartsev S.L., Serebrennikova O.V., Zdvizhkov M.A., Savichev O.G., Naymushina O. S. Geochemistry of wetland waters from the lower Tom basin, Southern Tomsk oblast // Geochemistry International. – 2012 – Vol. 50 – №. 4 – p. 367–380
3. Shvartsev S.L. The internal evolution of the water–rock geological system // Herald of the Russian Academy of Sciences. –2012. – V.82 № 2 P. 134–142
4. Shvartsev S.L. Internal evolution of the water–rock system: nature and mechanisms. // Earth Science research, v.1, N2, 2012, P.106–116.
5. Shvartsev S.L., Liu H., Kamaletdinova L.L. Ecological and geochemical conditions of the groundwater in the Jianghan Basin, Hubei Province, China //AQUA mundi, 2012, PP. 135–142
6. Андреев Ю.М., Вайтулевич Е.А., Светличный В.А., Зуев В.В., Морозов А.Н., Кох К.А., Ланский Г.В. Применение термического анализа для характеристики состава и структуры нелинейных кристаллов GaSe // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – №. 2. – С. 128–132
7. Бернатонис П.В., Бернатонис В.К., Крамаренко В.В. Горнотехническое обоснование кондиций на торф // Горный журнал. – 2012 – №. Специальный выпуск – С. 28–30
8. Дутова Е.М., Наливайко Н.Г. Особенности химического и микробиологического состава подземных вод территории города Томска // Известия вузов. Геология и разведка. – 2011. – №. 5. – С. 56–61
9. Исупов В. П., Ариунбилэг С., Разворотнева Л.И., Ляхов НЗ Н.З., Шварцев С.Л., Владимиров А.Г., Колпакова М.Н., Шацкая С.С., Чупахина Л.Э., Мороз Е. Н., Куйбида Л.В. Геохимическая модель накопления урана в озере Шаазгай Нуур (Северо–Западная Монголия) // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 447. – №. 6 – С. 1–6
10. Лепокурова О.Е. Геохимия уникальных пресных щелочных вод Чулымского бассейна // Вестник Томского государственного университета. – 2012 – №. 365 – С. 181–186
11. Льготин В.А., Савичев О.Г., Макушин Ю.В., Камнева О.А. Многолетняя изменчивость химического состава подземных вод Томской области // География и природные ресурсы. – 2012. – №. 1. – С. 74–79
12. Мищенко М.В., Букаты М.Б., Дутова Е.М. Моделирование изменения температур подземных вод Южно–Черемшанской площади Томской области //

- Известия Томского политехнического университета. – 2011 – Т. 319 – №. 1 – С. 167–172
13. Попов В.К., Коробкин В.А., Южаков В.А. Влияние Красноярского водохранилища на техногенное подтопление г. Абакан // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011 – №. 4 – С. 180–186
 14. Попов В.К., Серяков С.В. Экологизация землеустройства и систем жизнеобеспечения урбанизированных территорий — магистральное направление ресурсосбережения // Вестник науки Сибири. – 2012 – №. 2 (3). – С. 3–8
 15. Попов В.К., Серяков С.В., Богаров А.В. Проблемы и методы экологизации землепользования на водосборных территориях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – №. 4 – С. 173–179
 16. Попов В.К., Южаков В.А., Коробкин В.А. Оптимизация геоэкологических условий территории г. Абакана // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012 – №. 3 – С. 180–184
 17. Попов В.К., Южаков В.А., Коробкин В.А. Расчёты дополнительного инфильтрационного питания грунтовых вод на территории г. Абакан // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011 – №. 2 – С. 124–130
 18. Савичев О.Г., Базанов В.А., Ломакина Н.Ю. Анализ эффективности очистки коммунально-бытовых сточных вод в Томской области // Вестник науки Сибири. – 2012 – №. 1 (2) – С. 17–24
 19. Савичев О.Г., Бернатонис П.В., Бернатонис В.К. Гидрологическое обоснование хозяйственного освоения торфяных болот (на примере водосбора реки Ключ, Западная Сибирь) // 2012 – Т. 321 – №. 1 – С. 155–162
 20. Савичев О.Г., Льготин В.А., Камнева О.А. Многолетние изменения гидрогеодинамического режима подземных вод Обского бассейна // Разведка и охрана недр. – 2011 – №. 11 – С. 32–35
 21. Савичев О.Г., Решетько М.В. Методы ориентировочной количественной оценки твердого стока и русловых деформаций для равнинных рек таежной зоны Западной Сибири // Инженерные изыскания. – 2012. – №. 1 – С. 52–56
 22. Савичев О.Г., Шмаков А.В. Вертикальная зональность и внутригодовые изменения химического состава вод Тимирязевского болота (Томск, Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. – 2012 – Т. 320 – №. 1 – С. 156–161
 23. Савичев О. Г. Гидрологическое обоснование руслоисправительных работ на реке Томи (Западная Сибирь) с целью снижения опасности наводнений // Гидротехника. – 2012. – №. 3 (28). – С. 93–97
 24. Савичев О.Г. Математическое моделирование формирования водного стока рек Западной Сибири // Инженерные изыскания. – 2012 – №. 8 – С. 40–48
 25. Савичев О.Г. Расчёт заторных уровней речных вод на юге Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – №. 1. – С. 152–155
 26. Серяков С.В., Попов В.К., Бочаров А.В. Природно-техногенные условия экологизации землепользования урбанизированных территорий бассейна реки Томи // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2011. – №. 4. – С. 173–179

27. Серяков С.В., Попов В.К. Природно-техногенные условия экологизации землепользования урбанизированных территорий // Вестник науки Сибири. – 2012 – №. 1 (2) – С. 10–16
28. Сидкина Е.С., Новиков Д.А., Шварцев С.Л. Равновесие подземных рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна с минералами вмещающих пород // Вестник Томск. гос.ун-та, 2012, №364, С.187–192
29. Субботин С.Б., Лукашенко С.Н., Романенко В.В., Каширский В.В., Пестов Е.Ю., Горбунова Э.М., Кузеванов К. И. Выявление путей миграции техногенных радионуклидов за пределы испытательной площадки «Балапан» // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана : сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011 г.. – Павлодар : Кереку. – 2011 – Т. 2, Вып. 3 – С. 161–232
30. Фи Х.Т., Строкова Л.А., Минь Н.Н. Оценка и прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод в городе Ханой (Вьетнам) // Инженерная геология. – 2012 – №. 2 – С. 46–53
31. Шварцев С.Л., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Колпакова М.Н., Содов Ариунбилэг С.А., Шацкая С.С., Мороз Е. Н. Литий и уран в бессточных озёрах Западной Монголии // Химия в интересах устойчивого развития. – 2012 – №. 1 – С. 43–48
32. Шварцев С.Л., Серебренникова О.В., Здвижков М.А., Савичев О.Г., Наймушина О.С. Геохимия болотных вод нижней части бассейна Томи (юг Томской области) // Геохимия. – 2012 – №. 4 – С. 403–417
33. Шварцев С.Л. Внутренняя эволюция геологической системы вода–порода // Вестник Российской академии наук. – 2012 – Т. 82 – №. 3 – С. 242–251

2013 год

1. Plyusnin A.M., Zamana L.V., Shvartsev S.L., Tokarenko O.G., Chernyavskii M.K. Hydrogeochemical peculiarities of the composition of nitric thermal waters in the Baikal rift zone // *Rus. Geol. and Geoph.*, 2013, v. 54, N.5, P. 495–508
2. Isupov V.P. Ariunbileg, S., Razvorotneva L.I., Lyakhov N.Z., Shvartsev S.L., Vladimirov A. G., Kolpakova M. N., Shatskaya S. S., Chupakhina L.E., Moroz E. N., Kuibida L.V. Geochemical model of uranium accumulation in Shaazgai–Nuur Lake (Northwestern Mongolia) // *Doklady Earth Sciences*, 2013, Volume 448, Issue 1, pp.143–148.
3. Shvartsev S.L. Water as the main factor of global evolution. // *Her. Russ. Acad. Sci.*, 2013. – v.83, N 1. – PP. 78–85
4. Chudaev O.V., Shvartsev S.L., Ryzhenko B.N. Vernadsky and main research avenues in modern hydrogeochemistry// *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2013 – №. 7, p.163 –166.
5. Ivanova I.S., Lepokurova O.E., Pokrovsky O.S., Shvartsev S.L. Geochemistry of iron in fresh groundwater of the Sredneobskoy Basin, Russia // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2013 – №. 7, p. 385–388.
6. Shvartsev S.L. The system water–rock–gas–organic matter of V.Vernadsky // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2013 – №. 7, P. 810–814.
7. Shvartsev S.L. Water–Rock Interaction: Implications for the Origin and Program of Global Evolution // *Intern. Journ. of sciences*, 2013 (10), v.2, P.26–30
8. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Леушина С.К. Распространенность редкоземельных элементов в природных водах Хакасии // *Известия Томского политехнического университета*. – 2013 – Т. 322 – №. 1. – С. 141–146

9. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Хващевская А.А. Геохимические типы природных вод междуречья Ензоряхи и Юньяхи (восточный склон Полярного Урала) // Водные ресурсы. – 2013. – Т. 40. – №. 4. – С. 386–395
10. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Леушина С.К. Распространенность редкоземельных элементов в природных водах междуречья Юньяхи и Ензоряхи (восточный склон Полярного Урала) // Вода: химия и экология. – 2012 – №. 12. – С. 121–129
11. Крамаренко В.В. О структурной прочности слабых грунтов и новых нормативных документах по определению характеристик их механических свойств // Известия Тульского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2012 – №. 3 – С. 242–253
12. Наймушина О.С., Эль Шинави А.А. Гидрогеологические условия нижней части бассейна р.Томи // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 366. – С. 148–152
13. Никитенков А.Н., Дутова Е.М., Покровский Д.С. Картографические построения и оценка морфометрических параметров водосборов горно–складчатых территорий по данным спутниковой съемки (SRTM) (на примере северной части Кузнецкого Алатау) // Вестник Томского государственного архитектурно–строительного университета. – 2013 – №. 1. – С. 223–231
14. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. – 2013 – Т. 54 – №. 5. – С. 647–664
15. Савичев О.Г., Бернатонис П.В., Бернатонис В.К. Геохимические условия размещения и утилизации отходов бурения в торфяно–болотных геосистемах Сибири // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 375. – С. 183–186
16. Савичев О.Г., Гусева Н.В., Куприянов Е.А., Скороходова А.А., Ахмед–оглы К.В. Химический состав вод Обского болота (Западная Сибирь) и его пространственные изменения под влиянием сбросов загрязняющих веществ // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 323 – №. 1. – С. 168–172
17. Савичев О.Г., Паромов В.В., Копылова Ю.Г., Хващевская А.А., Гусева Н.В. Эколого-геохимическое состояние поверхностных вод в бассейне р. Катунь (Горный Алтай) // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 366. – С. 157–161
18. Савичев О.Г., Семёнова Н.М. Химический состав и качество озерных вод в таежной зоне в пределах Томской области // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 367. – С. 186–189
19. Савичев О.Г., Фунг Т. –. Зональные закономерности изменения химического состава речных отложений Сибири и условия его формирования // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 323 – №. 1. – С. 157–161
20. Савичев О.Г. Методология оценки фактического и допустимого влияния хозяйственной деятельности на химический состав и качество пресных природных вод // Фундаментальные исследования. – 2013 – №. 8–3. – С. 704–708
21. Сидкина Е.С., Новиков Д.А., Шварцев С.Л. Равновесие подземных рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна с минералами вмещающих пород // Вестник Томского государственного университета. – 2012 – №. 364 – С. 187–192

22. Скороходова А.А., Савичев О.Г. Содержание и формы миграции меди и цинка в природных водах Васюганского болота // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 368. – С. 166–172
23. Строкова Л.А. Определение параметров деформируемости грунтов для упругопластических моделей // Вестник Томского государственного университета. – 2013 – №. 367. – С. 190–194
24. Строкова Л.А. Разработка региональной таблицы нормативных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов юга Томской области // Инженерная геология. – 2012 – №. 6. – С. 32–42
25. Федько И.В., Китапова Р.Р., Хвощевская А.А., Камбалина М.Г. Характеристика элементного состава папоротников, произрастающих на территории Западной Сибири // Фундаментальные исследования. – 2013 – №. 6–5. – С. 1193–1195
26. Федько И.В., Хвощевская А.А., Камбалина М.Г. Растения семейства Asteraceae как возможные источники кремния // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2013 – №. 4 (95). – С. 66–69
27. Фи Х.Т., Нгуен К.Т. Анализ первоначальных результатов работы системы автоматического мониторинга осадков земной поверхности и изменений уровня и характеристик подземных вод на территории г. Ханоя (Вьетнам) // Инженерные изыскания. – 2013 – №. 10–11. – С. 28–37
28. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Моделирование оседания земной поверхности в результате добычи подземных вод в г. Ханой (Вьетнам) // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2012 – №. 14. – С. 300–303
29. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Причины оседания земной поверхности в Ханое // Разведка и охрана недр. – 2012 – №. 12. – С. 30–34
30. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод в городе Ханой (Вьетнам) // Известия Томского политехнического университета. – 2013 – Т. 323. – №. 1. – С. 161–167
31. Шварцев С.Л. Вода как главный фактор глобальной эволюции // Вестник Российской академии наук. – 2013 – Т. 83. – №. 2. – С. 124–131
32. Шварцев С.Л. Двести десять лет гидрогеологии // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2013. – №. 3. – С. 272–279

2014 год

1. Akhmed-ogly K.V., Savichev O.G., Tokarenko O.G., Pasechnik E.Y., Reshetko M. V., Nalivayko N.G., Vlasova M. V. Parameter Calculation Technique for the Waste Treatment Facilities Using Naturally-Aerated Blocks in the Bog Ecosystems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2014 – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12021
2. Akhmed-ogly K.V., Savichev O.G. Change of trace elements content in sewage water under the influence of hydrophilic macrophytes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2014. – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12025
3. Diehl D.D., Schwarz J.J., Goebel M.O., Woche S.K., Schneckenburger T.T., Kruger J.J., Shchegolikhina A.I., Marschner B.B., Lang F.F., Thiele-Bruhn S. S., Bachmann J.J., Schaumann G.E. Effect of multivalent cations, temperature, and aging on SOM thermal properties // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2014 – Vol. 118 – №. 2. – p. 1203–1213
4. Efstifeeva A.S., Chubarov D.L. The Role of Food Idioms in the English language // Наука и Мир. – 2014 – №. 8(12). – p. 117–119

5. Guseva N.V., Nalivayko N.G., Kopylova Y.G., Khvashchevskaya A.A., Vayshlya O.B. Chemical and Microbial Composition of Khakassia Saline Lakes with Regard to their Ecological State // *IERI Procedia*. – 2014 – №. 8. – p. 130–135
6. Guseva N.V., Ryzhenko B.N., Shvartsev S.L. Fourteenth International Symposium on Water–Rock Interaction, Avignon, France, June 9–14, 2013 // *Geochemistry International*. – 2014 – T. 52 – №. 10. – С. 898–901
7. Isupov V.P., Sodov Ariunbileg S.A., Shatskaya S.V., Kolpakova M.N., Rasvorotneva L.E., Vladimirov A. G., Shvartsev S. L., Kuibida L. V., Krivonogov S. K., Moroz E.N. Uranium in Saline Lakes of Mongolia and adjacent Areas // *Acta Geologica Sinica*. – 2014 – Vol. 88 – №. 1. – p. 137–138
8. Ivanova I.S., Lepokurova O.E., Pokrovsky O.S., Shvartsev S.L. Iron–Containing Groundwater in the Upper Hydrodynamic Zone in the Central Part of West–Siberian Artesian Basin // *Water Resources*. – 2014 – Vol. 41 – №. 2. – p. 163–177
9. Kambalina M.G., Scvortsova L.N., Mazurova I.S., Guseva N.V., An V.V. Study of aqueous chemical forms of silicon in organic–rich waters // *Procedia Chemistry*. – 2014 – Vol. 10. – p. 36–42
10. Kolpakova M.N., Borzenko S.V., Shvartsev S.L., Isupov V.P. Chemical composition and sulfur forms in saline lakes of Kulunda Plain (Russia) // *Acta Geologica Sinica*. – 2014 – Vol. 88 – №. 1. – p. 139–141
11. Kolpakova M.N., Shvartsev S.L., Isupov V.P., Sodov Ariunbileg S.A., Vladimirov A.G., Gaskova O.L. Factors And Mechanisms Of Chemical Composition Formation Of Saline Lakes In West Mongolia // *Acta Geologica Sinica*. – 2014 – Vol. 88 – №. 1. – p. 142–144
12. Kopylova Y.G., Guseva N.V., Arakchaa K.D., Khvashchevskaya A.A. Geochemistry of Carbon Dioxide Mineral Waters of the Choigan Natural Complex (Northeastern Tuva) // *Russian Geology and Geophysics*. – 2014 – Vol. 55. – Issue 11. – p. 1295–1305
13. Kopylova Y.G., Guseva N.V., Oydup C.K., Shestakova A.V. Chemical composition of some saline lakes in the Tuva region (Russia) // *Acta Geologica Sinica*. – 2014 – Vol. 88 – №. 1. – p. 82–83
14. Kopylova Y.G., Guseva N.V., Shestakova A.V., Khvashchevskaya A.A., Arakchaa K.D. Dissolved gas composition of groundwater in the natural spa complex "Choygan mineral waters" (East Tuva) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2014 – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12022
15. Kramarenko V.V., Kolesnikova A.V., Lappo I.A., Matveenko I.A. Strength properties of peat in Tungol Field (Tomsk Oblast) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2014 – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12020
16. Lepokurova O.E., Ivanova I.S. Geochemistry of iron in organogenic water of Western Siberia, Russia // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2014 – №. 10. – С. 297–302
17. Levina O.O., Pasechnik E.Y., Baranova A.V. Changes in Chemical Composition of Natural Waters in Response to Technogenic Load (the Case of Tomsk City, Russia) // *Procedia Chemistry*. – 2014 – Vol. 10. – p. 137–144
18. Nikitenkov N.N., Kiseleva E.S., Konishchev M.E., Sypchenko V.S., Nikitenkov A.N., Pichugin V.F., Shulepov I. A., Epple M. Investigation of the Structure, Elemental and Phase Composition of Coatings on the Basis of Oxynitride Titanium Deposited by Reactive Magnetron Sputtering // *Journal of Surface Investigation. X–ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. – 2014 – Vol. 8 – №. 6. – p. 1230–1234
19. Nikitenkov N.N., Tyurin Y.I., Sypchenko V.S., Dushkin I.V., Nikitenkov A.N., Vilkhivskaya O.V. Study of Hydrogen Accumulation in Palladium and Silver–

- Palladium Alloy // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2014. – Vol. 552, Article number 012006. – p. 1–5
20. Oydup C.K., Chodura K.D., Shatskaya S.S., Kopylova Y.G. Water chemical composition in the salt lakes of the Ubsunur depression (Southeastern Tuva) // *Geography and Natural Resources*. – 2014 – Т. 35 – №. 3. – С. 243–252
 21. Pokrovsky V.D., Pokrovsky D.S., Dutova E. M. , Nikitenkov A. N. , Nazarov A. D. Degree of Areal Drainage Assessment Using Digital Elevation Models // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2014. – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12018
 22. Shvartsev S.L., Kolpakova M.N., Isupov V.P., Vladimirov A.G., Sodov Ariunbileg S.A. Geochemistry and Chemical Evolution of Saline Lakes of Western Mongolia // *Geochemistry International*. – 2014. – Т. 52 – №. 5. – С. 388–403
 23. Gaskova O., Isupov V., Vladimirov A., Shvartsev S. Thermodynamic Model of Uranium and Arsenic Accumulation in Saline Lakes // *Acta Geologica Sinica (English Edition)*. – Vol.88, Supp.1. – 2014. –P.135–136
 24. Isupov V., Ariunbileg S., Shatskaja S., Kolpakova M. N., Razvorotneva L., Vladimirov A., Shvartsev S et al. Uranium in Saline Lakes of Mongolia and Adjacent Areas // *Acta Geologica Sinica (English Edition)*. – Vol.88, Supp.1. – 2014. – P.137–138
 25. Sun Zh., Soldatova E.A., Guseva N.V., Shvartsev S.L. Impact of human activity on the groundwater chemical composition of the south part of the Poyang lake basin // *IERI Procedia* 2014. – №8. – P. 113–118
 26. Naimushina O., Shvartsev S.L., Ses K. Hydrochemistry and composition of hydrocarbons in the waters of peatlands in western Siberia // *IERI Procedia* 2014, №8. – P. 119–124
 27. Naimushina O., Shvartsev S.L., Serebrennikova O.S., Ses K., Matveenko I. Spatial distribution of chemical and organic compounds in the water of oligotrophic peatland of Tomsk region (Western Siberia) // *Chemistry Procedia* 2014. – №10. – P. 541–546
 28. Shvartsev S. L. , Lepokurova O. E. The Unique Alkaline Waters in the Chulym Basin (West Siberia) // *Doklady Earth Sciences*. – 2014. – Vol. 459 – №. 3. – p. 357–362
 29. Shvartsev S. L. How Do Complexing Form? // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. – 2014. – Т. 84. – №. 4. – С. 300–306
 30. Soldatova E. A. , Guseva N. V. , Wang G. G. Characteristic features of groundwater pollution in the Poyang Lake catchment // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2014 – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12023
 31. Sun Z.S., Soldatova E.A., Guseva N.V., Shvartsev S.L. Impact of Human Activity on the Groundwater Chemical Composition of the South Part of the Poyang Lake Basin // *IERI Procedia*. – 2014 – №. 8. – p. 113–118
 32. Timoshenkova A. N. , Pasechnik E. Y. , Tokarenko O. G. Equilibrium of Groundwater with Carbonate Minerals of the Water-Bearing Rocks under Anthropogenic Impact (by the example of Kishinev, Moldova) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2014. – Vol. 21. – Issue 1. – p. 12024
 33. Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Лукин А.А. Водный баланс и химический состав озерных вод Полярного Урала // *География и природные ресурсы*. – 2014 – №. 2. – С. 78–85
 34. Гусева Н.В., Отакулова Ю.А. Геохимия подземных вод Приташкентского артезианского бассейна (Республика Узбекистан) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2014. – Т. 325. – №. 1. – С. 127–137

35. Гусева Н.В., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л. Четырнадцатая сессия Международного симпозиума по взаимодействиям воды с горными породами // Геохимия. – 2014 – №. 10. – С. 1–4
36. Гусева Н.В., Хэ Ч., Камбалина М. Г. Распространённость мышьяка в подземных водах межгорного бассейна Датун и способ улучшения качества питьевых вод // Вода: химия и экология. – 2014. – №. 8. – С. 3–9
37. Домрочева Е.В., Лепокурова (Петрова) О.Е., Сизиков Д.А. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско–Осташкинской площади (Кузбасс) // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 325 – №. 1. – С. 94–101
38. Иванова И.С., Лепокурова О.Е., Покровский О.С., Шварцев С.Л. Железосодержащие подземные воды верхней гидродинамической зоны центральной части Западно–Сибирского артезианского бассейна // Водные ресурсы. – 2014 – №. 2. – С. 1–14
39. Камбалина М.Г., Пикула Н.П., Гусева Н.В. Выбор метода определения концентрации кремния в природных водах разных типов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2014. – Т. 57. – №. 11. – С. 15–18
40. Камбалина М.Г., Скворцова Л.Н., Мазурова И.С., Гусева Н.В., Бакибаев А.А. Исследование форм нахождения кремния в природных водах с высоким содержанием органических веществ // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – №. 3. – С. 64–71
41. Колпакова М.Н., Исупов В.П., Шварцев С.Л. Физико–химические расчеты вторичного минералообразования в озерах Западной Монголии // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 325 – №. 1. – С. 102–110
42. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Аракчаа К.Д., Хвощевская А.А. Геохимия углекислых вод природного комплекса Чойган (северо–восток Тувы) // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №. 11. – С. 1635–1648
43. Крамаренко В.В., Никитенков А.Н., Молоков В.Ю. О структурной прочности глинистых грунтов территории Томской области // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №. 5. – С. 1
44. Миронова В.Е., Гейвус А.С. Повышение мотивации к обучению профессиональному иностранному языку в неязыковом вузе // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2014 – №. 3(15). – С. 106–110
45. Наймушина О.С., Шварцев С.Л., Сесь К.В. Hydrochemistry and composition of hydrocarbons in the waters of peatlands in Western Siberia // IERI Procedia. – 2014 – №. 8. – p. 119–124
46. Никитенков Н.Н., Киселева Е.С., Конищев М.Е., Сыпченко В.С., Никитенков А.Н., Пичугин В.Ф., Шулепов И.А., Эппле М. Исследование структуры, элементного и фазового состава покрытий на основе оксинитридов титана, осажденных методом реактивного магнетронного распыления // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2014 – №. 12. – С. 21–25
47. Ойдуп Ч.К., Донгак Р.Ш., Шацкая С.С., Копылова Ю.Г. Химический состав вод соленых озер Убсунурской котловины (юго–восточная Тува) // География и природные ресурсы. – 2014. – №. 3. – С. 83–92
48. Савичев О.Г., Домаренко В.А., Мазуров А.К. Оценка допустимого воздействия на водные объекты при разработке осадочных железных руд Бакчарского рудного узла (Томская область) // Геоинформатика. – 2014 – №. 3. – С. 56–63

49. Савичев О.Г., Домаренко В.А. Закономерности изменения химического состава речных отложений и их использование в поисках полезных ископаемых // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – №. 6–3. – С. 520–525
50. Савичев О.Г., Паромов В.В. Метод определения характерных расходов воды рек гумидных областей Западной Сибири при отсутствии данных наблюдений // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – №. 10–14. – С. 3157–3160
51. Савичев О.Г., Паромов С.В. Гидрологические аспекты образования болот в таёжной зоне Западной Сибири // *Известия Томского политехнического университета*. – 2014 – Т. 324. – №. 1. – С. 154–161
52. Савичев О. Г., Фунг Т. Эколого–геохимическое состояние поверхностных вод и донных отложений в дельте Меконга (Вьетнам) // *Вестник Томского государственного университета*. – 2014 – №. 388. – С. 246–252
53. Савичев О.Г. Региональные особенности химического состава речных вод Сибири и их учёт при нормировании сбросов сточных вод // *Вода: химия и экология*. – 2014 – Т. 66 – №. 1. – С. 41–46
54. Серяков С.В., Серякова (Хафизова) Р.Э., Попов В.К. Редевелопмент как средство экологизации землеустройства урбанизированных территорий [Электронный ресурс] // *Известия Томского политехнического университета*. – 2014 – Т. 325 – №. 2. – С. 191–197
55. Силкина Т.Н., Молодых П.В., Скородулина (Щепакина) М.В., Копылова Ю.Г. Geochemical control methods for monitoring oil and gas fields development in Tomskneft OJSC // *Neftyanoe Khozyaistvo*. – 2014 – №. 3. – С. 110–113
56. Силкина Т.Н., Молодых П.В., Скородулина (Щепакина) М.В., Копылова Ю.Г. Геохимические методы контроля при мониторинге разработки нефтегазовых месторождений ОАО «Томскнефть» ВНК // *Нефтяное хозяйство*. – 2014 – №. 3. – С. 110–113
57. Трифонов Н.С., Климова Е.Н., Сидкина Е.С., Уварова Е.И. Гидрогеологические условия территории марковского нефтегазоконденсатного месторождения в связи с вопросами хозяйственно–питьевого водоснабжения (Усть–кутский район Иркутской области) // *Вестник Томского государственного университета*. – 2014 – №. 384. – С. 198–204
58. Трифонов Н.С., Новиков Д.А., Ямских А.А. Гидрогеологические предпосылки закачки промышленных стоков при освоении первоочередного участка Юрубчено-Тохомского месторождения // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. – 2014. – №. 2. – С. 131–145
59. Федько И.В., Китапова Р.Р., Камбалина М.Г., Хвощевская А.А. Характеристика элементного состава бамбука тростникового (*Vambusa Arundinaceae*) // *Башкирский химический журнал*. – 2013. – Т. 20 – №. 2. – С. 96–98
60. Федько И.В., Коломиец Н.Э., Китапова Р.Р., Камбалина М.Г., Хвощевская А. А. Поиск растений – источников кремния для лечения туберкулеза легких // *Башкирский химический журнал*. – 2013. – Т. 20 – №. 2. – С. 148–150
61. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Оценка и прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод в городе Ханой (Вьетнам) // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. – 2014 – №. 2. – С. 169–178
62. Фи Х.Т., Строкова Л.А. Слабые грунты на территории города Ханой (Вьетнам) // *Инженерная геология*. – 2014 – №. 1. – С. 22–28
63. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Содов Ариунбилэг С.А. Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии // *Геохимия*. – 2014 – №. 5. – С. 432–449

64. Шварцев С.Л., Лепокурова О.Е. Уникальные щелочные воды в Чулымском бассейне (Западная Сибирь) // Доклады Академии наук. – 2014 – Т. 459 – №. 3. – С. 1–6
65. Шварцев С.Л. Как образуются сложности? // Вестник Российской академии наук. – 2014 – Т. 84 – №. 7. – С. 618–628

2015 год

1. Gaskova O., Kolpakova M., Isupov V., Vladimirov A., Ariunbileg S., Shvartsev S.L. Geochemical trends of trace elements concentration in saline lakes of central Asia //Advanced materials Research, 2015, vol.1085, PP. 148–153
2. Isupov V., Vladimirov A., S. Ariunbileg., Kolpakova M., Shvartsev S.L. et al. Hydromineral resources of saline lakes of Mongolia and Russian Altai //Advanced materials Research, 2015, vol.1085, PP. 166–170
3. Shvartsev S.L., Zamana L. V., Plyusnin A. M., Tokarenko O. G. Equilibrium of nitrogen rich spring waters of the Baikal rift zone with host rock minerals as a basis for determining mechanisms of their formation //Geochemistry Intern., 2015, Vol. 53, N. 8, PP. 713–725
4. Shvartsev S.L. The basic contradiction that predetermined the mechanisms and vector of global evolution. //Herald of the Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 85, No. 4, pp. 342–351.
5. Бойков В. Н., Попов В. К., Калачева Н.И. Приоритетные направления развития государственного кадастра недвижимости [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015 – №. 1. – С. 1–8. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/121-18636>
6. Бракоренко Н.Н., Емельянова Т.Я. Критерии экологической оценки геологической среды в связи с воздействием нефтепродуктов // Вестник Томского государственного университета. – 2015 – №. 393. – С. 213–217
7. Домрочева Е. В., Лепокурова (Петрова) О. Е. Равновесия содовых подземных вод угленосных отложений Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) с минералами вмещающих пород // Вестник Томского государственного университета. – 2015 – №. 390. – С. 211–217
8. Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С., Шварцев С.Л. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: химия и экология. – 2015. – №. 1. – С. 11–16
9. Крамаренко В.В., Молоков В.Ю., Молокова Л.Л. Физические свойства и структурная прочность глинистых грунтов территории Томской области // Известия Тульского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – №. 4. – С. 184–191
10. Крамаренко В.В., Никитенков А.Н., Молоков В.Ю. О применимости СВЧ-метода для определения влажности песчаных грунтов [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2015 – №. 1. – С. 1–12. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/121-18451>
11. Миронова В.Е., Гейвус А.С. Повышение мотивации к обучению профессиональному иностранному языку в неязыковом вузе // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2014 – №. 3(15). – С. 106–110
12. Могилева В.С., Попов В.К. Оценка загрязнения геологической среды территории фермерских хозяйств сельскохозяйственными производителями // Омский научный вестник. – 2014 – №. 2 (134). – С. 246–251

13. Покровский В.Д., Дутова Е.М., Кузеванов К.И., Покровский Д.С. Информационно-поисковая система оценки степени подтопленности территории города Томска // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015 – №. 1(48). – С. 172–181
14. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Балобаненко А.А., Покровский В.Д., Рехтин А.Ф. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона // Вестник Томского государственного университета. – 2014 – №. 384. – С. 189–197
15. Савичев О.Г., Березикова Ю.С. Сравнительный анализ методов оценки стока влекомых наносов равнинных рек (на примере Оби и ее притоков) // Инженерные изыскания. – 2014. – №. 13–14. – С. 84–87
16. Савичев О.Г., Гусева Н.В., Абдуллаев Б.Д. Водный баланс системы озёр Шира–Иткуль (Хакасия) // Вестник Томского государственного университета. – 2015 – №. 391. – С. 214–219
17. Савичев О.Г., Иванова Е.В., Паромов С.В. Влияние природных условий на аварийность производственных объектов нефтегазодобывающего комплекса Томской области // Нефтегазовое дело. – 2014. – №. 12–3. – С. 155–159
18. Савичев О. Г., Нгуен В. Гидроэкологическое состояние междуречья рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов . – 2015 – Т. 326 – №. 7. – С. 96–103
19. Савичев О.Г., Нгуен В. Химический состав и качество подземных вод в междуречье рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // Вестник Томского государственного университета. – 2015 – №. 398. – С. 251–256
20. Савичев О.Г. Геохимические показатели болотных вод в таежной зоне Западной Сибири // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015 – №. 4. – С. 47–57
21. Савичев О.Г. Распространение неорганических загрязняющих веществ по глубине верховой торфяной залежи // Сибирский экологический журнал. – 2015 – №. 1. – С. 145–153
22. Солдатова Е.А., Ван Г.Г., Шварцев С.Л., Гусева Н.В. Химический состав грунтовых вод водосборной площади озера Поянху (Китай) // Вестник Томского государственного университета. – 2014 – №. 389. – С. 235–245
23. Солдатова Е.А., Гусева Н.В., Мазурова И.С. Микрокомпонентный состав природных вод западной части бассейна озера Поянху, Китай // Фундаментальные исследования. – 2015 – №. 2–8. – С. 1703–1708
24. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск // Известия Томского политехнического университета. – 2015 – Т. 326 – №. 4. – С. 41–55
25. Фунг Т., Савичев О.Г., Хыонг Н.К. Микроэлементный состав донных отложений в дельте реки Меконг (Республика Вьетнам) // Водные ресурсы. – 2015 – Т. 42 – №. 5. – С. 536–543
26. Хвашевская А.А., Наливайко Н.Г., Копылова Ю.Г. Железобактерии в природных водах Обь–Томского междуречья // Вода: химия и экология. – 2015. – №. 5. – С. 76–84
27. Шварцев С.Л. Основное противоречие, определившее механизмы и направленность глобальной эволюции // Вестник Российской академии наук. – 2015 – Т. 85 – №. 7. – С. 632–642

-
28. Шварцев С.Л. Сплав знаний, умений и их разностороннего использования (110-летие) академика Г.В.Богомолова) // Отечественная геология. – 2015 – №. 3. – С. 92–94
 29. Шварцев С.Л., Замана Л.В., Плюснин А.М., Токаренко О.Г. Равновесие азотных терм байкальской рифтовой зоны с минералами водовмещающих пород как основа для выявления механизмов их формирования //Геохимия, 2015, № 8, С. 720–733
 30. Шигорина Е. Г., Строкова Л.А. Численное моделирование процесса микробного осаждения кальцита и его влияние на проницаемость грунтов // Вестник Томского государственного университета. – 2014 – №. 389. – С. 252–262
 31. Янкович Е.П., Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. Распространенность геохимических типов подземных вод Обь–Томского междуречья [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015 – №. 107(03). – С. 1–14. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/96.pdf>

Приложение 3

Статьи в изданиях, индекс цитируемости которых более 1

2011 год

1. Ionin A.A., Guo J.J., Zhang L.M., Xie J. J., Andreev Y.M., Kinyaevsky I.O., Klimachev Y.M., Kozlov A.Y., Kotkov A.A. , Lanskii G.V., Morozov A. N. , **Zuev V.V.**, Gerasimov F.Y., Girigoryants S.M. Mode-lacked CO laser frequency doubling in ZnGeP₂ with 25 % efficiency // Laser Physics Letter . – 2011. – Vol. 8. – №. 10. – p. 723–728
2. Ionin A.A., Guo J., **Zuev V.V.**, Zhang L.M., Xie J.J., Andreev Y. M., Kinyaevsky I.O., Klimachev Y. M., Kozlov A.Y., Kotkov A.A., Lanskii G.V., Morozov A.N., Gerasimov F.Y., Girigoryants S.M. Mode-lacked CO laser frequency doubling in ZnGeP₂ with 25 % efficiency // Laser Physics Letter . – 2011 – Vol. 8 – №. 10 – p. 723–728
3. Ying-Fei Z., Wang R., Zhi-Hui K., Liu Q., Yun J., Jin-Yue G., Andreev Y.M., Lansky G.V., Kokh K.A., Morozov A.N., Shayduko A.V., **Zuev V.V.** AgGaS₂- and Al-doped GaSe crystals for IR applications // Optics Communications. – 2011 – Vol. 284. – №. 6. – p. 1677–1681

2013 год

1. Savichev O.G., Matveenko I.A. Evaluation of chemical composition changes of surface water in Boguchan Reservoir (Siberia, Russia) // Hydrological Sciences Journal. – 2013. – №. 58 (2). – p. 1–10
2. Kolpakova M.N. Geochemistry of uranium in lake of West Mongolia // Mineralogical Magazine. – 2013. – T. 77. – №. 5. – С. 1489
3. Vaishlya O.B., Amyago D.M., Guseva N.V. Role of Bacillus Mucilaginosus at Silicon Biogeochemical Cycle in a System “Soil – Plant” // Mineralogical Magazine. – 2013. – T. 77 – №. 5. – С. 2383

2014 год

4. Diehl D.D., Schwarz J.J., Goebel M.O., Woche S.K., Schneckenburger T.T., Kruger J.J., **Shchegolikhina A.I.**, Marschner B.B., Lang F.F., Thiele-Bruhn S.S., Bachmann J.J., Schaumann G.E. Effect of multivalent cations, temperature, and aging on SOM thermal properties // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2014 – Vol. 118 – №. 2. – p. 1203–1213
5. Kopylova Y.G. , Guseva N.V., Arakchaa K.D., Khvashchevskaya A.A. Geochemistry of Carbon Dioxide Mineral Waters of the Choigan Natural Complex (Northeastern Tuva) // Russian Geology and Geophysics. – 2014 – Vol. 55. – Issue 11. – p. 1295–1305

2015 год

1. Diehl D.D., Schneckenburger T.T., Kruger J.J., Goebel M.O., Woche S.K., Schwarz J.J., **Shchegolikhina A.I.**, Lang F.F., Marschner B.B., Thiele-Bruhn S.S., Bachmann J.J., Schaumann G.E. Effect of multivalent cations, temperature and aging on soil

- organic matter interfacial properties // Environmental Chemistry. – 2014. – Vol. 11 – №. 6. – p. 709–718
2. Nikitenkov N.N., Vilkhivskaya O.V., Nikitenkov A.N., Tyurin Y.I., Sypchenko V.S., Shulepov I. A. Interaction of Al₂O₃ thin films deposited on nanocrystalline titanium with hydrogen // Thin Solid Films. – 2015 – Vol. 591, Part B. – p. 169–173
 3. Eckstein Y.Y., Savichev O.G., Pasechnik E.Y. Two decades of trends in ground water chemical composition in The Great Vasyugan Mire, Western Siberia, Russia // Environmental Earth Sciences. – 2015 – Vol. 73. – Iss

Приложение 4

ПАТЕНТЫ ЗА 2011-2015 гг.

1. Патент 2468337 Способ измерения и долгосрочного прогноза деформаций речных русел при отсутствии русловых съемок. 27 ноября 2012 г. Савичев О.Г., Решетько М.В. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”
2. Патент 2548464 РФ Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Комплекс для отбора проб воды и способ его работы. Заявлено 15.07.2013. Опубликовано 20.04.2015. Бюл. № 11. Приоритет: 15.07.2013. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”
3. Патент 2552267 РФ /А.В. Шмаков, Т.Х. Шмакова. Комплекс для отбора проб газа. Заявлено 01.04.2014. Опубликовано 10.06.2015. Бюл. №16–2015. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”
4. Патент 2532505 Способ определения равновесности химического состава болотных вод от их гидродинамических условий. 8 сентября 2014 г. Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”
5. Патент 2540442 Способ измерения фоновых концентраций веществ в болотных водах. 19 декабря 2014 г. Савичев О.Г., Решетько М.В. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”
6. Патент 2548608 Способ выделения геохимических аномалий на основе анализа химического состава речных отложений. 23 марта 2015 г. Савичев О.Г., Домаренко В.А., Решетько М.В. Патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”.



Коллектив кафедры ГИГЭ и ПНИЛ гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПр ТПУ

Верхний ряд слева направо: аспирант Гридасов А.С. (Латвия), доцент Янковский В.В., ст.преп. Шмаков А.В., доцент, к.г.-м.н. Никитенков А.Н., аспирант Нгуен Ван Луен (Вьетнам), инженер Кузеванов К.К., зав. уч. лабораторией Полтанова Л.М., аспирант Шестакова А.В., доцент, к.г.-м.н. Гусева Н.В., ассистент Солдатова Е.А., аспирант Моисеева Ю.А., инженер-исследователь ПНИЛ Сметанина И.В.

Средний ряд: доцент, к.г.-м.н. Наливайко Н.Г., доцент, к.г.-м.н. Пасечник Е.Ю., ассистент, к.г.-м.н. Колпакова М.Н., доцент, к.г.н. Решетько М.В., ассистент Покровский В.Д., инженер Агафонова М.А., инженер Шмакова Т.Х., доцент, к.г.-м.н. Крамаренко В.В., доцент, к.г.-м.н. Токаренко О.Г., ст.преп. Леонова А.В., аспирант Пургина Д.В., лаборант Максимова М.А., доцент, к.г.-м.н. Хвощевская А.А.

Нижний ряд: инженер-исследователь ПНИЛ Каричева Е.Ю., инженер-исследователь ПНИЛ Мазурова И.С., профессор, д.г.н. Савичев О.Г., профессор, д.г.-м.н., зав. кафедрой ГИГЭ Строкова Л.А., профессор, д.г.-м.н. Шварцев С.Л., профессор, д.ф.-м.н. Зуев В.В., профессор, д.г.-м.н. Дутова Е.М., профессор, д.г.-м.н. Покровский Д.С., доцент, к.г.-м.н. Назаров А.Д., доцент, к.г.-м.н. Копылова Ю.Г., инженер-исследователь ПНИЛ Верколаб Л.И.



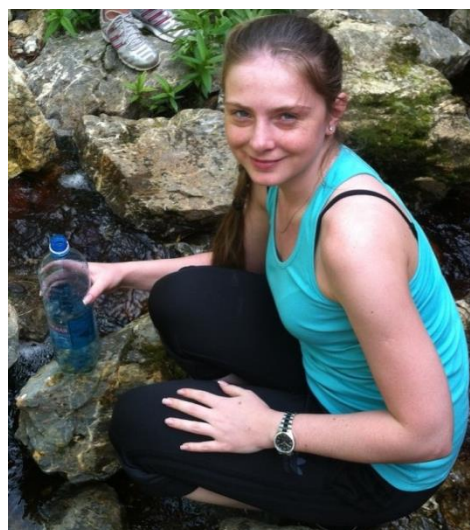
*Магистрант 2-го курса гр.2ВМ21
Хэ Чунью (Китай) на лабораторном
занятии (2014 г.)*



*Летняя производственная практика
магистрантов С.С. Улаева и
Д.Т. Дадашов в г.Сургут (2013 г.)*



*Магистранты К.В. Сесь и А.М. Русинова на пробоотборе в районе
Томской области пос.Самуськи (2013 г.)*



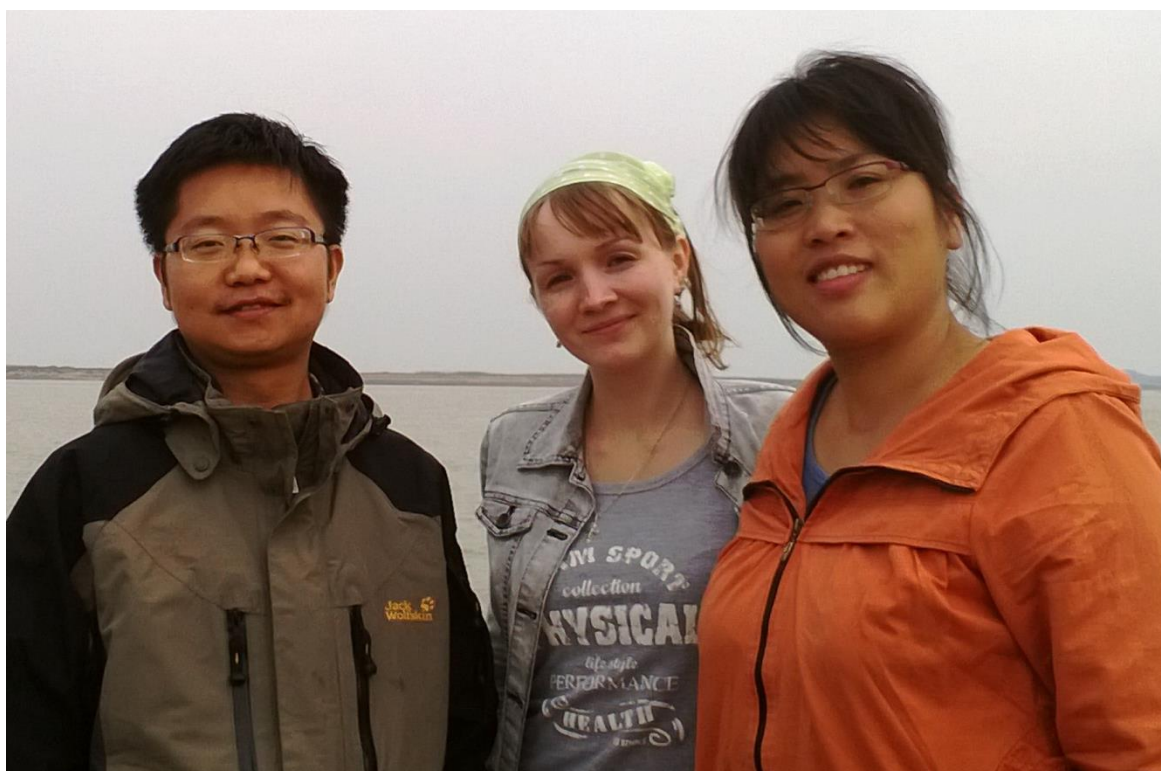
*Магистрант А.М. Русинова за исследованием грунтов в
Лаборатории грунтоведения и механики грунтов (2013 г.)*



Зав. кафедрой ГИГЭ, профессор Л.А. Строкова с магистрами гр. 2ВМ31 после защиты магистерских диссертаций. Слева направо: Ю.А. Березикова, Ю.А. Моисеева, П.С. Петрова, А.В. Шестакова, Ю.А. Кононова, Е.В. Радюк (Кувшинова), С.Ю. Сохарева (2015 г.)



Выпуск магистров направлений «Природообустройство» и «Геология и разведка подземных вод» (2012 г.)



Ассистент Е.А. Солдатова (посередине) с сотрудниками Наньчанского университета (Китай) в полевой экспедиции (2015 г.)



Ассистент Е.А. Солдатова с проректором по науке Восточно-Китайского технологического университета Чжансюэ Сунь (посередине) и магистрантом Чжанг Чжичджао



Ассистент В.Д. Покровский (справа) на вручении медали Российской академии наук по итогам конкурса 2012 г. Диплом вручает вице-президент РАН, академик В.В. Козлов. В Президиуме Месяц Г.А. академик РАН, выпускник ТПУ



Открытая лекция профессора Й. Экиштейна (Кентский университет, США) для студентов и сотрудников Института природных ресурсов в рамках «U-novus Форум молодых ученых» (2013 г.)



Выпускники 2005 г. по направлению «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» на вечере встречи. Слева направо: Е.Ю. Пасечник (начальник учебного отдела ИПР ТПУ, доцент каф. ГИГЭ, к.г.-м.н.); К.М. Гагарина (Макарова) (гидрогеолог I категории АО «Томскгеомониторинг»); А.В. Понизов (директор Железногорского филиала ФГУП "Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами", г. Железногорск); О.Г. Токаренко (доцент каф. ГИГЭ, к.г.-м.н.)



Ассистенты М.Н. Колпакова, О.С. Наймушина, Е.С. Сидкина на праздновании Нового года (2012 г.)



Коллектив кафедры ГИГЭ на праздновании Нового года

Слева направо: доцент А.А. Лукин, зав. лабораторией Л.М. Полтанова, доцент О.Г. Токаренко, инженер И.С. Иванова, аспирант О.А. Камнева, профессор С.Л. Шварцев, доцент А.А. Хващевская, доцент Е.Ю. Пасечник, доцент В.В. Янковский (2012 г.)



На праздновании Нового года. Слева направо: доцент Е.Ю. Пасечник, аспирант В.Д. Покровский, ст. преподаватель А.В. Леонова, доцент О.Г. Токаренко (2013 г.)



Преподаватели кафедры на курсах английского языка в рамках программы повышения квалификации сотрудников вуза. Вторая слева – доцент О.Г. Токаренко, третья – доцент Е.Ю. Пасечник



*Защита итогового отчета А.С. Тимошенко (*м.н.с. Института геологии и сейсмологии АН Молдовы, г. Кишинев) по результатам гранта РФФИ (руководитель Е.Ю. Пасечник)*



Иностранцы стажеры с научными руководителями – сотрудниками каф. ГИГЭ, выигравшие гранты РФФИ. Слева направо: А.С. Тимошенко, доцент Н.В. Гусева, доцент Е.Ю. Пасечник, профессор С.Л. Шварцев, Ю.Отакулова (м.н.с. Института «ГИДРОИНГЕО»), доцент О.Г. Токаренко, Ж.Ж. Хайитов (м.н.с. Института «ГИДРОИНГЕО»)*



Проведение полевых работ по термальным источникам в провинции Цзянси (Китай) совместно с коллегами из Восточно-Китайского технологического университета (2015 г.). Слева направо: проф. Гао Бей, магистрант каф. ГИГЭ Е.В. Зиппа, профессор каф. ГИГЭ С.Л. Шварцев, проректор по науке Чжансюэ Сунь, ст.преп. Ли Джеали, доцент каф. ГИГЭ О.Г. Токаренко, зав. лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии ИПРЭК СО РАН С.В. Борзенко



Проведение полевых работ сотрудниками ТПУ в рамках гранта РФФИ. Слева направо: аспирант каф. ГРПИ М.А. Рудмин, первый проректор ТПУ, профессор, зав. каф. ГРПИ А.К. Мазуров, профессор каф. ГИГЭ О.Г. Савичев (2013 г.)



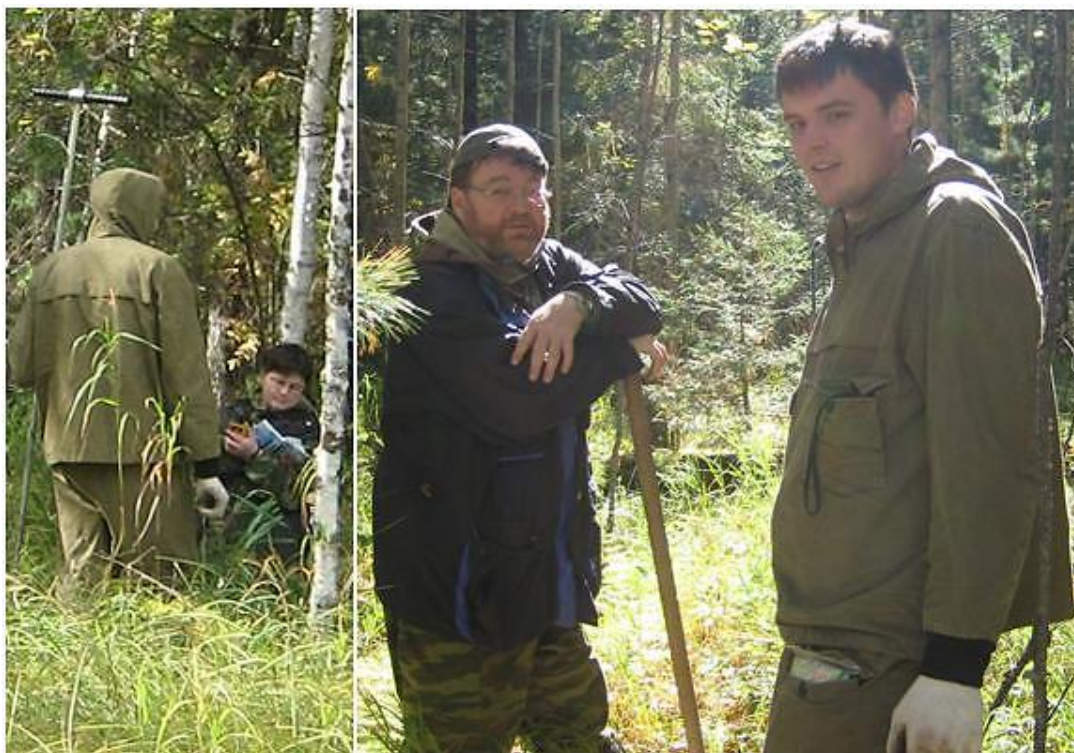
Доцент О.Г. Токаренко (вторая справа) с сотрудниками Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) к.г.н., н.с. Чернявским М.К. (справа) и к.б.н., с.н.с. С.Г. Дорошкевич (слева) в экспедиции по углекислым источникам республики Бурятия (2011 г.)



Полевые работы на термальном источнике в провинции Цзянси (2015 г.). Слева направо: профессор Гао Бэй (Восточно-Китайский технологический университет), магистрант 2-го года обучения Е.В. Зиппа, профессор С.Л. Шварцев



Летняя инженерно-геологическая практика (республика Хакасия, пос. Шира, геологический полигон ТПУ) (2012 г.). Вторая справа – ст. преп. А.В. Леонова



Проведение инженерно-геологических изысканий на площадке Северной атомной станции. Слева направо: профессор Л.А. Строкова, доцент В.В. Янковский, аспирант Е.А. Куприянов (2011 г.)



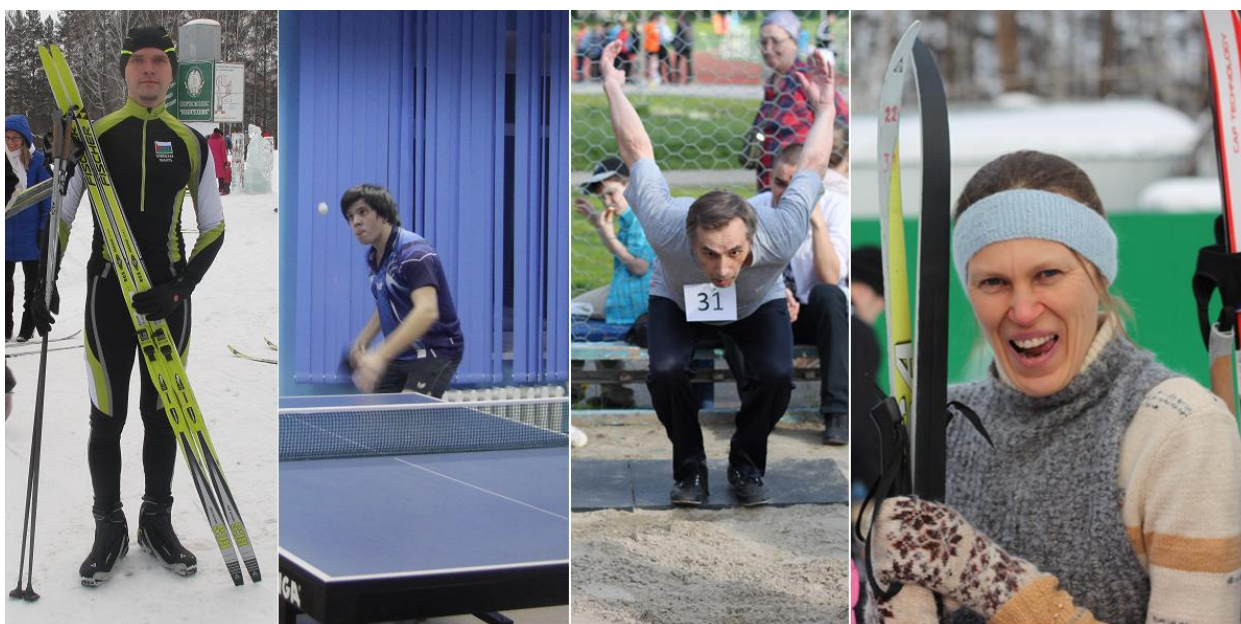
*Спартакиада по волейболу (2014-2015 гг.)
Крайние слева: инженер Н.С. Трифонов, аспирант Е.А. Курриянов*



*Спартакиада по бадминтон (2013-2014 гг.)
Аспирант Фи Хонг Тхинь (Вьетнам) (слева) в команде ИПР, занявшей 1 место*



Аспиранты Нгуен Ван Луен и Фунг Тхай Зыонг (Вьетнам) на спартакиаде «Бодрость и здоровье» в команде ИПР по футболу



Участники спартакиады «Бодрость и здоровье» в команде ИПР. Слева направо: аспиранты А.Г. Гридасов (Латвия) и В.Д. Покровский, доцент К.И. Кузеванов, инженер И.В. Сметанина



Российские участники на конференции «Water Rock interaction-14», г.Авиньон, Франция(2012 г.). Слева направо: Рыженко Б.Н. (ГЕОХИ РАН, г.Москва), Чудаева В.А. (раньше ТИГ ДВО РАН, г.Владивосток), Богуш А.А. (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), Лепокурова О.Е. (ТФ ИНГГ СО РАН), Гусева Н.В. (ТПУ), Иванова И.С. (ТФ ИНГГ СО РАН), Черкасова Е.В. (ГЕОХИ РАН, г.Москва), Алексеев С.В. (ИЗК СО РАН, г.Иркутск), Алексеева Л.П. (ИЗК СО РАН, г.Иркутск), Шварцев С.Л. (ТФ ИНГГ СО РАН), Петренко В.П. (СКФУ, г.Ставрополь), Наймушина О.С. (ТФ ИНГГ СО РАН), Колпакова М.Н. (ТФ ИНГГ СО РАН)



На конференции WRI-14 Авиньон, Франция (2012 г.). Слева направо: Кирюхин А.В., Алексеев С.В. (ИЗК СО РАН, г. Иркутск), профессор Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н. (ГЕОХИ РАН, г. Москва)



Регистрация на WRI-14 Авиньон, Франция (2012 г.)

Слева направо: генеральный секретарь конференции Pierpaolo Zuddas (Université P. et M. Curie, Paris-Sorbonne), доцент Н.В. Гусева, В.А. Чудаева (раньше ТИГ ДВО РАН, г.Владивосток), О.В. Чудаев (ДВГИ ДВО РАН), профессор Шварцев С.Л.



Участники конференции «Современное состояние, тенденции и перспективы развития гидрогеологии и инженерной геологии», Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г.Санкт-Петербург (ноябрь 2012 г.). Слева направо: В.В. Акулова (к.г.-м.н., с.н.с. ИЗК СО РАН), Л.П. Норова (к.г.-м.н., доцент кафедры гидрогеологии и инженерной геологии), ст.преп. Н.Н. Бракоренко



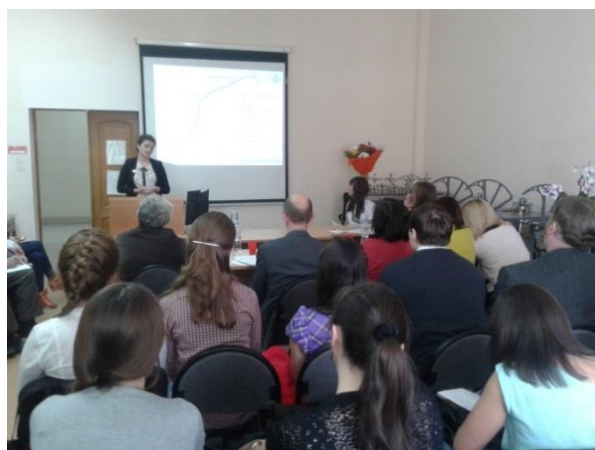
Ст. преп. А.В. Леонова (вторая справа) на обучении по программе повышения квалификации по английскому языку на базе Университета Саутгемптона (Великобритания) (2015 г.)



Семинар по результатам выполнения заданий в рамках Всероссийской студенческой олимпиады по направлению «Поиски и разведка месторождений подземных вод и инженерно-геологические изыскания» под руководством председателя жюри, профессора С.Л. Шварцева (во главе стола) и члена жюри, доцента А.Д. Назарова (слева) с участниками команд из Пермского государственного национального исследовательского университета, Иркутского национального исследовательского технического университета, Сибирского федерального университета и Национального исследовательского Томского политехнического университета (2015 г.)



Доцент Назаров А.Д. с участниками секции 7 «Гидрогеохимия и гидрогеоэкология земли. Геоинформационные системы в гидрогеоэкологии» ежегодного Международного научного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых (2014 г.)



Доклад студентки Е.В. Зипна по актуальным проблемам в г.Сочи (2014 г.)



Работа экспертной комиссии по определению победителей конкурса лучших докладов на секции 7 в рамках симпозиума



Профессор О.Г. Савичев (слева) с участниками VII Всероссийского гидрологического съезда Д.А. Бураковым – профессором, зав. кафедрой природообустройства Красноярский государственный аграрный университет, д.г.н. (посередине) и В.М. Савкиным – д.г.н., ИВЭП РАН (справа) (г. Санкт-Петербург, 19-21 ноября 2013 г.)



Доцент Копылова Ю.Г. с участниками I Международной научно-практической конференции «Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных территорий» Смирновой И.Н. и Клопотовой (июнь, 2013 г.) (республика Тыва, Кызыл, 2013 г.)



Участник I Международной научно-практической конференции «Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных территорий» доцент А.А. Хващевская (республика Тыва, Кызыл, 2013 г.)



Аккредитация ПНИЛ гидрогеохимии 2013 г. Верхний ряд слева направо: инженеры Скороходова А.А., Коваленко Е., с.н.с. Зарубина Р.Ф., инженеры Шушарина В.А., зав. ПНИЛ Хващевская А.А., инженер Камбалина М.Г., метролог ТПУ Пикула Н.П. Нижний ряд слева на право: начальник НОЦ «Вода» Ю.Г. Копылова и эксперты по аккредитации Вернидуб О.Д., Заюкова Н.Д. (г. Москва)



Участники II Международной научно-практической конференции «Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных территорий». Слева направо: Ю.И. Кустов, Ю.Г. Копылова, А.И. Оргильянов, Н.В. Гусева, А.А. Хващевская, Л.В. Замана (республика Тыва, Кызыл, 2015г.)



Участники II Международной научно-практической конференции. Слева направо: В.В. Ан, Н.В. Гусева, А.А. Хващевская, Аракчаа Кара кыс Дангаковна, Ю.Г. Копылова, С.Гаврилов



Полевые работы. Природный комплекс Тарыс, Республика Тыва (июль 2015 г.). Доцент Н.В. Гусева и А.А. Хващевская (ПНИЛ гидрогеохимии)



Полевые работы. Природный комплекс Тарыс, Республика Тыва. Н.В. Гусева (вторая справа) (ПНИЛ гидрогеохимии) и сотрудники Института микробиологии им. Виноградова РАН (2015 г.)



Участники Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами», г. Владивосток 2015 г. Верхний ряд: инженер Иванова И.С., доцент Гусева Н.В., инженер Колубаева Ю.В., (), Средний ряд: Лепокурова О.Е., доцент Хващевская А.А., Новиков Д.А., Шварцев С.Л., Замана Л.В. Нижний ряд: Челноков Г.А., Брагин И., Борзенко С.В.



Вручение профессору Е.М. Дутовой награды в связи с присвоением Почетного звания «Заслуженный геолог Российской Федерации» губернатором Томской области С.А. Жвачкиным (2013 г.)



Заседание УМО. Национальный минерально-сырьевой университет "Горный" (Горный университет), г. Санкт-Петербург. Верхний ряд: В.В. Антонов, зав. каф. гидрогеологии, профессор Горного университета, Р.Э. Дашко, профессор Горного университета, С.В. Сергеев зав., каф. инженерной геологии и гидрогеологии, профессор БелГУ. Нижний ряд: Е.М. Дутова, профессор ТПУ, В.А. Кирюхин, профессор Горного университета, В.М. Швец, зав. каф. гидрогеологии, профессор МГРИ-РГГРУ, А.И. Гавришин зав. каф. гидрогеологии, профессор ЮРГПУ



Доцент К.И. Кузеванов ведет курсы повышения квалификации «Инженерно-геологические изыскания» в рамках Президентской программы повышения квалификации инженерных кадров России (ноябрь 2012 г.)



Вручение профессору В.К. Попову грамоты за высокие достижения в сфере образования и науки мэром города Томска И.Г. Кляйном

**ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В ГЕОЛОГИИ – ПЯТЬДЕСЯТ ЛЕТ В СТРОЮ
(ГРУППА 219 ВЫПУСКА 1964 ГОДА)**

Ю.Г. Копылова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,

*«И места, в которых мы бывали,
люди в картах мира отмечали...»*

В студенческие годы каждая поточная лекция начиналась с переключки присутствующих старостой потока. И теперь хочется назвать всех поименно и услышать о жизни рассказ. Наши следы и результаты профессионального труда группы 219 выпуска 1964 года запечатлены на необъятных просторах нашей Родины:

– **на Дальнем Востоке** – Комяков И.К., Воросцов В.А., Маленьких (Куликова) Г.В., Строганова А.К. (бухта Проведения на Чукотке, Владивосток и Магадан);

– **в Забайкалье и Читинской области** – Еникеев Ф.И., Ларионова (Антропова) Р.Е., Шевченко В.И.;

– **в Восточной Сибири**–Якубовская А.Т. (г. Иркутск), Козырев В.П., Феофанова Р.М. (г. Абакан), Ефремов Г.П. (г. Красноярск), Коркин А.Н. (г. Нерюнгри);

– **в Западной Сибири в Новосибирске** – Агеенко Ю.Н., Харитонов В.В., Харитонова С.И.;

– **в Кузбассе** – Суворова Т.Я., Макейкин Н.М., Коркин А.Н. (г. Кемерово), Чеблукова Л.Б. (г. Анжеро-Судженск);

– **в Томске и Томской области** – Водопьянова (Кривенцова) Т.Г., Фатеев А.Д., Быков В.Г., Быкова В.В., Копылова Ю.Г. (г. Томск);

– **в Тюмени и Тюменском нефтяном крае** – Прокопьева Р.Г., Белкин Ю.А., Акенев К.Ж.;

– **в Европейской части СССР и России** – Маленьких (Куликова) Г.В.(г. Снегири, Московской обл.), Шевченко В.И.(г. Ростов на Дону), Сердюков В.М, Сердюкова Л.К. (г. Владимир), Строганова А.К.(г. Псков), Власова А.М. (г. Симферополь), Никитин Н.К.(г. Ставрополь), Доронкин К.Н (Башкирия).

Трудами наших коллег созданы те самые сырьевые ресурсы, которые обеспечивают развитие нашей страны, и обустроены условия их освоения на благо народа. Занимались переброской Сибирских рек (на стороне тех, кто-«за» и кто – «против»), геологическими съемками, гидрогеологическими съемками и поисками подземных вод и обеспечением водой населения, проблемами зоны освоения и строительства БАМ, инженерно-геологическими изысканиями под разнообразные виды строительства и освоения нефтяных, газовых, угольных месторождений и их эксплуатации. изучения переработки берегов и подпора уровня подземных вод в процессе заполнения Красноярского водохранилища.

В судьбах и карьерном росте наших выпускников отражаются отдельные исторические страницы страны. Профессиональная деятельность выпускников переплеталась с историческими событиями страны и мира. Помогали друзьям и соседям за рубежом. В Иране работал В.И. Шевченко и общался на приеме в честь советских геологов с Шахом. Во Вьетнаме в 1983 г. -1984 гг. работал Сердюков В.М.



Фото Выпускники 1964 года геологоразведочного факультета Томского политехнического института

В первом ряду – Рябчикова Э.Д. (гр.259), Волкова Т.К. (гр.259), Кривенцова Т.Г., Ларионова Р.Е., Полиенко А.К. (гр.239), во втором ряду – Полиенко М.Н. (гр.239), Бойко Г.Д., (гр.259), Суворова Т.Я., Копылова Ю.Г., Агеенко Ю.Н., в третьем ряду – Фатеев А.Д., Полуэктова Т.И. (гр.239), профессор Рихванов Л.П. (выпускник 1969г.), Быкова В.В., Шабашев В.Я. (гр.239), Волков В.И. (гр.259)



Фото Выпускники 1964 года геологоразведочного факультета Томского политехнического института в Музее ТПУ (март 2015 г.).

Слева направо: Бойко Г.Д. (гр.259), Агеенко Ю.Н., Фатеев А.Д., Полиенко А.К. (гр.239), Быкова В.В., Ларионова Р.Е., Суворова Т.Я., Копылова Ю.Г., Полуэктова Т.И. (гр.239), Шабашев В.Я. (гр.239)

Сердюков Валерий Михайлович

Сердюков Валерий Михайлович родился 28 мая 1940 года, после окончания Томского политехнического института в 1965 году был направлен на работу в г. Красноярск в Трест инженерно-строительных изысканий (КрасТИСИЗ) где прошел трудовой путь от рядового инженера-геолога до главного специалиста, работал в Красноярском геологическом управлении. Весной 1969 года («Даманские события»), как офицер запаса, был призван в ряды Советской армии. Прослужив два года на Дальнем Востоке (Приморский край) в 1971 году вернулся в г. Красноярск. В 1973 году вместе с женой Любовью, с которой учились в институте в одной группе, был приглашен в г. Владимир в отделение инженерно-строительных изысканий треста «ГорьковТИСИЗ», впоследствии переданного в подчинение треста «МосЦТИСИЗ». В процессе производства работ под объекты промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения изучил геологическое строение, инженерно-геологические и гидрогеологические условия области, геоморфологические особенности районов изысканий. В связи с преобразованием отделения изысканий в трест «ВладимирТИСИЗ» был назначен главным специалистом треста по инженерной геологии, а впоследствии – **главным геологом треста**. За столь продолжительное время во всех объектах промышленного и гражданского строительства г. Владимира есть частица трудов наших выпускников.

Во Вьетнаме в 1983–1984 гг. Сердюков В.М. работал *в группе, где начальником экспедиции «Стройизыскания» был Калинин Владимир Федорович, бывший главный инженер «Стройизыскания»*. В.М. Сердюков очень тепло и с восхищением отзывается о своем руководителе. «В.Ф. Калинин окончил Томский Ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт, кафедру гидрогеологии и инженерной геологии в начале 50-х послевоенных годов, когда вся наша страна преодолевала беды и разруху, принесенные страшной войной с фашистской Германией. (Его «однокашником» был Геннадий Маркелович Рогов, заведующий кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии в годы нашей учебы).

Через руки В.Ф. Калинина прошли изыскания по крупнейшим объектам Сибири и Дальнего Востока, центральных районов нашей страны, а также ближнего и дальнего зарубежья. Повсюду В.Ф. Калинин пользовался заслуженным уважением, не только как грамотный специалист инженер-геолог, выпускник «Сибирской школы геологов», основанной в России еще в начале XX века академиками В.А.Обручевым и М.А.Усовым, но и как человек высокой культуры и широко развитого интеллекта. До командировки во Вьетнам Владимир Федорович работал продолжительное время главным инженером объединения «Стройизыскания», возглавляя инженерно-геологическую службу более чем сорока трестов Советского Союза».

В.М. Сердюков в воспоминаниях о работе во Вьетнаме отмечает, что во Вьетнаме наши специалисты устраняли последствия пребывания американцев. Во время своего присутствия американцы разбурили в акватории нефтяное месторождение и дали ему название «Белый тигр». Когда под напором вьетнамской армии американцы были вынуждены покинуть Вьетнам – все пробуренные и

оборудованные скважины они ликвидировали (срезали трубы у дна моря, а их устья затампонировали). С целью восстановления скважин и соответствующего их оборудования для добычи нефти, вьетнамское правительство пригласило к сотрудничеству советских специалистов – нефтяников из Азербайджана и Ленинграда. В связи с этим возникла необходимость строительства береговой базы с причалом для кораблей и спусковыми площадками для сооружения опор нефтяных платформ, жилого микрорайона для приезжих специалистов, а также объектов коммунального и хозяйственного назначения в городе.

В 1984г Сердюков В.М. с целью завершения всех изыскательских работ по объектам на севере Вьетнама (в Куйхопе) по просьбе В.Ф. Калинина продолжил работу по контракту с объединением «Союззарубежцветмет».

Много трогательных моментов в воспоминаниях о днях, проведенных во Вьетнаме, приводится в воспоминаниях В.М. Сердюкова. Так, для перелета в г. Ханой и продолжения работы на северных объектах Вьетнам, он ждал приказа о переводе на новый контракт с объединением «Союззарубежцветмет» и у него появилось свободное время и возможность более досконально познакомиться с достопримечательными уголками г. Вунгтау, что нельзя было сделать ранее, в период напряженной работы. При отсутствии общественного транспорта в городе, единственным средством передвижения являлся велосипед или велорикши. Между тем, передвигаться по городу на велорикше советским специалистам было строго запрещено, поскольку это приравнивалось к незаконной эксплуатации труда братского народа. Были неоднократные случаи, когда нарушители этого «негласного запрета» в течение двух суток оказывались в Союзе. Бывало и такое, что кто-то из наших специалистов раздается, что якобы он устал в этой жаре работать, хочет домой. Тогда кто-либо из более трезвомыслящих его товарищей предлагает: «Так в чем же дело, прокатись на рикше!». Были и другие забавные случаи в период пребывания во Вьетнаме, о чем В.М. Сердюков пишет в своих заметках.

Агеенко Юрий Никитович

Агеенко Юрий Никитович родился 10 сентября 1940 г, закончил Томский политехнический университет в декабре 1964 года и по распределению был направлен в распоряжение треста «Востокбурвод» Министерства специальных монтажных и строительных работ». Территория деятельности треста распространялась на азиатскую часть РСФСР, Казахстанскую ССР, Таджикскую ССР. Вид деятельности: - водоснабжение подземными водами, осушение пород при строительстве специальных объектов, сооружение скважин технического назначения). С 1965 по 1972 годы работал инженером-гидрогеологом в Омском специализированном управлении, в конце 1972 года был переведен в проектно-технологический институт на должность главного инженера проекта, затем был назначен начальником проектного отдела, где проработал до конца 1974 г. В 1975 г. был назначен **главным гидрогеологом треста «Востокбурвод»**, где проработал по 1993 год.



В перестройку трест «Востокбурвод» был преобразован в ОАО «Востокбурвод», которое изменило вид деятельности на торговлю и Ю.Н. Агеенко вынужден перейти в Новосибирское специализированное управление на должность инженера по охране труда, где проработал по 1996 год. С 1997 по 2000 год работал в Администрации Новосибирской области главным специалистом, заместителем и начальником отдела по управлению охраной труда в Новосибирской области. В 2000 году ушел на пенсию по возрасту. Награжден: медалью «За отличную службу по охране общественного порядка»; за долголетний и добросовестный труд медалью «ВETERАН ТРУДА»; памятной медалью «За вклад в развитие Новосибирской области».

Еникеев Фарид Исхакович



Еникеев Фарид Исхакович родился 30 октября 1942 года в г. Ишимбае Башкирской АССР, закончил Томский политехнический университет в декабре 1964 года, работает старшим научным сотрудником в Институте природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (г. Чита), **доктор геолого-минералогических наук**, автор монографий и геологических карт и отчетов.

Несколько воспоминаний о днях учебы в институте

В наше время при поступлении в институт служившие в армии и с производственным стажем абитуриенты шли фактически без конкурса, поскольку существовало мнение "что это за инженер в 21-22 года, надо иметь производственный опыт!". После первого курса в учебном плане отводилось время на производственное обучение. Многие из нас были на Урале, в частности, на северном Урале в Ивделе и на Среднем Урале. После второго курса были на производственной практике, в частности, в Хакасии на Сорском медно-молибденовом месторождении, а затем учебная тоже была там же в Хакасии, чуть южнее (на учебном полигоне ТПИ у ст. Туим на оз. Собачье). Дополнительное нововведение было в то время – распределение за год до окончания института и преддипломная практика проводилась по месту будущей работы в Читинской области, так что я потерял две практики, которые можно было провести в иных регионах Сибири и Дальнего Востока. Сожалею, что не был на Сахалине и на Камчатке. После окончания института мы были на сборах под Новосибирском. Помню, был жуткий холод (до минус 50 градусов), потом отпуск. Я от большого желания «удариться» в трудовые будни долго пробыл дома у родителей и приехал в Западную гидрогеологическую экспедицию ЧГУ где-то в середине апреля. Приняли меня на должность ст. техника гидрогеолога, но ненадолго. Через год по характеристике (положительной) с работы мне прислали диплом из ТПИ и значок. И с этой поры все пятьдесят с лишним лет трудовой деятельности протекали на читинской Земле.

Результаты производственной работы представлены в многочисленных отчетах и картах гидрогеологических и геологических съемок, геологического доизучения территории Забайкалья.

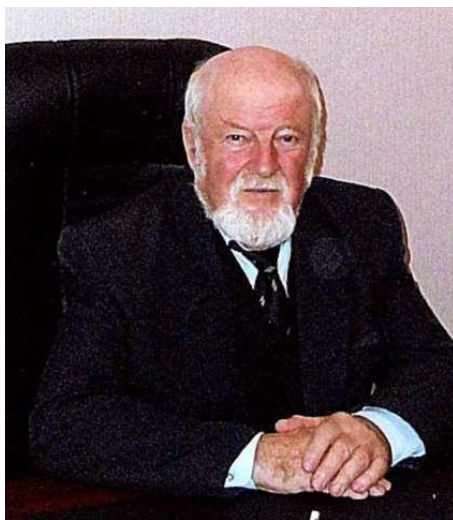
На юге Забайкалья Еникеев Ф.И. – автор отчетов по гидрогеологическим съемкам 6 листов масштаба 1:200 000 и соавтор (писал главы, выполнял полевые) гидрогеологических съемок на 6 листах м-ба 1:200 000 и геологического доизучения на 4 листах м-ба 1:200 000.

На севере Забайкалья автор отчетов и карт гидрогеологических съемок 9 листов масштаба 1:200000 и соавтор гидрогеологических съемок 5 листов масштаба 1:200000, геологического доизучения на 2 листах м-ба 1:200000.

На юго-запад Забайкальского края составлена геологическая карта масштаба 1:5000000. Карта неоген-четвертичных отложений Читинской области масштаба 1:1000000. Научная работа: представлена в 6 монографиях, более 80 публикациях, не считая более 100 статей в 6-ти томах Энциклопедии Забайкальского края. Спектр интересов: гидрогеология, кайнозойская геология, гляциальная палеогеография плейстоцена, геоморфология, неотектоника, палинология, археология.

Ф.И. Еникеев в своих воспоминаниях о днях учебы отмечает: «Институту, факультету и, конечно, в первую очередь кафедре я бесконечно благодарен всю жизнь. В студенчестве жили тесно (до 10-11 человек на комнату (ул. Усова 13а), не жирно, без нынешних прибабыхов, но дружно, просто, честно и без потери индивидуальности».

Никитин Николай Константинович



Никитин Николай Константинович родился 15.мая.1942 г. на руднике Центральной Кемеровской области. Свою трудовую деятельность начал в 1958 г. рабочим старательской артели «Чирковка» треста «Запсибзолото» В 1959 г. поступил в Томский политехнический институт на геологоразведочный факультет, который закончил в 1964 г., получив квалификацию горного инженера – гидрогеолога. Работал участковым гидрогеологом Красноярской и Обской партий Западно-Сибирского геологического управления в 1965-1968гг., старшим гидрогеологом Кулундинской гидрогеологической станции (1968-1969гг), Закарпатской гидрогеологической станции (1970-1977 гг.), старшим научным сотрудником лаборатории глубинного тепла Земли института СевкавНИИГаз (1977-1982гг) главным гидрогеологом Ставропольской гидрогеолого-мелиоративной партии (1982-1986гг.), а затем заведующим сектором, заведующим лабораторией СКО ПНИИС Госстроя СССР, старшим научным сотрудником ОАО СевкавНИИГаз (1998-2006гг.), доцентом кафедры геологии нефти и газа Северо-Кавказского государственного технического университета (2007-2008гг.). С 2008 г. по настоящее время Никитин Н.К. – **заместитель генерального директора по науке** ОАО НП ИГЦ (научно-производственного инженерно-геологического центра). В 1983г защитил в ВСЕГИГЕО кандидатскую диссертацию «Закономерности формирования и прогноз режима пресных подземных вод в горных условиях (на примере восточной части Карпат)». В 1990 г. получил аттестат старшего научного сотрудника по специальности «гидрогеология», а в 2005г. – аттестат доцента. Опубликовано 67 научных работ. Стаж по специальности – более 50 лет.

Несколько замечаний о подготовке специалистов гидрогеологов и инженеров – геологов в РФ.

После перестройки сложилась неприглядная ситуация в подготовке специалистов технических и гуманитарных специальностей, когда наблюдается резкая дискриминация в пользу юристов, экономистов и ряда других специальностей. В эти же годы «приказали долго жить» и многие научные, изыскательские, проектные организации и даже министерства, такие как геологии, мелиорации и водного хозяйства. В связи с тем, что это были те организации, в которых обычно находили работу гидрогеологи и инженеры-геологи, естественно, резко упал спрос на специалистов этого профиля. Молодые, да и специалисты с опытом, из-за низкой заработной платы и отсутствия работы в поисках лучшей доли мигрируют в промышленные центры, где есть ещё кое-какая работа. Многие бросают работу по специальности, переqualифицируются, из-за чего теряется приемственность кадров. Между тем, задачи, которые решались этими специалистами, нигде не исчезли. Они существуют во многих отраслях промышленности. Вот, например, некоторые из них.

В горной отрасли – борьба с водопритоками в горные выработки, шахты, карьеры. Из-за дренажа водоносных горизонтов при разработке месторождений остро стоит проблема организации питьевого и хозяйственного водоснабжения горнорудных предприятий. До настоящего времени активно используются наработки прошлых лет (открытые ранее месторождения, подсчеты запасов практически всех полезных ископаемых), но когда-то все это закончится!

В газовой отрасли – обводнение месторождений, снижение продуктивности скважин и их пескование, миграция газа из подземных хранилищ, создаваемых в водоносных горизонтах, захоронение промстоков в глубокие горизонты.

В нефтяной отрасли – поддержание пластового давления путем закачки подземных вод в пласты.

Сейчас реанимируется мелиорация, а вместе с тем – проблемы с подтоплением, загрязнением и засолением почв. Использование термальных, минеральных и промышленных вод в условиях большого числа собственников.

Изыскания под объекты ПГС в сложных природных условиях и для сложных объектов: высоток 25-70 этажей и более, мостов, хранилищ и часто это в условиях наличия экзогенных процессов (оползней, селей, суффозии, просадочного карста и др.)

Экологические проблемы просто кричат, так все меньше остается чистых подземных вод даже в глубоко залегающих водоносных горизонтах. Радиоактивное загрязнение почв и вод в густо населенных районах.

Таков далеко недостаточный перечень проблем и задач, над решением которых должны трудиться гидрогеологи и инженеры – геологи.

В этой связи ликвидация и даже преобразование доказавших свою состоятельность и перспективность центров подготовки кадров таких, как кафедра гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета, не только не целесообразно, но и преступно.

Хотелось бы обратить внимание на следующие вопросы подготовки специалистов указанных профессий:

1. В ряде вузов готовят специалистов нефтяного профиля, но выпускникам приходится работать в других направлениях и в большинстве из-за несовпадения программ они плохо подготовлены для работы в традиционных направлениях им необходимо серьезно перестраиваться.

2. Из года в год в университетах сокращается количество часов по традиционным спецпредметам в угоду более популярных курсов, как педагогика, информатика и т.д. Это мотивируется тем, что студенты должны самостоятельно постигать специальные дисциплины. Правильно ли это? Думаю, что – нет.

3. Возможно, целесообразно было бы углубить процесс познания специальности гидрогеология и инженерная геология, создавая отдельно соответствующие кафедры.

Ларионова (Антропова) Раиса Егоровна



Антропова Раиса Егоровна родилась 29 ноября 1941 года, закончила Томский политехнический институт в декабре 1964 года и распределилась, подарив два первых места по распределению (г. Новосибирск) молодоженам, в Бурятское геологическое управление, в полевую гидрогеологическую партию. Работала техником-гидрогеологом, гидрогеологом, старшим гидрогеологом, начальником партии. Занималась гидрогеологической съемкой 1:50000 м-ба, проектированием Байкало-Амурской магистрали, режимом подземных вод с соответствующими проектами и производственными отчетами. Проработав 13 лет в Бурятском геологическом управлении, переводом уехала на Родину в Восточно-Казахстанское геологическое управление. Работала старшим гидрогеологом полевой гидрогеологической и инженерно-геологической партии, начальником Режимного отряда, занималась контролем за охраной подземных вод от истощения и загрязнения в регионах Рудного Алтая, перерасчетом запасов подземных вод по данным режимных наблюдений. Работы выполнялись в зоне повышенного радиационного влияния от Семипалатинского ядерного полигона.

В «перестроечный период» 10 лет проработала в районном Центре занятости и социальных программ заведующей отделением социальной помощи на дому, познав и вникнув в судьбу 500 одиноких и одиноко проживающих ветеранов труда, участников ВОВ, тружеников тыла. Трудовой стаж составляет более 40 лет. Дочь Юлия окончила Ленинградский горный институт. Внучка окончила Санкт-Петербургский экономический университет, работает и учится в аспирантуре. Племянница Архангельская Татьяна, кандидат геолого-минералогических наук закончила Томский политехнический университет, где и работает.

Шевченко Виталий Иванович

Шевченко Виталий Иванович родился 7 ноября 1941 года, закончил Томский политехнический институт в декабре 1964 года и в самые сложные времена всегда находил возможность созидать, искать выход из тупика жизненных проблем. Под его руководством создана стабильно работающая фирма ООО «Росгеострой», которая проводит изыскания под строительство и реконструкцию зданий Ростова и Ростовской области и вносит весомый вклад в развитие строительного комплекса Дона.

Немного о жизни и о себе

Люди, рожденные в эпоху войны и сразу после, эти люди – особые. Они не



помнят боев, но хорошо запомнили голод и разруху. И их наивная вера в вечную и благородную любовь, их иллюзии стали основой лучших человеческих качеств: благородства, нестяжательства, гордости за страну и народ.

Рухнувшая в постсоветское время идеология, рухнувшая экономика, рухнувшие проекты, рухнувший в одночасье один из лучших институтов страны. Министерство мелиорации настолько быстро было ликвидировано, настолько быстро были ликвидированы его подразделения и службы, научный и технический потенциал, что и опомниться не успели. В трудное время 1989 года решил как дед, который по реформе Столыпина наладил образцовое хозяйство в

Прииртышье, построить колбасный цех, пекарню, магазин. Взял кредит под баснословные проценты, построил, запустил переработку. Два года все работало исправно, а потом вдруг остановилось – на селе не стало сырья. Вернулся к своей старой профессиональной жизни. Организовал новую фирму, которая стала проводить изыскания под строительство и реконструкцию зданий Ростова и городов области, в составе которой работают дети и внук, инженер-геолог.

Многое из того, что было при советской власти, я бы сохранил и приумножил. В первую очередь – подготовку кадров. Пока учился в институте, каждое лето работал на практике и в экспедициях. Вот где была школа! Ещё студентом был приглашен на работу в Улан-Удэ. Сразу получил жилье, а через год стал главным специалистом. Работал в Читинской, Иркутской, Омской областях, Тюмени, Урале. Красивейшие, богатые места, замечательные люди!

В 1969 году по приглашению института Южгипроводхоз приехал на Дон (г. Ростов-на Дону). Здесь были прекрасные кадры и лучшие лаборатории. Не случайно, директор института позже стал заместителем министра мелиорации СССР. В институте «Южгипроводхоз» проработал более двадцати лет, занимаясь поисками воды в стране и за рубежом.

Самое большое счастье испытал, когда вместе с коллегами–геофизиками и гидрогеологами нашел питьевую воду в Иране. Туда мы, группа специалистов, поехали по приглашению шаха Ирана в 1972 году. Там были разведаны богатейшие месторождения железной руды. Но добычу организовать не удавалось из-за отсутствия воды. Несколько лет её пытались найти геологи из других стран, но тщетно. И тогда шах Ирана пригласил советских гидрогеологов, чьи знания и опыт всегда ценились высоко. И мы не подвели. Нашли целое море технической и питьевой воды. Помню, все газеты вышли в тот день с одинаковым заголовком: «Русские нашли воду!».

Для иранцев это был праздник, для советских геологов это была победа, победа над убожеством, победа над американскими коллегами, которые доказывали, что воды здесь нет, победа над собой, потому как не просто вести геологоразведку в

воюющей стране, в чужой и не понятной стороне. Это была и научная, и технологическая, и экономическая, и политическая победа

Все геологи-романтики. Без этой эмоциональной подпитки я просто не могу работать. Всю жизнь, я писал стихи, но никогда не думал, что их можно напечатать. Напечатал, знаете, получил массу удовольствия, увидев, что они нравятся моим друзьям. Вообще, для меня песня, общение с людьми, которые также, как и я, любят природу, музыку, поэзию, – лучший отдых. Я рад, что и мои дочери и внук также разделяют это пристрастие. Мечтаю поехать по тем местам, где бывал в разные годы: навестил бы друзей, попел бы с ними студенческие песни, почитал бы им свои стихи.

*Наш город Томск, ты – юности причал!
Ты место встреч, любви, очарований,
Источник мудрости, начало всех начал!
Ты кладезь юных планов и мечтаний!*

*Сдаваться, друг, нам гордость не велит...
Я с радостью смотрю в родные лица!
Пусть струна гитары зазвучит,
И радость встречи снова повторится!*

*Как на зарядку ставим телефон,
Мы ставим наши души на зарядку!
Три дня лишь в Томске вместе проведем –
И снова мы в строю на пятилетку.*

В.И. Шевченко, Ростовское отделение Союза писателей России

В качестве послесловия Юбилеям приветствие выпускника 1964 года группы 239 Владимира Яковлевича Шабашева (Московское отделение Союза писателей России):

*Придет апрель, рывком сорвав с зимы
Накидку снегового полога,
И по традиции вновь соберемся мы
Отметить наступивший «День геолога»*

*Сохраните ж Вы любовь свою
К тому, что нам так дорого и свято.
Нет, не погибли мы в бою,
Простые геологи солдаты!*

*Давайте ж, как в былые времена,
Наполним кружки и пошлем по кругу,
За праздник наш осушим их до дна
И пожелаем **счастья** мы друг другу!*

ВОСПОМИНАНИЯ О РАБОТЕ ВО ВЬЕТНАМЕ

В.М. Сердюков



13 февраля 1983 года из объединения «Стройизыскания» в наш трест «ВладимирТИСИЗ» пришла телефонограмма о моем прибытии в Москву с целью дальнейшего командирования меня во Вьетнамскую Народную Республику. Срочно прошел медицинскую комиссию, поставил все уколы и необходимые прививки, и 15 февраля 1983г. был уволен с работы в связи с командировкой в «Союззарубежморнефтегазпром» для выезда в заграничную командировку.

Прибыл в Москву в объединение «Стройизыскания» 16.02.1983 года. Уже здесь узнал, что таких командированных специалистов во Вьетнам собралось 10 человек из многих трестов Советского Союза. Были инженеры-геологи, гидрогеологи, геофизики, буровики, топографы. Приехав в Москву, мы узнали, что вопрос о нашей командировке во Вьетнам еще окончательно не решен. Ждали ответа из Вьетнама на дополнительный запрос о необходимости

отправки туда еще одной группы изыскателей.

Начальником экспедиции «Стройизыскания» во Вьетнаме в это время был Калинин Владимир Федорович, бывший главный инженер объединения «Стройизыскания». Он с местным руководством решил все вопросы о командировании нашей группы и на нас начали оформлять необходимые выездные документы. За период совместного ожидания решения по возникшим вопросам все специалисты из городов Владимира, Томска, Перми, Краснодара, Тулы перезнакомились, как-то сдружились, сгруппировались.

Я нашел общий язык с Б.В. Селезневым, геологом из г. Тулы. Вместе бегали по магазинам Москвы в поисках «жизненно необходимых предметов». От кого-то прослышали, что во Вьетнаме общебытовое напряжение электричества – 127V, а работа всех имеющихся у нас электроприборов рассчитана на напряжение 220V, поэтому мы решили купить электротрансформатор с 127V на 220V. Он нам влетел в «копеечку», ну и значительно добавил веса нашему багажу. *(Вес неоплачиваемого багажа, составлял 100 кг. Один из наших товарищей, зная об этом, вез с собой велосипед. Примечания здесь и далее по тексту – Несветайлова В.В.)*

Во время этой «беготни» по Москве у меня произошла неожиданная встреча. Поднимаясь на эскалаторе одной из станций метро, я увидел спускающегося полковника с очень знакомым лицом. Он меня тоже узнал, быстро договорились о встрече внизу. Мы с ним лейтенантами служили на Дальнем Востоке в 1969-1971

годах (Даманский конфликт) в составе войск ПВО, он после военного училища, а я был срочно призван из народного хозяйства. По окончании службы я демобилизовался, а его кадрового военного, направили в другую «горячую» точку. Был лейтенантом, заслужил звание полковника, сейчас – заведующий кафедрой МАИ. Обменялись адресами. В итоге получилось, что не виделись 14 лет, а встретились в метро, в Москве. Я тогда подумал, что так бывает только в кино.

Получив все необходимые выездные документы и билеты на самолет, наконец, наша группа вылетела во Вьетнам 18.02.1983г. Самолет приземлялся в Ташкенте, Карачи и в Дели. В Пакистане наших пассажиров из самолета не выпускали, дозаправили его вдаль от аэропорта под охраной солдат. *(Валера, позабыл! Летели мы на самолете ТУ-154, по маршруту: Москва – Кавказ – Бенгальский залив – с посадкой в г. Бомбей – г. Ханой. По указанному им маршруту летали в отпуск на самолете Ил – 86, который вышел на магистральные линии весной 1983г. Во Вьетнам, советские самолеты летали по трем маршрутам: 1. Через страны Ближнего Востока. 2. Москва – Ташкент–Карачи–Ханой. 3. Москва – Хабаровск – Ханой. Последний маршрут был отложен после инцидента с южнокорейским Боингом.)*

В г. Дели (*Прим. Бомбее!*) всех пассажиров выпустили из самолета и пригласили в аэровокзал. Было очень жарко, страшно хотелось пить. Смотрю, едет на самоходной тележке служащий аэропорта (негр), полностью загруженной газированной водой разного цвета в бутылочках. Видно я с такой жадностью смотрел на эту воду, что он остановился и, улыбаясь во весь рот, предложил мне бутылочку воды (150-200г.) Я ее проглотил моментально. Негр искренне засмеялся и предложил вторую бутылочку другого цвета. Эту я тоже мигом осушил. Продолжая смеяться, он предложил мне третью бутылочку и опять другого цвета. Выпив и ее, я понял, что напился. Здесь же, в аэровокзале было много всяких киосков, магазинов, лотков и лавочек с большим количеством всевозможных безделушек, сувениров, украшений. Продавцы нас любезно приглашали зайти туда. Мы в свою очередь как-то объясняли, что у нас нет денег, на что они на понятном русском языке предлагали: «Хорошо, зайдите посмотреть». Конечно, от обилия восточных украшений, всевозможных товаров разбегались глаза. Поблагодарив улыбчивых продавцов, мы быстренько покидали их торговые заведения.

После непродолжительного отдыха, пассажиров «Аэрофлота» пригласили в самолет, и он взял курс на Ханой. (*Прим. Перед посадкой в самолет, мы прошли досмотр, пройдя через рамки металлоискателя. И у нас изъяли карманные ножи, передав их командиру самолета, который вернул их нам, как только мы попали в самолет. В Союзе, пока, этого порядка не наблюдалось!*)

По прилету в Ханой, нашу группу встретили вьетнамские товарищи, пригласили в автобус и доставили в город, в микрорайон «Ким-лиен» – где жили все советские специалисты, в том числе и наши изыскатели, прибывшие ранее и давно проживающие там. «Старожилы» встретили нас радушно, уже с вареной картошкой в «мундире», а мы открыли большую банку привезенной с собой тихоокеанской селедки. (*Прим: Чаплицкий Боря, как житель г. Владивостока, привез тещу*). По негласной традиции, те кто вновь едет во Вьетнам – везет банку селедки и булку черного хлеба (*его там не вытекают*). (*И три бутылки водки!*).

Водочка с горячей картошкой, с селедочкой и с черным хлебом хорошо пошла, все развеселились, пели песни, рассказывали истории из жизни во Вьетнаме, новости из Союза. На ночлег вновь прибывшие устроились в этой же комнате - кто по двое на кроватях, кто в креслах. Мы с Мишей Банщиковым (из г. Томска) заняли кровать

с пологом, в чем нам очень повезло. Те же, кто спал в открытую, без полога, поутру оказались изукрашенными в красную крапинку. Все открытые части их тела искусили комары. Особенность вьетнамских комаров в том, что они кусают бесконечно много раз, так что утром и лицо и руки многих из нас были весьма пестрыми от укусов. Глядя друг на друга..., мы хохотали.

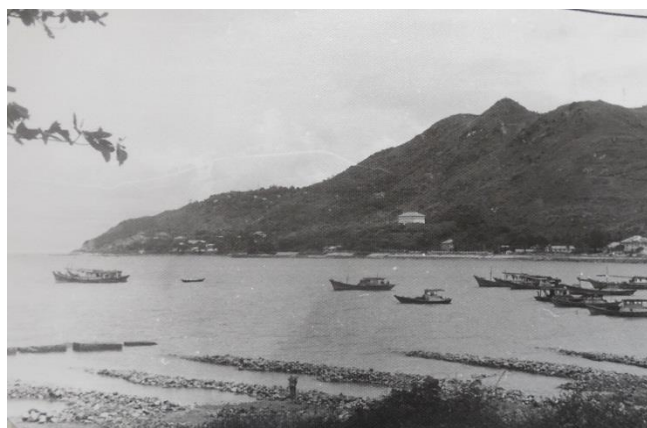
Утром начальство экспедиции распределило нас по объектам. Часть специалистов осталась в Ханое (на северных объектах), а часть группы, в состав которой вошел и я, направили на юг Вьетнама, в город Вунгтау. Здесь я хочу напомнить, что Вьетнам по 17 параллели делится на две части: северную и южную, Такое разделение четко оправдано природными особенностями страны и довольно значительное время было обусловлено политическими причинами.

В ожидании авиабилетов на Хошимин осматривали город Ханой, район, прилегающий к Ким-лиену. Меня поразило то, что при довольно прохладной погоде (+11+12°C) и морозящем дождике, местное население в пригороде, видимо, на своих огородах, занималось перекачкой воды из водоема в водоразводные каналы вручную, с помощью больших ведер, стоя полураздетыми в воде. Мне даже в куртке с подстежкой было прохладно. Буйволы, которые рыхлили землю на сельскохозяйственных участках, были одеты в специальные утепленные попоны, т.к. они очень болезненно (как нам сказали) переносят такие «прохладные» температуры (до + 12°C).

На улицах города поразило обилие велосипедистов и автотранспорта, двигающихся сплошным потоком. Приоритетом проезда, как мне показалось, пользовался тот автомобиль, у которого мощнее звуковой сигнал. Велосипедисты на все эти сигналы реагировали спокойно, все это движущееся обилие следует в одном потоке, только удивительно, как они не передают друг друга!

Почти в центре города находится большое озеро. Со дна его большими черпаками на длинном бамбуковом шесте достают донный ил, грузят его в большие металлические лодки и увозят и затем используют для удобрения огородов и рисовых чеков.

Вунгтау. 25 февраля 1983г. вьетнамская сторона купила нам шесть авиабилетов на Хошимин, далее до Вунгтау поедет автотранспортом. Улетали из Ханоя в прохладную морозящее – дождливую погоду. Часа через два приземлились в г. Хошемине (бывший г.Сайгон). В иллюминаторах увидели летное поле, почти все черное, а когда открыли двери самолета, в салон пахло ядреным солнечным зноем и запахом гари. Вышли из самолета и погрузились в страшный зной с ослепительным солнцем. Трава на аэродроме полностью выгорела, лишь кое-где остались островки зелени. Как нам сказали, трава сгорела от солнца. Очень хотелось пить, но нас предупредили, что воду из водопровода пить нельзя. Ответственные за нашу встречу, вьетнамские товарищи провели нас в автобус, и мы поехали дальше на юг, в город Вунгтау, предварительно заехали в офис (бывшее американское посольство) где нас зарегистрировали и оформили все соответствующие документы. Дорога, вернее бетонная трасса от Хошимина до Вунгтау довольно новая и в хорошем состоянии, широкая, разделена бетонным барьером на две широких полосы для движения транспорта в разных направлениях. Как нам объяснили сопровождающие, в случае необходимости эти барьеры можно убрать и использовать дорогу в качестве посадочной полосы для самолетов.



Бухта Вунгтау.



Сердюков В.М. и Чечет М.

У грота

Из автобуса мы с интересом наблюдали за растительностью и открывающимся ландшафтом. Вдалеке просматривались горы, покрытые лесом, поближе видны были пальмы, чем-то напоминающие нашу гигантскую кукурузу (бананы) и множество других деревьев и кустарников. Населенные пункты расположены вдоль дороги. Жилые дома сделаны из разных материалов: деревянные, из камня, из бамбука, обшитого пальмовыми листьями, либо из какого-то другого подручного материала. Почти у каждого дома есть сад с манговыми и грейпфрутовыми деревьями и бананами.

В автобусе, несмотря на открытые окна и люки, было очень жарко, очень хотелось пить. Наши вьетнамские сопровождающие решили остановиться в одном из поселков, где купили для нас несколько больших грейпфрутов. Несмотря на жару, их мякоть оказалась прохладной с кисловато-сладкими зернами. Нас удивило то, что при жаре до $+40^{\circ}\text{C}$ фрукты были прохладными, видимо из-за толстой кожуры, ватоподобной изнутри.

Вдоль дороги также просматривались следы прошедшей войны, развалины домов, ржавые покореженные остатки мостов, полузасыпанные заросшие воронки от снарядов, разбитая американская техника (автомобили, в одной речке из воды торчала башня разбитого американского танка). Ближе к вечеру добрались до города Вунгтау, где нас представили руководителю южной группы специалистов «Стройизыскания» Эдуарду Николаевичу. Познакомившись с каждым из нас, он направил всех в гостиницу. Поначалу нас устроили в гостиницу «Хао-бинь» («Мир»), где у каждого из нас был свой одноместный номер с душем, кондиционером, двуспальной кроватью под пологом, столом для работы, журнальным столиком, двумя плетеными из тонкого бамбука креслами и холодильником. Как мы потом пели в песне: «Две кровати, два стола и две тумбочки, комаров десятка два и две рюмочки». Эту песню сочинил один из наших «поэтов», который прибыл и работал здесь до нас.

В этой гостинице мы прожили около полугода. Несмотря на запреты администрации, на привезенной с собой электроплитке мы с Б.В. Селезневым на балконе готовили себе еду. Пригодился купленный в Москве трансформатор, но в один «прекрасный» момент он не выдержал возложенной на него нагрузки и взорвался, но все обошлось благополучно. Потом дополнительно, по забывчивости, сожгли электрочайник и два кипятильника. Первое время с удовольствием ели много салатов из свежих овощей. Овощи (огурцы, помидоры, лук) перед едой тщательно мыли с мылом, затем выдерживали их в кастрюле со слабым раствором уксуса 15-20

минут, потом ополаскивали кипяченой водой. С капустой поступали также, предварительно разобрав ее кочаны на отдельные листы. Когда не было капусты, для борща использовали зеленую папайю (овощ растет на невысоких деревцах, вначале похож на огурец, потом на кабачок, а на стадии созревания – на дыню), настрогав ее в виде лапши специальным ножом. Такая тщательная обработка овощей вызвана наличием микробов на их поверхности из-за жаркого климата.



*Селезнев Б.В.,, третий Берлов Г., Ковалев С., Паша, Лобач В.,
Коломейцев В., Валя,.....*

Продукты покупали в нашем (советском) магазине, куда они доставлялись по приходу наших кораблей. Отоваривание продуктами и мелкими товарами производилось по специальным «заборным» книжкам и в строго регламентированных количествах на 1 месяц.

Когда надоело готовить дома (в гостинице), ходили в ресторан гостиницы «Победа», где была чисто вьетнамская кухня, например, суп с курицей представлял собой жидкое пюре неопределенного цвета. За 5-10 минут до обеда приносили стакан прохладной воды, который доставлял приятное удовольствие после дневной жары. На десерт выдавали какие-либо экзотические фрукты (скибку спелой папайи или арбуза, манго, четвертинку ананаса, банан и другие неизвестные плоды, но очень вкусные).

Одно время «Ветсовпетро» организовало работу русской столовой, где работали жены советских специалистов из нашего «городка». Здесь уже можно было поесть нашего борща, вкусных мясных блюд и салатов.

Вьетнамская сторона в наш магазин поставляла так же овощи, фрукты по определенным дням. За ними сразу выстраивалась большая очередь из специалистов и их жен. Однажды после обеда вьетнамцы привезли в магазин тракторную тележку папайи – желтой и крупной. Начали разгружать ее не спеша, а длинная очередь томится под солнцем. Я предложил нашим мужчинам помочь вьетнамцам по-

быстрее разгрузиться. Выстроясь цепочкой вместе с вьетнамцами, мы быстро перекидали папайю в магазин, а один из вьетнамцев наградил меня за организацию помощи прекраснейшим вкусным плодом. Несколько позже так же разгружали арбузы, а призом был большущий арбуз, очень спелый.

Воду из водопровода для питья кипятили минут 20, разливали по бутылкам и прятали в холодильник. Однажды в кипяченую холодную воду в стеклянной банке бросили кристаллик марганцовки и на дне ее обнаружили флюоресцирующий слой всяческих «организмов» в виде спиралей, палочек, шариков и т.п. Кипяченую воду после остывания заливали в бутылки через примитивный фильтр из ваты и ставили в дверцу холодильника. Существовал неписанный закон – если на столе или в холодильнике стоит вода в какой-либо емкости, она обязательно должна быть кипяченой.

Город Вунгтау – небольшой городок в провинции Донгнай на юго-востоке страны, на побережье Южно-Китайского моря. Во время войны с американцами он служил базой отдыха для их военнослужащих, где и сейчас остались госпитали, бары и другие увеселительные строения. На территории одного из бывших госпиталей была наша база, где находилась буровая и другая техника, склад ГСМ, инструментов и оборудования.

Со стороны моря город окружен спокойными заливами с прекрасной пляжной зоной. Песчаные дюны на берегу поросли жиденькими хвойными деревьями, в тени которых мы пытались спрятаться, выйдя из моря. Вдоль пляжной зоны встречаются отдельные полуразрушенные бетонные оборонительные сооружения (ДОТы), оставшиеся после войны. На самой высокой точке рельефа города, над заливом, возвышается статуя Сен-Жака с распростертыми в стороны руками. В безветренную погоду по внутренней лестнице внутри статуи можно выйти на смотровые площадки на ее ладонях и полюбоваться панорамой города, его окрестностей и морем.



**Вьетнам. Сердюков В.М. Дунюшкин А.Е. Калинин В.Ф.
и вьетнамский водитель а/м Волга**

Во время своего присутствия американцы разбурили в акватории нефтяное месторождение и дали ему название «Белый тигр». Когда под напором вьетнамской армии американцы были вынуждены покинуть Вьетнам – все пробуренные и оборудованные скважины они ликвидировали (срезали трубы у дна моря, а их устья

затомпанировали). С целью восстановления скважин и соответствующего их оборудования для добычи нефти, вьетнамское правительство пригласило к сотрудничеству советских специалистов - нефтяников из Азербайджана и Ленинграда. В связи с этим возникла необходимость строительства береговой базы с причалом для кораблей и спусковыми площадками для сооружения опор нефтяных платформ, жилого микрорайона для приезжих специалистов, а также объектов коммунального и хозяйственного назначения в городе.



Коллектив изыскателей группы Вунгтау

Выполнением изыскательских работ под вышеуказанные объекты и занималась наша группа «Стройизыскания» при совместном руководстве с Вьетнамской стороной.

Геологическое строение района города Вунгтау, в основном, представлено морскими песчаными и глинистыми отложениями большой мощности, за исключением отдельных участков с выходом коренных пород вдоль побережья.

До приезда нашей группы на объектах работало много советских специалистов, оставивших полевые материалы, в основном, в виде буровых журналов и ведомостей лабораторных исследований свойств грунтов, геологических разрезов в черновиках. Мне пришлось проверять и снова обрабатывать сотни буровых журналов и лабораторных ведомостей, исправлять или переделывать построенные геологические разрезы, выполнять и производить текущий контроль за выполнением полевых и опытных работ.

Рабочий день у нас начинался в 7.00 утра. На автобусе (под охраной) всех сотрудников доставляли в рабочий офис, который находился на территории береговой базы. Геологов, которые должны были выезжать в поле на документацию скважин и выполнение топографических, геофизических и других полевых работ, завозили на техническую базу, откуда они отправлялись на объекты. В распоряжении каждой бригады специалистов был автомобиль ГАЗ-69, имелись они также при каждой буровой установке. Однажды случился такой казус. Геолог с буровиками из гостиницы на базу выехал на своем автомобиле, следом поехала на своем группа топографов, а геофизики выехали последними. Из-за неожиданного окончания бензина первые два автомобиля твердо остановились, а третий ГАЗ-69

собрал их аккуратно в один поезд (бампер к бамперу) и, работая толкачем, благополучно доставил эту «цепочку» на базу, где после заправки все разъехались по своим объектам. Это событие собрало большую компанию вьетнамских наблюдателей, сопровождавших колонну со смехом и улюлюканьем. Мы же были невозмутимы и делали вид, что это было все так и нужно!

Полевые работники (буровики, геологи, топографы, геофизики и др.) работали до 13.00, а офисные – до 17.00 с перерывом на обед с 12.00 до 14.00. В период моего отсутствия в номере гостиницы горничные тщательно его убрали. При мне они заходили в номер строго по двое, выполняли необходимые работы и удалялись. На обед и с обеда нас возили на автотранспорте. После обеда я успевал часок вздремнуть, причем, так натренировался, что моментально засыпал и четко вовремя просыпался, немного отдохнувшим.

Бурение скважин выполнялось установками УГБ-50М на базе автомобиля ГАЗ-66. Буровые бригады состояли из 3-4х вьетнамских рабочих и 1-2 советских специалистов (геолога и старшего бурового мастера). Из скважин отбирались образцы-пробы грунтов. Определение физико-механических свойств по ним производилось здесь же, в лаборатории на базы группы под руководством очень грамотного грунтоведа из Куйбышевского «ТИСИЗа» Караваевой Людмилы Евгеньевны. Часть образцов, для контроля, сдавали во вьетнамскую лабораторию.

Однажды, при выполнении бурения скважины на территории береговой базы, я выехал на полевой контроль. Для ознакомления с площадкой со мной выехала девушка-коллектор. Пока я осматривал и описывал образцы грунтов, поднятые из скважины, она выполняла рекогносцировку площадки. Вдруг слышу: «Валерий Михайлович, смотрите, что я нашла!» Я оглянулся на нее и обомлел: она держала в руках ржавую мину со стабилизатором от миномета небольшого калибра. Я ей спокойно говорю: «аккуратно положи эту игрушку на песок и убегай». Она это выполнила, а найденную мину, вызванные вьетнамские специалисты, увезли.

В дальнейшем, при выполнении работ по береговой базе, также находили множество ржавых гильз, остатки разного оружия и т.п., потому что отсыпка площадки производилась за счет песка, доставляемого из береговой зоны, где раньше проходили ожесточенные бои. Мощность насыпных песков достигала 5-6 м, поэтому неожиданных находок в скважинах было достаточно.

Иногда было необходимо выполнить изыскания на объектах, площадки которых были труднодоступны для проезда буровой техники. Бурить скважины приходилось с помощью ручного комплекта и металлического копра-треноги с воротком для подъема бурового снаряда. Одним из таких объектов была площадка очистных сооружений, расположенная на берегу реки Зинь. На большей части площадки работы были выполнены много раньше. Дополнительными работами предусматривалось уточнить инженерно-геологический разрез вдоль береговой полосы и по трассе выпускного коллектора, проходящего по приливно-отливной зоне. Точка выпуска очищенных стоков из трубы проектировалась в русле реки, на границе линии отлива. В нашу задачу входило построить профиль дна вдоль проектируемой трубы, подсечь минеральное дно, т.е. определить мощность илистых отложений, которые необходимо прорезать при укладке трубы.

Высотные отметки профиля дна и вынос каждой скважины в натуру выполнял геодезист – Лобач В.В. Он установил теодолит на крыше заброшенного ДОТа, находящегося на берегу, и оттуда командовал рабочими - реечниками и расстановкой буровой бригады.

При начале отлива с буровым снаряжением длиной 5,0 м, с металлической треногой и топографической рейкой (и все это на плечах) мы «бегом» и ползком по колено и выше в жидкой иловой массе с ползающей живностью, добивались до каждой скважины. «Быстренько» пробурили ее, с наступлением прилива хватили весь инструмент на плечи и опять с песнями «бегом» к берегу. Получалась в итоге такая картина, что сверху нещадно палит солнце, а снизу, почти до пояса, черная, вонючая илистая жижа с разными бекарасами в ней. На берег мы выползли с открытым ртом, как пойманные рыбы и полностью грязные.

Когда мы работали здесь, нас каждый день посещала вьетнамская девочка по возрасту лет двенадцати, но довольно рослая. Как нам сказал переводчик, она вьетнамо-американского происхождения. Она почему-то к нам очень привязалась. Проживала эта девочка рядом с нашей площадкой. У ее дома был большой сад, и она часто угощала нас плодами из него, мы называли их «чум-чум». Они чем-то похожи на нашу сливу, только на одной плодоножке их 5-6 штук и покрыты они полутвердой кожицей с небольшими мягкими шипами. Внутри ее - молочно-прозрачная мякоть с небольшой косточкой, сладкая, очень вкусная. Этой ягодой вьетнамцы кормят, в основном, детей. Мы в свою очередь дарили девочке мелкие сувениры, наши значки, конфеты.

По ее словам в ДОТе, на крыше которого работал геодезист Виктор Лобач, местные жители замечали иногда большого удава, который прятался там от солнца. Мы, к счастью, его ни разу не видели.



Первый ряд, сидят: Геодезист из Кемерово, Сердюков В.М., вьетнамские товарищи. Второй ряд, стоят: четвертый – Тимашинов, пятый – Паша из Орла, Дунюшкин А.Е., Селезнев Б., Ширяев Б.Н., Шидлаускас А. с женой

На объектах со слабыми грунтами в основании проектируемых фундаментов (с мягко-пластичными – текучепластичными глинистыми грунтами, с водонасыщенными плавунными песками) сдвиговые характеристики грунтов и их несущую способность определяли с помощью полевых методов исследований, из которых основными были зондирование, сдвиги грунтов крыльчаткой в скважинах, испытания свай статической нагрузкой.

Однажды, после окончания полевого дня и послеобеденного отдыха, я с несколькими товарищами отправился прогуляться по городу. Идем по тротуару, и вдруг слышу сзади визг тормозов, и чувствую, как мощные руки меня затаскивают в автомобиль. Ничего не поняв, осматриваю своих хохочущих похитителей. В их числе оказались вьетнамский руководитель нашей группы, переводчик, геолог Борис Селезнев и вьетнамский военный. Как мне потом объяснили, вьетнамское военное подразделение подрядилось на площадке под жилой микрорайон выполнить испытание свай статическими нагрузками. Кусты свай на площадке уже были забиты, воины уже завезли туда все необходимое для испытаний оборудование. Простой оборудования стоил очень дорого, вот наше вьетнамское руководство решило собрать нас (геологов) срочно для контролирования монтажа этого оборудования, а военный, сидящий на переднем сидении, оказался командиром корпуса.

Монтаж оборудования на первую сваю мы закончили в 9 часов вечера, а поскольку пропустили ужин в столовой, командир корпуса пригласил всех нас на ужин к себе в военный городок. Здесь в штабе уже были накрыты столы на большое количество персон. Оказалось, что у него заместителей более 30 человек, и почти каждый говорил тост по очереди.



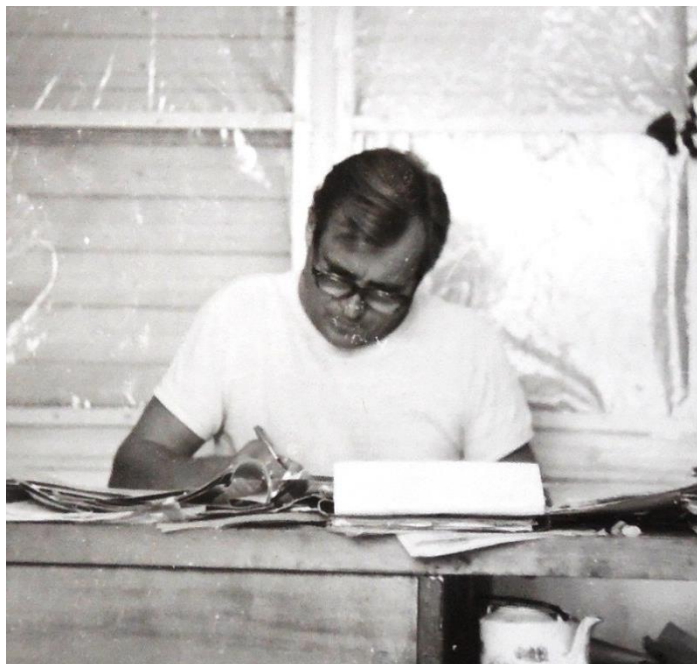
*Сердюков В.М. за испытанием
грунтов «крыльчаткой»*



Валя с Дунюшкиным

Здесь же я узнал, что вьетнамская армия старается быть на самообеспечении, у них большое хозяйство по выращиванию птицы, животных, имеется оборудование по производству водки из риса (они ее сдают государству). Много военнослужащих работает на производственных предприятиях города. Многие военнослужащие, включая солдат, живут в небольших домиках с семьями на территории части и ведут свое хозяйство. Ужин проходил в очень теплой дружественной обстановке. Командир оказался обаятельным человеком с большим чувством юмора.

Столы были хорошо сервированы, все блюда оказались очень вкусными. Вьетнамцы все едят с помощью палочек. Взяв 2-мя палочками пищу (даже рис) они макают ее в рядом стоящую пиалу с нёк-намом (такая приправа) и отправляют в рот. Для приготовления этой приправы используется мелкая рыбка, пролежавшая после вылова 3-5 дней на солнце. Затем эту рыбку с незабываемым «душком» загружают в большие чаны, туда заливают воду и кладут много соли, горького перца, который растет диким образом здесь же, и другие травы. Все это содержимое еще настаивается на солнце 2-3 недели (пока вся рыба не разложится). Затем все это «томленое варево» процеживается, разливается по бутылкам и поступает в продажу. Так вот на этом дружеском ужине, наблюдая, как вьетнамцы с аппетитом все уплетают с этой приправой, я решил ее также попробовать. Кусочек жареной курицы я старательно макнул в пиалу с приправой. Заметив это, вьетнамцы притихли, наблюдая за мной. С некоторой опаской я положил кусочек себе в рот: сразу почувствовал соль, обжигающий перец и страшный запах тухлятины. Я не помню, как выскочил из-за стола и выбежал на улицу. Меня там так «полоскало», что я думал, все мои внутренности вылезут наружу. Успокоившись, вытерев слезы и слюни, я вернулся за стол. Вьетнамцы уткнулись в свои тарелки и сделали вид, что кроме еды их ничего не интересует. Ужин с неторопливой беседой через переводчика благополучно закончился, и нас с Борисом с комфортом доставили в гостиницу.



Вунгтау. Сердюков В.М. на камералке

В дальнейшем все работы по испытанию свай проходили под нашим контролем. По окончании работ опять был дружеский обед в воинской части, вот только еще раз попробовать нёк-ман я не отважился, а ее запах еще очень долго не мог забыть. В море, недалеко от строящегося причала береговой базы, на рейде стояли советские корабли, прибывшие для технического обеспечения строительства нефтяных платформ (спасатель «Атмис» из Мурманска, «Капитан Лаптев» из Сахалина, судоподъемный корабль «Витязь» из Ленинграда и другие). Капитаны и матросы наших кораблей периодически отдыхали на берегу в гостинице «Аджип», в которую переселили через полгода и меня из гостиницы «Хао-Бинь».

Однажды часа в 2 ночи меня разбудил аккуратный стук в дверь. Открыв ее, я увидел капитана корабля «Витязь», с которым мы были предварительно знакомы. Он очень сильно извинялся за беспокойство, а постучался потому, что очень сильно захотел пить. Из-за редкого пребывания на берегу в номере у них не было никаких запасов, ни пищи, ни воды. Я моментально вспомнил свою жажду при посадке нашего самолета в Дели, пригласил капитана Федина Виктора Васильевича к себе в комнату и весь остаток ночи мы с ним проговорили за чаем. Он оказался очень приятным собеседником. При последующих встречах я был покорен его интеллектом. Всегда строго подтянутый, корректный, культурный человек, прекрасно говорящий на 4-5 языках. Я с детства представлял капитанов кораблей именно такими.

Забегая немного вперед, скажу, что после моего возвращения из Вьетнама мы с младшей дочерью ездили в город Ленинград. В один из дней, нагулявшись по городу, я вечером в гостинице вспомнил про телефон Виктора Васильевича – набрал его номер, а он оказался, к счастью, дома и скомандовал мне, что бы мы сейчас же были у него. Поскольку была ночь и приказ его в тот же час мы выполнить не смогли, отправились к нему на следующий день. Он встретил нас очень тепло. Его жена сразу взяла мою дочь под опеку, а мы с Виктором Васильевичем проговорили весь день до ночи. Вспоминали разные случаи из жизни во Вьетнаме. Он так же показал мне небольшие фильмы, в которых были сняты разные моменты приема им под командование других кораблей, после его возвращения из Вьетнама. Я с удовольствием убедился, что капитан остался таким же обаятельным человеком, каким был во Вьетнаме.



Сердюков В.М. у ДОТа в районе Вунгтау



*Ленинградские специалисты по установке нефтяных платформ,
и Сердюков В.М.*

Через Виктора Васильевича я перезнакомился с большей частью капитанов наших кораблей в Вунгтау. Они частенько бывали у меня в гостях в номере гостиницы, поодиночке и кампанией по 3-4 человека.

По технической необходимости корабли периодически выходили в море, в район нефтяного месторождения. Вода в море очень прозрачная, дно просматривалось до глубины 50 м, было видно всякую рыбу под кораблем. Моряки с помощью толстой лески, намотанной на руку в перчатке, прямо с борта корабля подводили крючок с насадкой из мяса к морде понравившейся рыбы, которую она нехотя заглатывала. Один раз, таким образом, поймали морскую змею, длиной около 2-х метров. Вытащив ее из воды, моряки испугались и бросили ее на раскаленную от солнца палубу. Она подпрыгивала, извивалась и кусала сама себя в те места, которыми касалась горячей палубы.

Много раз по выходным дням, возвращаясь с пляжа, я у себя в комнате находил компанию друзей – моряков, а на сковородке уже была пойманная ими жаренная ароматная скумбрия, неопишимо вкусная.

Отдыхать на пляж мы ездили в отдельные воскресные дни, причем, загорать и купаться в море можно было только с утра, до 10-11 часов дня. Позже начиналась очень высокая солнечная радиация, пагубно влияющая на организм европейского человека.

Вьетнамские товарищи нас предупредили, что далеко в море заплывать нельзя, поскольку существует сильное береговое течение. Одна из наших дам, лаборантка из г. Калинина, симпатичная женщина, довольно хорошо плавала, любила покрасоваться перед мужиками и довольно далеко заплывала. Однажды ее понесло течением, она перепугалась, начала тонуть и звать на помощь. Я и еще трое мужчин поплыли ей на помощь. Поистине права поговорка «Утопающий за соломинку хватается». Вчетвером мы кое-как с нею справились и дотащили до берега. Спесь с нее, как рукой сняло, и в дальнейшем она плавала как все, поближе к берегу.

Зима на юге Вьетнама является самым жарким периодом года. Температура воздуха в тени зачастую была выше +40°C. Весна и сезон дождей начинается в апреле месяце. Однажды, услышав через окно шум дождя, в 6 часов утра на весь этаж гостиницы я «радостно сообщил», как прокукарекал: «Дождь пошел, ура!!!» За это раннее сообщение я получил выговор от жены топографа нашей группы и обещание пожаловаться консулу, т.к. я ее рано разбудил, а она привыкла спать до 7 часов утра. А потом пошли такие ливни, что сплошным потоком дождя перемкнуло провода трансформатора, стоящего на столбах, на улице. Из-за короткого замыкания в гостинице не было электричества больше недели, кондиционеры не работали, холодильники потекли. Спали на полу в мокрых простынях, которые через час-два мочили под краном водопровода, а продукты (мясо, рыбу) пришлось срочно варить на костре во дворе гостиницы, а потом подсаливать, чтобы не испортились. Вьетнамцы, гуляющие по набережной у гостиницы (местный Бродвей) узнали о нашем «бедственном» положении и кричали через забор: «Лиенсо – хумтод» (русские, плохо вам?!). Что бы они поняли, что у нас все нормально, вечерами и в воскресенье мы собирались в комнате у Виктора Лобача, где он играл на баяне, а мы в десяток глоток распевали наши песни, которые через открытые окна и двери балконов были хорошо слышны на улице. Баян мы «арендовали» у моряков.

Ливни были такие мощные, что когда вытянешь руку из-под навеса, ладонь в струях дождя почти не видно. Черные тучи ходили низко над землей и морем, ветер был такой силы, что однажды, переколотил около десятка рыбацких шхун, стоявших на якорях в заливе напротив нашей гостиницы. Только щепки летели во все стороны. Борис Селезнев в такой момент шутил: «Валера, сейчас снег пойдет и будет метель». Все ливни сопровождалось грозой и молнией страшной силы. Через непродолжительное время природа успокаивалась, дождевая вода быстро уходила в море, вся растительность на глазах оживала. Сгоревший трансформатор электрики заменили, и жизнь вошла в свою колею.

Во время досуга действовал хор из советских специалистов всего городка при гостинице «Победа». Там же проходили вечера по знаменательным нашим и вьетнамским датам. Наш хор выучил даже какую-то песню на вьетнамском языке, к большому удовольствию вьетнамских товарищей. Вьетнамское руководство объединения «Стройизыскания» и «Вьетсовпетро» для специалистов нашей группы несколько раз организовывало туристические поездки из г.Вунгтау по городам юга Вьетнама.



*Ольга Чечет, Каравеева Людмила
Евгеньевна, Сердюков В.М.*



*Сердюков В. и Селезнев Б.
На прогулке*

В одной из таких поездок мы посетили г.Далат, провинция Ламдонг. Это была бывшая французская колония. Западноевропейская архитектура города сохранилась и сейчас. Интересна природа этого района. Поскольку он ближе к 17 параллели, разделяющей страну на 2 части, среднедневная температура воздуха здесь +24-26°C, ночью - +16-18°C. Не нужно ни кондиционеров, ни обогревателей. Природа и растительность похожа на нашу, сибирскую, почва – песчаная и кругом растут высокие сосны.

Исключение составляет только цветущая вишня - саккура. Во время нашего посещения она обильно цвела красивым розовым цветом, местное население усердно обламывало цветущие ветки и дарило их друг другу большими букетами.

Возили нас так же на автобусе в г.Донгтап в провинции Кыуконг, который находится в юго-западной части Вьетнама на берегу реки Меконг. Здесь я увидел море движущейся речной воды, с плывущим по ней множеством тропической растительности, мелких деревьев, всяческих лиан и т.п. Ничего более грандиозного я

раньше никогда не видел. Реку Меконг переплывали на большом пароме, куда вошло много автомашин и всяческих повозок. В прибрежной зоне реки, на мелководье, на отсыпанных из грунта островках, построены на высоких сваях хижины. Жилая часть такой хижины находится наверху, а внизу, под ней, в пространстве огороженного «двора» находится всякая хозяйственная живность (поросята, куры, утки). Сообщаются жители между собой и остальным миром на лодках.

Однажды наблюдал такую картину, плывет женщина на лодке, гребет веслами с помощью ног, а руками в это время что-то вяжет.

Нас очень хорошо приняли. Вьетнамские товарищи организовали импровизированный концерт. На небольшой эстраде они пели песни свои и наши на хорошем русском языке. Здесь стоит отметить, что все русские песни вьетнамские товарищи прекрасно поют на понятном русском языке и что характерно – все слова песен знают до конца. С одной нашей женщиной из группы мы тоже исполнили перед микрофоном несколько советских песен («Подмосковные вечера», «Ты ж меня пидманула» и еще что-то). Акомпанировали нам на гитарах вьетнамские товарищи и дружно подпевали почти все зрители. После небольшого импровизированного концерта, в ресторане гостиницы нас угостили черепаховым супом, который я пробовал впервые в жизни. Суп оказался очень вкусным. На второе подали вареную черепаху прямо в панцире. Верхнюю часть панциря снимаешь, а внутреннюю часть (мясо) ложкой выбираешь. Мне показалось, что вкуснее я ничего в жизни не пробовал, особенно черепаший яйца внутри ее. Провожали нас так же душевно, как и встречали. Из поездки мы вернулись в Вунгтау с небольшими памятными сувенирами.

Возили нас так же в центр атомных исследований во Вьетнаме. Там показали нам не большой атомный реактор-ускоритель, обслуживанием которого занимались физики из Москвы. На момент нашего посещения реактор был отключен и специалисты на нем производили профилактические работы. Они предложили желающим подняться по лестнице на реактор и посмотреть вовнутрь его, поскольку верхний люк был открыт.

Все дружно отказались, а я подумал: «Ну, когда я еще смогу посмотреть в «дырку» атомного реактора?». Быстро одев спецзащиту, состоящую из белого халата и грубых ботинок, я поднялся по двум пролетам металлической лестницы, увидел перед собой сдвинутую круглую крышку большого диаметра и отверстие («дырку») реактора. Внутри это был металлический цилиндр большого диаметра с зеркальной поверхностью стенок, наполовину заполненный какой-то жидкостью.

Над жидкостью в «подвешенном» состоянии было много вертикальных стержней. Удовлетворенный увиденным, я быстренько спустился вниз. Физики рассказали нам, что данный реактор используется для всевозможных опытов с разными сельскохозяйственными растениями и их семенами.

Возили нас так же на экскурсию в город Хошимин. Там мы посетили Военный музей, где выставлено много трофейной американской техники и оружия. Побывали в зоопарке, который занимает обширную территорию, где в вольерах живут обезьяны – гориллы огромного роста, слоны, крокодилы и т. п. Горилла бросал в людей морковкой, которую ему в клетку подкидывали зрители, а если в кого-либо попадал – плясал и смеялся, видимо от радости меткого попадания.

Слон «освежил» зрителей водой из своей купальни, а крокодилов я посмотрел издали. Когда ходили по зоопарку, некоторые вьетнамцы подходили к нам, пощипывали за одежду, улыбались и называли нас «Лиенсо», многие старались



Лобач В. и Сердюков В.

рядом с нами сфотографироваться, особенно девушки. Идет рядышком, плечом к плечу, а ее в это время фотографирует подруга – девушка довольная, улыбается и что-то лепечет. Прожив год в Вунгтау, я повсюду встречал улыбки местного населения и доброжелательное отношение. Здесь следует отметить, что вьетнамцы, как дети, чувствуют при общении с ними, какое к ним у собеседника отношение. Если почувствуют малейшую фальшь – замолчат, замкнутся и отойдут подальше. В гостинице случались разные казусы: выйдет из строя кондиционер, холодильник и т.п. Некоторые советские специалисты со скандалом и размахиванием руками требуют ремонта или обмена техники. Дежурная спокойно записывает заявку в журнал и говорит: «Хорошо ждите».

Это значит, что еще дня 2-3 этот товарищ будет что-то доказывать невозмутимой дежурной и махать руками. А вот если утром с дежурной поздороваешься на вьетнамском языке, улыбнешься ей и объяснишь свою беду, к возвращению с работы вечером у тебя поставлен новый кондиционер, проведен провод через весь коридор гостиницы и поставлена розетка на 220V, куда включен прекрасный японский холодильник.



Вьетнамское уличное кафе

Иногда, из-за поломок, выходила из строя буровая установка. Едешь на ней на местный ремзавод, улыбнешься секретарше, угостишь директора пачкой сигарет, и любой ремонт твоей буровой установке или автомобилю обеспечен в кратчайший срок. К моему удивлению, на заводе всегда находились необходимые запчасти и инструменты, как к базовому автомобилю ГАЗ-66, так и к буровому станку УГБ-50А.

Хочется отметить, что работать на объектах в г.Вунгтау было довольно трудно физически. Воздух изнуряющее - горячий, вокруг песок, в тени до +35-40°C, а на солнце, да еще рядом с морем, где вода как парное молоко и повышенная влажность, вообще тягостно.

Единственная была радость, это когда на попутной шлюпке посетишь какой-либо корабль, стоящий на рейде, как будто побываешь на Родине. Гостеприимные моряки угостят тебя вкуснейшими флотскими щами с кислой капустой, котлетами, холодным кваском. Частенько угощали черным горячим хлебом из своей пекарни, давали муки на пельмени, которые девчата нашей группы готовили на общественный обед.

В повседневной жизни хлеб мы покупали во вьетнамских магазинчиках, где продавались булочки (типа наших саяк) из белой муки. Эти булочки приходилось сначала «разбирать» на кусочки, что бы извлечь из них «мясо». Все дело в том, что вьетнамцы муку предварительно не просеивали через сито, делали тесто из муки прямо из «тарных» мешков, поэтому булочки были наполовину с мучными червяками. Булочки издавали не запах свежесдобитого хлеба, а какой-то тухлятины. Поэтому, горячий черный хлеб с корабельной пекарни был для нас вкуснее пряников, да еще, если он был с тмином или анисом. Вьетнамские хлебопеки, по-видимому, считали такие «мясные» добавки в хлебе положительным фактором, поскольку в рацион их национального питания зачастую входят всякие червячки, жучки, жареные тараканы и т.п. Однажды с переводчиком проходили по спусковым дорожкам береговой базы. Нам пересек дорогу бегущий большой коричневый таракан. Вьетнамец поймал его, попробовал «на зуб» и, сказав «Хумтод» (плохой), бросил его на землю.

На одном из кораблей жила небольшая мартышка. Только поднимаешься на палубу – она, откуда ни возьмись, прыг тебе на плечо. Если зазеваешься, из карманов или сумки вытащит очки, авторучку, документы или другие мелкие вещи и убегает вверх по судовым снастям, а украденные ею предметы считай что потерял.

Некоторые наши геологи, прибывшие в Вунгтау несколько раньше меня, придумали себе «общественно-необходимую» профсоюзную работу с частыми поездками в Хошимин. Вот за ними мне и приходилось переделывать большую часть инженерно-геологических разрезов, сотни колонок буровых скважин. Здесь я понял, что даже за границей, «кто-то пашет, а кто-то только ложкой машет». Многих из них, в связи с сокращением работ в Вунгтау, перевели на север, в Ханой. Среди них уехали мои друзья, прекрасные специалисты-топографы – Виктор Лобач (из Новосибирска) и Игорь Самышкин (из Ставропольского «ТИСИЗа»). В свое время Игорь меня выручил при решении очень трудного для меня вопроса.

Эти два человека, геодезистов с большой буквы, занимались топографической съемкой на труднейшем объекте – трассе нефтепродуктопровода «Винь-Вьетнян», проходящей от побережья Южно-Китайского моря в Лаос, через труднопроходимые горы и джунгли. В содружестве с другими специалистами, при их определяющее активном участии, объект был успешно закончен в срок с хорошим качеством. Вьетнамское руководство многих наших специалистов за эту работу наградило почетными грамотами и медалью «За интернациональную помощь».

За год работы в Вунгтау я обработал материалы изысканий ориентировочно по 14 объектам. Вначале мая 1984 года, успешно написав отчеты по выданным мне объектам, улетел домой в отпуск и доставил в объединение последние мои 5 отчетов. Все отчеты успешно прошли проверку в объединении «Стройизыскания» и выданы заказчикам с хорошим и отличным качеством.



Сердюков В.М. и Новожилов Б.Н.



Лобач В. за разбивкой скважин.

После отпуска

В отпуске я отдыхал почти два месяца, выполняя необходимые работы и решая возникшие за период моего отсутствия проблемы по дому и в саду. За этот период руководство объединения «Стройизыскания» приглашало меня дважды в Москву для уточнения некоторых вопросов по материалам изыскательских работ, выполненных мною в Вунгтау. В объединении я встречался с В.Ф. Калининым, который уже вернулся из Вьетнама, в связи с окончанием его контракта. Он попросил меня после окончания отпуска перейти на контракт с объединением «Союззарубежцветмет» с целью завершения всех изыскательских работ по объектам на севере Вьетнама (в Куйхопе), начатым еще в его бытность начальником экспедиции.

Здесь я хочу сказать несколько слов о жизни уважаемого мною человека. В.Ф. Калинин окончил Томский Ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт, кафедру гидрогеологии и инженерной геологии в начале 50-х послевоенных годов, когда вся наша страна преодолевала беды и разруху, принесенные страшной войной с фашистской Германией.

Через его руки прошли изыскания по крупнейшим объектам Сибири и Дальнего Востока, центральных районов нашей страны, а также ближнего и дальнего зарубежья. Повсюду он пользовался заслуженным уважением, не только как грамотный специалист инженер-геолог, выпускник «сибирской школы геологов», основанной в России еще в начале XX века академиками В.А.Обручевым и М.А.Усовым, но как человек высокой культуры и широко развитого интеллекта.

До командировки во Вьетнам, где он пользовался также всеобщим уважением, Владимир Федорович работал продолжительное время главным инженером объединения «Стройизыскания», возглавляя инженерно-геологическую службу более чем сорока трестов Советского Союза. Поскольку (хоть и значительно позже), я учился также на этой кафедре, а заведующим кафедрой у нас был бывший его «однокашник» (Рогов Г.М.), отказать Владимиру Федоровичу в его просьбе я не смог, и как следствие, в конце июня 1984 года я уже был в своем номере гостиницы «Аджип» в г.Вунгтау.

Для перелета в г. Ханой и продолжения работы на северных объектах Вьетнама, я ждал приказа о переводе меня на новый контракт с объединением «Союззарубежцветмет». В ожидании его и вызова из г. Ханоя, у меня появилось свободное время и возможность более досконально познакомиться с достопримечательными уголками г. Вунгтау, что нельзя было сделать ранее, в период напряженной работы. При отсутствии общественного транспорта в городе, единственным средством передвижения для меня остался велосипед или велорикши. Передвигаться по городу на велорикше советским специалистам было строго запрещено, поскольку это приравнивалось к незаконной эксплуатации труда братского народа. Были неоднократные случаи, когда нарушители этого «негласного запрета» в течение двух суток оказывались в Союзе. Бывало и такое, что кто-то из наших специалистов жалуется, что якобы он устал в этой жаре работать, хочет домой. Тогда кто-либо из более трезвомыслящих его товарищей предлагает: «Так в чем же дело, прокатись на рикше!»

В Вунгтау, в это же время, работали многие специалисты из Европейских демократических государств (ГДР, Чехословакии, Польши и др.), которые с удовольствием и без опасения пользовались услугами велорикши, по моему мнению, очень удобного «малого» транспортного средства для Вьетнама 80-х годов 20-го века.

У нашего вьетнамского переводчика был прекрасный французский велосипед (вьетнамцы их расценивают и гордятся ими, как наши автолюбители дорогими иномарками). И вот я за рулем и на педалях в виде основной движущей силы, а переводчик на багажнике в качестве штурмана, путешествовали по городу. Побывали мы в районе виллы бывшего правителя южного Вьетнама – Тхиеу, которая расположена на изумительном по красоте склоне горы Кондау. Посетили в городе несколько пагод, куда ходить разрешается только без обуви и в «соответствующем внутреннем настроении». Внутри пагод очень красивое убранство и витает приятный аромат восточных благовоний, исходящий от сгораемых палочек, которые ставятся посетителями в определенном месте, как у нас ставятся свечи перед алтарем.

В каждой пагоде имеются свои статуи, изображающие Будду, причем они все разного размера – от небольших до гигантских и находятся в различных положениях. Есть пагоды с Буддой сидящим, есть – с Буддой лежащим и есть пагоды с Буддой стоящим. Как я сам убедился, очень много разных людей посещают эти храмы религии и относятся с должным уважением к Верховному Покровителю.

Вернувшись в Вунгтау из отпуска, я узнал, что в нашей гостинице «Аджип» появился новый начальник охраны по имени Винь. Его вместе с сыном 6-ти лет командировали на юг, а его жена со вторым ребенком осталась в Ханое. Сына звали Фуком, и в свои 6-ть лет он уже ходил в первый класс местной школы.

Проходя как-то мимо этой школы, я понаблюдал, как маленькие ребяташки, стоя на спортплощадке ровненькими рядочками, без всякого баловства, сосредоточенно повторяли за учителем движения каратэ. Здесь я хочу отметить, что во вьетнамских семьях, каждый уже ходячий ребенок имеет свои посильные обязанности, мелкие задания, которые он беспрекословно выполняет, не спеша и без лишних напоминаний, так же сосредоточенно, как детишки на школьном дворе выполняли команды учителя.

Однажды вечером я отправился в соседнюю гостиницу «Красная река», где жили советские специалисты – нефтяники, посмотреть новый фильм, который привезли с одного из наших кораблей. Выйдя во внутренний дворик гостиницы, я

услышал из открытой двери флигеля для прислуги какой-то стон со всхлипываниями.

Заглянув туда из любопытства, я увидел, что маленький Фук лежит на панцирной сетке кровати, голой спиной кверху и привязан к ней по рукам и ногам. Отец стоит рядом с кроватью и обрывком электрошнура хлещет по голому телу ребенка. В углу комнаты сидит другой охранник и, наблюдая эту экзекуцию, что-то приговаривает. Мальчишка зашелся уже в истерическом плаче.

Увидев такие издевательства над ребенком, я вырвал шнур из рук отца, пообещав сделать «экзекуцию» похлеще для обоих взрослых, отвязал ребенка и взял его на руки. Он, содрогаясь от рыданий, «прилип» ко мне, обхватив руками и ногами.

Вьетнамцы видно опешили от моего такого яростного напора, а отец мальчишки, как бы оправдываясь, бормотал: «Он – коббой (хулиган), не слушается», и, видимо, вдобавок, что - то набедокурил.

Я забрал мальчика и вернулся к себе в номер, освежил ребенка под душем, он успокоился и перестал плакать. Потом я его накормил котлетами собственного приготовления, арбузом, угостил конфетами и уложил спать на кровать рядом с собою (хорошо, что она двуспальная). В 6 часов утра его отец, аккуратно постучав в дверь, забрал Фука, поскольку ему надо было идти в школу. Так было дня три: когда я возвращался с работы, Фук приходил ко мне в гости, любил пить чай со сгущенным молоком и с конфетами. Гуляя на улице и увидев меня, он радостно кричал: «Валера!», бежал на встречу и бросался на шею. Вьетнамские прохожие с удивлением и улыбкой за нами наблюдали. Сильно скучая по своим дочкам, я был очень рад общению с этим маленьким существом, с которым мы понимали друг друга без переводчика.

Дня за два до моего отлета в Ханой, мы с Фуком гуляли по набережной вдоль моря. Отец надел ему праздничные брюки, которые сшил своими руками. Я Фука много раз фотографировал, а он с удовольствием позировал. Когда он взобрался на один из камней, у него новые брюки распоролось по шву: спереди и до спины. Он очень сильно расстроился, я как мог, постарался его успокоить, а отцу его объяснил, что это произошло не от хулиганства, а от того, что были плохие нитки. На прощанье я моему маленькому другу подарил свои наручные часы. Он был счастлив.

Переводчику, который сопровождал меня в прогулках по городу, я при отъезде подарил свой фотоаппарат «Зенит-Е», за что он был очень благодарен.

До моего отлета в Ханой группа вьетнамских товарищей (переводчик, буровые мастера и другие рабочие) организовали в ресторане «Пацифик» («Океан») для меня прощальный ужин, где нам подавали вкуснейший суп, жареных омаров и гуляш из кобры. Змею, самую большую и активную, мы выбрали в клетке прямо во дворе гостиницы. В ресторане ее мясо порезали и затушили в каком-то соусе. Все было очень вкусно, а кобра оказалась похожа на кусочки рыбы без костей.

Куйхоп

Прилетев в Ханой в начале августа, я познакомился с новым начальником нашей экспедиции, Новожиловым Борисом Николаевичем, сменившим В.Ф.Калинина. Он был командирован во Вьетнам из Магаданского треста инженерно-строительных изысканий, где работал главным инженером.

Он направил меня в должности главного геолога в группу В.В. Несветайлова, которая базировалась в п.Куйхоп провинции Нгетинь. Во Вьетнам мы с Володией прилетели вместе – меня отправили в г. Вунгтау, а его – сразу направили сюда. На

момент моего прилета в Ханой он был также здесь, поэтому на другой день, отоварившись продуктами в нашем магазине, на автобусе мы отправились в п. Куйхоп, на новое место моей дальнейшей работы.



г. Ханой. Гостиница Кимлиен

Продуктов в автобус мы загрузили достаточно много, поскольку набрали их на «заборные» книжки всех специалистов, работающих в Куйхопе, с таким расчетом, что бы хватило подольше. Кроме всяческих консервов, соков, конфет, сухой колбасы, прихватили с собою в мешках муку и гречку.

В дороге мы провели часов 6-8. По бетонному тракту ехали комфортно, но потом повернули в сторону гор, и пошла уже довольно разбитая грунтовая дорога с клубами красно-бурой пыли, которая, несмотря на закрытые окна и двери, заполнила почти весь автобус. Очень быстро все пассажиры превратились в «краснокожих индейцев». Здесь я вспомнил про «латеритную кору выветривания», характерную для зоны тропиков с отложениями красноземов.

Пересекали вброд множество всяких ручьев и мелких речек, по бокам дороги очень близко подступала тропическая растительность джунглей Индо-Китая. Ветки деревьев настолько низко свисали над дорогой, что автобус под ними пробирался как по тоннелю.

Как мне рассказал В.В.Несветаев, ребяташки из местных деревень иногда вдоль дороги на нижние ветки деревьев подвешивали камни или какие-либо другие тяжелые предметы. Не заметив их, особенно в вечернее время, водители лишались лобовых стекол, часто получали довольно серьезные ушибы и травмы. Началась эта «партизанская баталия» с периода войны с американцами.

По пути следования заехали в деревню, где жили «твердые» геологи из Союза. Они занимались уточнением запасов олова в ранее открытых месторождениях, которых в этой провинции довольно много. Отдали геологам почту, которую захватили для них в Ханое, узнали последние новости и, отдохнув, отправились дальше.

Спустя некоторое время мы добрались на свою базу в Куйхопе. Она расположена на пологом склоне восточного берега небольшого озера с живописным островком посередине. Склон искусственно террасирован. По террасам разбросаны жилые и рабочие корпуса нашей группы и вьетнамского персонала.



На дальнем плане – справа, наша база в п.Куй Хоп, это дерево советские специалисты называли «смерть европейцам». Его цветение совпадало с наступлением жары

На первой террасе находятся жилые корпуса вьетнамского руководства группой и обслуживающего персонала, корпус для выполнения камеральных работ, гараж с автомобильной и буровой техникой. На второй террасе в правильный рядок примостились 4-5 жилых корпусов специалистов нашей группы, различные хозяйственные постройки (насосная, электростанция, баня и т.п.). Вдоль тылового шва первой террасы проложена бетонная дорожка, а вдоль нее советскими специалистами, еще в конце 70-х годов была высажена банановая аллея. Между нашими и вьетнамскими специалистами постоянно шло соревнование по первенству среза плодов бананов после их созревания.

Жилые корпуса представляют собой длинные каменные одноэтажные сооружения (типа барачков), разделенные на комнаты, площадью порядка 20 м² с маленьким туалетом, в котором имеется унитаз и емкость для хранения воды. В комнате 1-2 кровати под пологом, шкаф для одежды, холодильник, 2 стола и 2 стула, под потолком пропеллер вентилятора. Меня подселили в комнату А.Бондаря, геолога из г. Перми. Такое известие он встретил без энтузиазма, но спустя некоторое время, мы привыкли к совместному сосуществованию, питались вместе, а еду готовили по очереди, частенько соревновались – кто приготовит более вкусное блюдо.

Руководитель группы В.В. Несветайлов представил меня всем сотрудникам группы. Со многими из них я работал в Вунгтау. Здесь они дорабатывали оставшиеся 3-4 месяца своей командировки перед отъездом домой, поэтому особой инициативы в работе не проявляли. Мне пришлось им напомнить, что все объекты необходимо закончить к декабрю 1984 г., что выдавать им задания и проверять их выполнение я буду ежедневно. Некоторые из геологов скептически улыбнулись, но напрямую недовольства не выразили.

Ознакомился с объектами и имеющимися по ним материалами (буровыми журналами, колонками скважин, ведомостями лабораторных исследований свойств грунтов, журналами откачек воды из скважин и черновиками разрезов).

Наша группа выполняла изыскания под сооружения горно-обогажительного комбината (ГОК), под дамбу и чашу хранилища, под автодороги и водоотводящие каналы и под другие необходимые объекты. Здесь следует отметить, что все работы по вышеуказанным объектам производились с продолжительными перерывами с 1978 года. С В.В. Несветайловым рассмотрели расстановку специалистов по объектам. Себе я взял самый объемный и сложный объект – «Дамба и чаша хвостохранилища». Следующий объект по трудности и объему обработки «Автодороги и водоотводные каналы» продолжал дорабатывать геолог из Кемерово – С.Ковалев, спокойный и трудолюбивый человек без всяких амбиций. Мы с ним впоследствии стали хорошими друзьями. Гидрогеологические работы с материалами откачек по ГОКу продолжал обрабатывать гидрогеолог из Владивостока – М.Комиссаренко, только делать он это стал в более ускоренном темпе. Оставшихся специалистов подключали в помощь к любому объекту по мере необходимости. Некоторым специалистам, просто «тянущим» время, пришлось напомнить о более добросовестном отношении к работе и предупредить о возможном досрочном их отъезде на Родину. Работа дружно закипела и быстро пошла вперед.

По дамбе и чаше хвостохранилища иногда для увязки разрезов, возникала необходимость бурения дополнительных глубоких скважин на крутых склонах. Для разбивки и привязки скважин на местности я вызывал из Ханоя всегда В.В.Лобача, который прекрасно справлялся с такой задачей в Вунгтау, а здесь, в горной местности с труднопроходимыми джунглями, он был просто необходим.

Чтобы выполнить бурение скважин на склоне, надо было предварительно произвести комплекс подготовительных работ, включающих в себя:

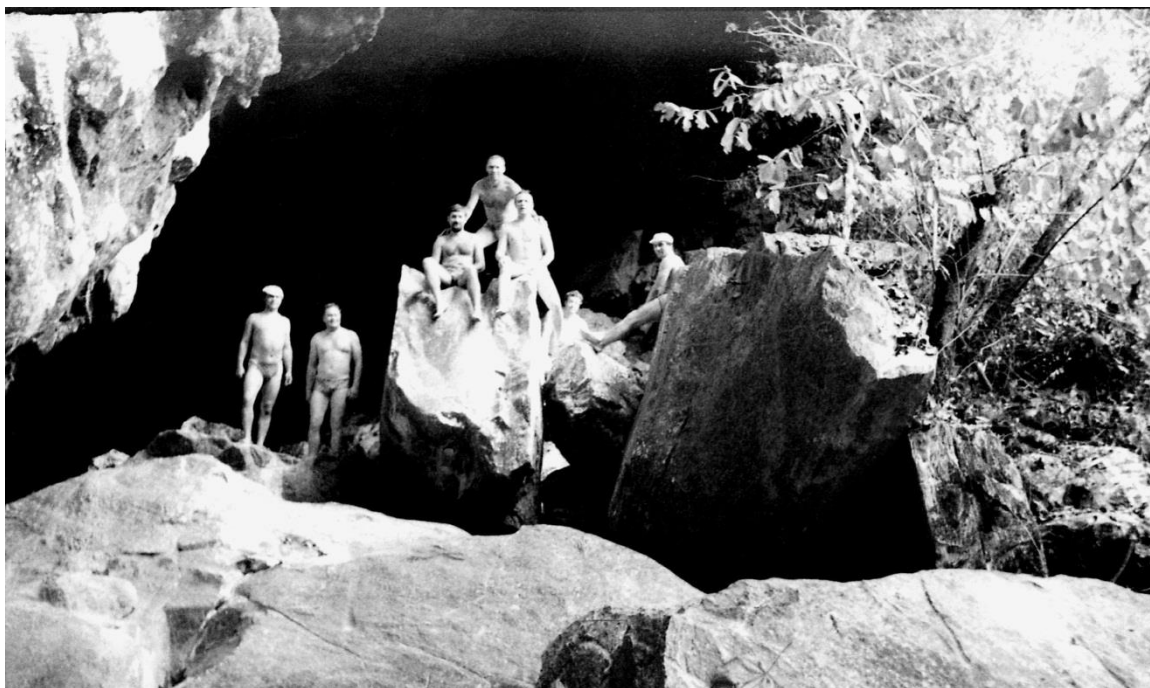
- прокладку подъездной дороги до точек бурения скважин на склонах, крутизной 40-45°, поросших джунглями;
- в точках бурения скважин подготовить горизонтальные площадки для размещения на них буровой установки и вспомогательного оборудования;
- доставить на подготовленные площадки тяжелую буровую установку и все оборудование, необходимое для бурения глубоких скважин с промывкой.

Все эти вопросы решало наше вьетнамское руководство с помощью тяжелых бульдозеров. Геолог и буровая бригада добирались к буровой установке на автомобиле ГАЗ-69. Когда я ездил на нем к буровой установке по такому крутому склону и довольно условно именуемой дороге, меня не покидала мысль, что ГАЗончик вот-вот опрокинется, но наш водитель (Владимир Гусев, командированный из г.Калинина) каждый раз мастерски справлялся со своими обязанностями и автомобилем.

Дамба хвостохранилища для проектируемого ГОКа расположена в межгорном каньоне, проектная высота ее – 80м. Чаша хвостохранилища по проекту попала в живописную долину Бан-Понг, где находилась большая вьетнамская деревня с садами и обширными рисовыми полями. Долина заполнена пролювиально-аллювиальными отложениями с большим процентным содержанием олова. Через всю долину протекает маленькая речка, которая вливается в небольшую расселину в известняковом склоне горы, долго проходит внутри горного массива и выходит далеко внизу у его подножья, из большой карстовой пещеры.

Вырвавшись из долгого заключения, речка с прозрачной и прохладной водой изливается в небольшую долину, раскрывающуюся в широкую предгорную равнину. Ниже выхода речки из карстовой пещеры она перекрыта бетонной переливной плотиной высотой 30-40 м, за нею образовалось небольшое водохранилище, из которого по водоотводным каналам вода самотеком идет на рисовые поля. Мы из Куйхопа иногда по выходным дням на это водохранилище приезжали, что бы освежиться в прохладной водичке.

В Куйхопе при камеральной обработке материалов возникла та же проблема, что и в Вунгтау – объединить в одно целое результаты изыскательских работ, начатых еще в 1978 году. За прошедший период было набурено очень большое количество скважин по коренным породам и рыхлым связным и слабо связным грунтам. Документацию скважин осуществлял не один десяток геологов, по-разному видевших макроскопические особенности грунтов.



Большая карстовая пещера. Наше любимое место для отдыха

По отдельным штрихам, отмеченным при описании грунтов в буровых журналах, по характеру текстуры и структуры, по наличию определяющих включений, цвету и оттенкам, по результатам лабораторных исследований свойств грунтов, полевые материалы разных авторов были приведены к «общему знаменателю». В результате были составлены колонки по всем пробуренным скважинам, исправлены ранее построенные разрезы, составлены новые разрезы, и все они совместно увязаны.

Гидрогеолог более добросовестно продолжал обрабатывать журналы бурения скважин для возможного водоснабжения ГОКа за счет подземных вод, обрабатывал результаты опытных откачек из этих скважин, с подсчетом коэффициентов фильтрации водовмещающих пород.

При выполнении изысканий на одном из объектов в Куйхопе, силами вьетнамских рабочих на площадке было найдено несколько шурфов для документации разреза и отбора монолитов грунтов для лабораторного определения

физико-механических характеристик грунтов, служащих основанием будущих сооружений. Неожиданно пошел дождь, все работы в шурфах были отложены на следующий день.



г.Ханой. Паша Аникин и Бондарь Саша

Приехав утром на объект и спустившись в один из шурфов, геолог (П.Аникин из Липецка) решил лопатой подровнять стенку шурфа. Из нее вывалился комок суглинка, а из образовавшегося в стенке углубления на Павла смотрели два больших немигающих глаза. Немного испугавшись, он тем же комком суглинка залепил дырку «с глазами» и несколько отступив от нее, отобрал все монолиты. Под конец работы комок вывалился, а из дырки выпрыгнула большущая лягушка. Паша от испуга пулей вылетел из шурфа.

Спускаясь во второй шурф, Павел на дне его заметил небольшую змею, которая, видимо, ночью упала в шурф, а сейчас, свернувшись в комочек, «мирно дремала», т.к. погода после дождя была пасмурная и довольно прохладная. Решив, что змея не живая, геолог начал из стенки шурфа вырезать монолит. Комки грунта посыпались на змею, она зашевелилась и подпрыгнула в сторону Павла, отчего он с криком ужаса опять выскочил из шурфа.

Следует рассказать еще об одном случае, произошедшем с ним же. Все привезенные продукты мы хранили в свободной комнате, где организовали небольшой «продуктовый склад». Мешки с мукой и гречкой мы подвесили на большие гвозди, вбитые в стену. Тем не менее, крысы, которых в поселке было уйма, пытались по стене добраться до наших мешков. Идя в комнату за продуктами, мы брали с собою палки и гоняли ими крыс. Однажды одна из них убежала в туалет, там она нырнула в дырку бетонного пола возле унитаза и исчезла. Вдруг за стеной в соседней комнате раздался громкий человеческий вопль, а через некоторое время прибегает Павел (за стеной была его комната), весь перепуганный и рассказывает: «Сижу на унитазе, вдруг слышу, что подо мной что-то хлюпнуло – поднявшись, заглянул в унитаз, а там увидел мокрую голову крысы с блестящими глазками. С испуга сильно закричав, я выбежал из туалета». Услышав это, мы хохотали до упаду, обследовали дыру, куда нырнула крыса и увидели, что труба от унитаза на слив в канализацию была перекрыта куском бетона (видимо от пола), поэтому крыса по

сливной трубе от унитаза соседней комнаты пробралась туда и, вынырнув, испугала хозяина комнаты.

Вьетнамское руководство группы постоянно осуществляло за нами бдительный контроль, на каждого из специалистов была заведена тетрадка, где довольно подробно освещалась жизнь во Вьетнаме каждого из нас. Вьетнамский руководитель группы периодически навещал нас в комнатах, проверяя наличие необходимых продуктов в холодильнике. Когда у нас закончилось мясо, привезенное из Ханоя, он приказал персоналу заколоть для нас свинью из их подсобного хозяйства. Мы из полученного мяса, коллективно налепили пельменей – после возвращения с «поля» и вечерней баньки у нас был общий дружеский ужин. Оставшиеся пласты сала я порезал ножом, обильно по прорезям посолил, начинил чесноком и перцем, плотно завернул в рулет, обернул его в газету, перевязал веревкой и на неделю положил на полку в комнате, а потом на 3 дня в морозилку. На последующий субботний ужин получилась прекрасная закуска.

Вьетнамские товарищи очень любили отмечать всяческие даты – наши и свои праздники, с удовольствием организовывали дружеские приемы, где любили произносить разные тосты. Из наших специалистов самым красноречивым был В.В.Несветайлов, уж очень у него все хорошо получалось!

Наше камеральное помещение находилось чуть пониже по склону, в одной минуте ходьбы от жилых корпусов. Кондиционеров не было, поэтому в камералке всегда гулял сквозняк, т.к. из-за духоты все окна были открыты настежь, вентилятор под потолком кроме постоянного жужжания, ничем не помогал. В связи с этим меня так продуло, что однажды шарахнул мощный радикулит. Нагнулся я над раковиной, чтобы умыться, а вот разогнуться не мог целую неделю. Лечить меня взялся вьетнамский горничный. Протерев поясницу и позвоночник водкой, прокалил на огне большую швейную иглу, протер ее водкой и на пояснице вдоль позвоночника стал прокалывать дырки. Проколет одну дырку и массирующими движениями пальцев рук подгоняет к ней кровь, чтобы она показалась из прокола. В итоге пять точек на пояснице вдоль позвоночника с одной стороны, пять – с другой. Загонит иголку под кожу, я корчусь от боли, а он хохочет. От пяти сеансов такой процедуры мой радикулит исчез. Мой «врач» сказал, что нужно еще пять, но я от них «почему-то» решил отказаться. Самым интересным осталось то, что после возвращения домой, я еще лет двадцать не вспоминал, что такое радикулит.

По большим и длинным праздникам вьетнамские рабочие уезжали к семьям в Ханой. Чтобы техника не простаивала и не затягивались сроки сдачи объектов, мы организовывали из своих специалистов так называемые «офицерские бригады». И когда в праздники мы проезжали с буровой установкой через деревни в джунглях, местное население перекрывало нам дорогу, чтобы пригласить к себе в гости. В одной из деревень наблюдал местный конкурс «Кто за один подход выпьет больше самодельного пива». Пиво они готовили следующим образом: в большой глиняный чан или металлическую емкость засыпали рисовую полосу, немного риса, специальную закваску. Все это содержимое долго бродило. По окончании брожения, на стенке емкости отмечается уровень напитка и через длинные бамбуковые палки-трубочки соревнующиеся отпивают какое-то количество пива, уровень в емкости понижается. Затем каким-либо мерным сосудом в емкость доливается вода до первоначальной отметки. По объему залитой воды определяется объем выпитого пива.



Подчиненные уже лопают, а начальник работает, пикник, Куй Хон, 1984 г.

Участвовать в этом конкурсе я не решился, потому, что неизвестно какая вода была залита первоначально и какая доливалась потом. Вьетнамцы усиленно заверяли, что все это очень хорошо и полезно. Самодельную водку из гороха, батата, маниоки пробовал, но все эти напитки обладают таким «ароматом», что избавиться от него было трудно, даже в течение целой недели. В целом вьетнамская самогонка называется «кукляй».

Население поселка в основном занимается местным ремеслом – резьбой по дереву и кости, рыбоводством, выращиванием овощей и фруктов, всяческими ювелирными и слесарными работами. Множество ювелирных «серебряных» украшений делают из металла сбитых американских самолетов, а «самоцветы» - из простого ограненного цветного стекла. Однажды я уронил свой будильник и он остановился. В.В. Несветайлов отнес его в поселок к знакомому мастеру, который определил, что сломалась ось одной из шестеренок. Пообещав отремонтировать часы, он вручную выточил новую ось, надел на нее шестеренку и будильник служил мне еще вплоть до отъезда из Вьетнама.

Прудов для выращивания рыбы в поселке очень много. Основная рыба, типа толстолобика, амура, сазана, вырастает до весьма крупных размеров. Кормят рыбу пищевыми отходами, рубленой травой, листьями бананов, папайи. Листья целиком бросают в водоем. Однажды вечером у одного из водоемов я наблюдал, как несколько крупных рыбин подплыли к вороху листьев в воде у берега и стали их поедать. Стоял такой хруст, что трудно было поверить, что это рыбка «ужинает».

Я уже говорил, что в большинстве своем вьетнамцы – доброжелательный и веселый народ. Торгуя на рынке, они любят, чтобы с ними обязательно торговались. Торг превращается в акт комедийного действия с множеством зрителей. В результате, объявленную цену можно значительно сбросить, или же купить за нее две - три нужных вещи. В итоге остаются довольными и продавец, и покупатель, а так же участвующие в этом процессе зрители.

Однажды утром выехали на дальний объект на автомобиле ГАЗ- 69. Дорога узкая, грунтовая, а впереди оказался мини трактор с односторонним рычажным управлением и с прицепной тележкой без бортов. На ее открытой платформе сидело

человек восемь девушек и парней, следовавших видимо на сельхозработы. Двигался трактор не спеша, на наши сигналы обгона не реагировал, поскольку не было возможности свернуть, девчата на тележке смеялись и жестикулировали нам руками. На первом перекрестке тракторист все же среагировал на наши сигналы – круто поворачивает трактор, его пассажиры как горох катятся со смехом с платформы тележки прямо в дорожную пыль. Немного отряхнувшись, опять со смехом, сели на свой транспорт и поехали дальше по своим делам. Ни одного упрека или какого-либо замечания в адрес водителя мини трактора я не услышал, все закончилось веселым смехом и приветственными жестами в наш адрес.

Основным продуктом питания для вьетнамцев является рис, аналогично тому, что у нас говорят: «Хлеб всему голова». Во время приема пищи в течение дня они потребляют рис в большом количестве. Варят его, по-видимому, каким-то особым способом, едят с помощью двух палочек, которыми у себя в тарелке или даже на общем блюде, собирают его в небольшие комочки – шарики, с помощью палочек макают их в рядом стоящую пиалу с нёк-маном и спокойно, не уронив ни одного зернышка, отправляют их в рот. Мне показалось, что едят они палочками быстрее, чем мы ложками. Я много раз пытался повторить процедуру обеда по-вьетнамски с палочками, но у меня так ничего и не получилось. Видимо, все это постигается длительным и упорным трудом за обеденным столом. Кроме прямого поедания риса вьетнамцы из него делают множество всяких блюд. Мне особенно запомнились «блинчики по-Сайгонски». В принципе – это наши фаршированные блинчики, только в 2-3 раза меньше по размеру, с фаршем из мяса специально выращенной собаки (шкура их почти без шерсти) и завернутого в блин из рисовой муки. Этот блин настолько тонкий, что даже просвечивает, но не рвется.

Лапша из рисовой муки идет для приготовления супа (суп Фо), куда кладется мелко порезанное мясо курицы, чистое от костей мясо рыбы и много всяких овощей и специй. Этот суп наши специалисты употребляли без опасения, как единственное обеденное блюдо во время длительных переездов на объекты, очень вкусный. Из риса вырабатывают прекрасную водку «Ли мой», одно время широко распространенную и в нашей стране, множество всякого печенья и всевозможных сладостей. При выполнении работ вдали от населенных пунктов, в джунглях, вьетнамские рабочие с собою брали обед из риса («Тормозок»), тщательно завернутый в банановые листья, на второе они съедали 1-2 банана.

Бананы во Вьетнаме являются как-бы вторым хлебом после риса. О них говорят так: «Если ты молодой человек – посади грушу, она успеет вырасти, и ты плоды ее успеешь покушать при жизни. Если ты старый человек – посади банан и его плоды так же успеешь покушать». Вся истина этого изречения в том, что с момента посадки банана до созревания его плодов проходит ровно один год. Как растение, банан похож на нашу кукурузу, только гигантских размеров. К моменту созревания плодов толщина ствола у поверхности земли достигает 30-40 см в диаметре.

Внутри ствола мякоть такая же, как кукурузная – пористо-мягкая. При полном созревании плодов растение срубается, с оставлением пенька в 10-15 см высотой. Ствол банана мелко измельчается и используется на корм животным, а листья, как я говорил раньше – рыбам, или используется в качестве укрывного материала. Весной следующего года из середины пенька, оставшегося от срубленного растения, появляется тоненький росточек, который быстро растет, достигая 3-5 м в высоту. В середине лета у растения появляется 1-2 плодовых початка. Початки быстро растут, укрупняясь в размерах. При длине 0,6-0,8 м початки самопроизвольно раскрываются

и на плодовом основании появляются маленькие, размером с ноготь, более десятка бананчиков, с четырехлепестковыми цветочками на «макушке». Эти цветочки посещают разные насекомые, бананчики начинают усиленно расти, превращаясь в большую гроздь. Дальше возникала «главная банановая проблема» - кто первый срубит грозди с плодами бананов: советские или вьетнамские специалисты? В связи с этим, мы внимательно следили за их ростом.



п.Куйхоп. Застолье на веранде.

По часовой стрелке: Комисаренко М., Свистильникова А. Несветайлов В., Гусев В.,, Ковалев С., Сердюков В.М, и Коломейцева Г.

Однажды, при совместном ужине на веранде в одну из суббот, наше внимание привлек неожиданно зашевелившийся банан с крупными гроздьями плодов – растение вдруг с шумом упало. Мы вскакиваем из-за стола и в момент появляемся в банановой аллее. Вокруг совершенно никого не обнаруживаем, а банан, аккуратно спиленный, лежит на земле, гроздь с плодами еще не тронута. Срезав гроздь, мы ее забрали с собой и довольные своим трофеем, продолжили ужин. В случаях, когда плоды срубленных бананов были недозрелыми, мы их закладывали за холодильник, где от горячей решетки испарителя они быстро дозревали. Иногда, забыв об их существовании, перезревшие плоды выбрасывали.

К концу октября обработка материалов изысканий по объектам стала приближаться к завершению, возникла необходимость в машинописных работах, поэтому мы стали компоновать все документы пообъектно и собираться в Ханой. Выезд запланировали на 8 ноября, после торжественного приема в честь 67-й годовщины Октябрьской Революции.

Ночью по северу Вьетнама прошел мощный тайфун, который выплеснул на землю огромное количество воды. Вода с гор изливалась в долины сплошными потоками. Маленькие ручейки, которые мы пересекали на автобусе вброд, превратились в трудноодолимые реки. В связи с этим, выезд из Куйхопа пришлось отложить на пару дней. Тайфун постепенно утих, вода быстро скатилась в долины.

Движение по дороге, достаточно разбитой до тайфуна, превратилось в преодоление водных преград. Добравшись до бетонного тракта, проходящего по равнинной местности, мы увидели какой большой ущерб нанес тайфун местному населению. Вдоль дороги встречались полуразрушенные небольшие дома, хижины, некоторые из них затоплены до крыш.



Типичный вьетнамский пейзаж

На месте рисовых полей образовались большие по площади озера, в которых люди в воде по пояс, серпами жали под водой стебли риса, поднимая их из воды, связывали в небольшие пучки-снопы, и на палках (как на коромыслах) выносили на возвышенное сухое место и раскладывали на земле для просушки. Не каждый из нас смог поднять на плечи коромысло с таким грузом, а вьетнамские женщины с необъяснимой легкостью и грацией (как нам показалось) носили свой урожай по узеньким тропинкам, разделяющим рисовые чеки.

Дорога в Ханой показалась нам намного длиннее, чем когда ехали из него в Куйхоп. В Ханое в этот период многие советские специалисты должны были улетать домой, собрали все свои вещи, вьетнамские сувениры, книги, уложили их в картонные коробки и хорошо увязав, сложили на полу в своих комнатах. Вечером немножко выпили за совместную работу, произнесли прощальные тосты и легли спать. Ни прошедшего тайфуна, ни ливня они, конечно, не слышали, а вода залила в гостиницах все комнаты первых этажей, поднявшись на высоту 1 м от пола. Поднятые ночью по тревоге вьетнамские служащие гостиниц увидели, что спящие на кроватях специалисты плавают на них по комнате, как на плотках. Хорошо, что кровати были сделаны из мощных брусков древесины и смогли выдержать вес человека. Все собранные в дорогу вещи оказались под водой и стали практически непригодными. Хорошо, что этот природный катаклизм обошелся без человеческих жертв, но принес вьетнамской санитарной службе много хлопот, а нашим специалистам невозполнимые потери.

При таких сложных природных обстоятельствах мы благополучно добрались до Ханоя, расселились по свободным комнатам в корпусах гостиниц. Мне снова «повезло» — опять попал на подселение. Утром, захватив свой «драгоценный бумажный багаж», привезенный из Куйхопа, мы со всем коллективом экспедиции на автобусе отправились на работу в офис. Там мы с В.В.Несветаловым доложили

начальнику экспедиции о положении текущих дел и всем нашим дружным коллективом приступили к завершающей стадии работ по объектам Куйхопа.

Прежде всего, большой объем текстовых приложений к отчетам (колонки скважин) отдали в машинопись, а над текстом отчетов и графикой к ним продолжали усиленно работать. Начальник экспедиции обязал нас работать даже после ужина и почти каждый вечер, в 22-23 часа он ходил по комнатам с проверкой нашей трудовой деятельности. При очередном обходе 19-го ноября он не обнаружил меня дома, а на утреннем «разводе» у автобуса на следующий день по этому поводу высказал мне свое неудовольствие. После моего объяснения о том, что был день артиллерии (а я по военной специальности артиллерист) и в этот день у моей жены День рождения, он видимо простил мне мой вечерний «прогул».

В этот заключительный период трудовой деятельности в Ханое у меня был очень напряженный график работы и отдыха. Подъем в 7.00 утра, утренний туалет, завтрак. В 8.00 утренний «развод» у автобуса, отъезд в офис, где до 12.00 напряженная без перекуров работа. В 12.00 на автобусе едем на обед, после обеда с 13.00 до 14.00 успевал вздремнуть, 14.00-17.00 – работа в офисе, 18.00-19.00 – ужин и непродолжительный отдых дома, 19.00-23.00 – домашняя работа с документами, 23.00-5.00 – ночной отдых, 5.00-7.00 – утренняя работа с документами, 7.00-8.00 – подъем, утренний туалет и завтрак. И опять все по кругу. Такой изматывающий режим работы-отдыха продолжался вплоть до Нового 1985 года, выбивал из нормальной жизненной колеи, нервы были на пределе. К этому еще следует добавить постоянного «подгонялу» в лице начальника экспедиции Б.Н.Новожилова. В итоге я был вынужден ему сказать, что его услуги в качестве «кнута» меня совершенно не устраивают, тем более, что закончить все объекты по Куйхопу в 1984 году я пообещал В.Ф.Калинину. Начальник от меня отстал и далее был более лоялен.

Чтобы как-то сгладить такой напряженный режим работы вьетнамское руководство экспедицией организовывало для нас туристические поездки по ближайшим к Ханую интересным местам. Побывали мы на родине Хошимина, посетили его мавзолей, заехали в г.Хайфон. На родине Хошимина нашу группу принимали в литературном институте имени А.С. Пушкина. После осмотра института и ознакомления с историей его создания, вьетнамской стороной был организован шикарный прием для специалистов нашей группы, преподавателей и студентов института. Обслуживали нас прекрасные девушки (студентки института) в красивой национальной одежде, которые ходили по залу с постоянной приятной улыбкой. В теплой и дружественной обстановке было произнесено много разных тостов, большинство из которых были за вьетнамо-советскую дружбу и с пожеланиями крепкого здоровья. Здесь я впервые попробовал кокосовый сок прямо из ореха, через вставленную в него трубочку. Сок мне очень понравился, он сильно напоминает наш березовый сок. После приема, тепло распрощавшись с хозяевами, мы отправились в Ханой.

Мавзолей Хошимина мне показался несколько крупнее мавзолея Ленина и более глубоким. Часовые при входе в мавзолей как бы пронизывают тебя взглядом. За мавзолеем находится сад из грейпфрутовых деревьев, небольших по высоте, но с большим количеством плодов, которые как большие золотые шары свисали прямо до земли. Здесь же находится большой прекрасно обустроенный пруд в гранитных берегах, а в нем плавает очень крупная рыба. К воде спускается много гранитных ступенчатых лестниц, возле каждой из них находится гонг с ударником и емкость с кормом для рыбы. Спустившись по ступенькам до уровня воды, я ударил в тарелку гонга, ко мне подплыла большущая рыбина, прямо к ступеньке. Из одной руки я ее

кормил (корм она всасывала, причмокивая), а другой рукой гладил чешуйчатую спину рыбы. Я никогда не представлял, что рыба может быть ручной и есть корм прямо из рук человека как поросенок.

В Хайфоне мы были недолго, поразил меня порт с огромным количеством крупных и мелких кораблей и рынок с изобилием всяких товаров, о существовании которых я раньше и не предполагал. Здесь я купил себе книгу «Эрмитаж», прекрасно изданную, но на английском языке. Остается только сожалеть, что с моими «познаниями» языка практически невозможно прочитывать пояснительный текст к репродукциям.

На базе, где находился наш офис, я однажды наблюдал, как приготавливают водочную настойку на змеях. Делали вьетнамцы ее для нашей переводчицы по имени Туэн. У пяти специально подобранных небольших змей (уже с удаленными ядовитыми зубами) вспороли простым лезвием брюхо, выбросили внутренности, отдельно сложив в сторону их желчь. Затем этих змей, которые были еще живые, аккуратно в определенном порядке положили в стеклянную банку с широким горлом (емкость ее около 3-х литров), кольцами вдоль стенки. В середину колец из змей положили их желчь. Потом в банку аккуратно залили водку («Ли-мой»), с таким расчетом, чтобы она закрыла змей. Эта настойка выдерживается до тех пор, пока мясо змей и их желчь не растворятся полностью. Оставшиеся шкуры змей выбрасываются, жидкость фильтруется и разливается по бутылкам. По словам вьетнамцев, эта настойка восстанавливает «мужскую силу». На вопрос к Туэн зачем ей это «снадобье» она сказала, что будет лечить мужа.

В порядке шутки, наши ребята спросили: «А зачем тебе больной муж, когда вокруг много одиноких здоровых советских ребят-специалистов», на что она улыбаясь ответила: «Много хочешь, но мало получишь». В свое время она окончила Московский Педагогический институт имени А.С.Пушкина, обладала прекрасным голосом и знала очень много хороших наших песен, которые иногда пела перед нами.

За время моей работы в Куйхопе В.Ф. Калинин в Москве смог оформить вызов для поездки во Вьетнам моей жене и дочери. Во вновь построенном доме в Ким-Лиене мне для семьи была выделена 2-х комнатная квартира, где даже цвет стен был заказан специально. Вселиться в эту квартиру мне так и не довелось, потому что детский врач в Союзе не разрешил выезд дочери во Вьетнам по причине ее аллергии.

В период моего пребывания в Ханое (ноябрь-декабрь), мы часто встречались с В.В. Лобачем, с которым работали и подружились еще в Вунгтау. В Ханой к нему прилетела жена с сыном и дочкой, жили они рядом в параллельно расположенном корпусе гостиницы на 3-м этаже. Чтобы не досаждать его семье, мы с ним по выходным иногда встречались за дружеской беседой у меня в гостинице, где я жил на первом этаже. Много раз было так, что только я соберу на стол все необходимое для общения, открывается дверь моей комнаты и на пороге стоят дети Виктора: «Папа! Мама срочно зовет тебя домой». Я долго не мог понять, как они могли уловить такой ответственный момент, пока однажды с его террасы на 3-м этаже не увидел свое окно, через которое было все видно, как на экране телевизора. В итоге получалось так, что только мы с Виктором садимся за стол (под электролампочкой), его жена, увидев это со своей террасы, срочно отправляет детей за папой. Она почему-то не была сторонницей наших дружеских встреч, хотя при этом мы ничем не злоупотребляли.

К концу декабря 1984 года все камеральные работы по объектам Куйхопа были закончены, отчеты написаны. Все материалы изысканий были сброшированы пообъектно и подготовлены к отправке в Союз. В командировку с отчетами решили отправить меня. Собираясь лететь в Москву, я все свои вещи упаковал в коробки, все документы по выполненным объектам и отчетные материалы сложил в объемный рюкзак. Помня историю с тайфуном и его внезапности, я весь свой багаж до отъезда в аэропорт держал на столе.

В подарок жене и детям я купил два большущих ананаса, немного недозревших. Вылет самолета по метеоусловиям, к сожалению, задержали на двое суток. В Москву я прилетел 5 января 1985 года. При прохождении таможи сотрудники открыли мой портфель, а там лежали уже прекрасно созревшие два ананаса, издававшие удивительный аромат. Один из таможенников объяснил мне, что согласно требованиям таможенного надзора фрукты, семена и т.п. ввозить в страну без медицинского сертификата запрещено, поэтому мои ананасы он «прихватизировал». Отойдя не далеко от меня, он по телефону звонит: «Коля, быстрее спускайся, поступили свежайшие ананасы!».

Старшая дочь, встречавшая меня в аэропорту, все это наблюдала, а услышав это приглашение, закричала: «Папа, они сейчас наши ананасы жрать будут!» Такое известие, оглашенное на все помещение таможи, очень «огорчило» ее служащих, и они начали очень «усердно» проверять мои коробки с вещами, вскрывать банки с растворимым кофе, произвели мой личный досмотр. Ничего не обнаружив криминального, служащие таможи уже по другую сторону «границы» сбросили все просмотренные вещи в кучу со словами: «Все нормально, убирайте» – пропустили меня через границу. Мы с дочкой потом еще часа два выброшенные вещи снова раскладывали по коробкам и увязывали их. Во Владимир мы уехали на удачно попавшемся попутном автобусе, который довез нас прямо к подъезду дома.

На следующий день на электричке я приехал в Москву и доставил в объединение «Стройизыскания» тяжелый рюкзак с отчетными материалами по изысканиям на 4-х крупнейших объектах в п.Куйхоп. Защита материалов изысканий, объединяющих многолетний труд советских специалистов на севере Вьетнама, прошла успешно. По результатам защиты три объекта выданы заказчику с оценкой отлично, один – с оценкой хорошо. В Москве я прожил ровно месяц.

Успешно свалив с себя «тяжелую ношу», принятую по просьбе В.Ф. Калинина, я поехал во Владимир с целью решить вопрос поездки во Вьетнам моих жены и дочери. Детский врач долго колебалась в принятии решения, но потом категорически отказалась сделать дочери прививку и выдать соответствующие документы на выезд. Я сейчас часто думаю, что возможно я был недостаточно настойчив и дальновиден тогда при решении важного семейного вопроса. После получения нерадостного результата моих переговоров с врачами, настроение дома было пакостное, т.к. в мыслях мы уже все вместе давно были во Вьетнаме.

Наблюдая за моим довольно усталым видом и несколько нервным состоянием, учитывая неблагоприятный вывод врачей в отношении дочери и заработанную мною во Вьетнаме паховую грыжу, моя жена решила, что мне больше не надо лететь в командировку во Вьетнам. Недолго поспорив с женой по этому вопросу, я был вынужден отправиться в Москву в объединение «Союззарубежцветмет» и досрочно расторгнуть контракт. Там на меня смотрели как на чудака. Все стараются попасть на работу за границу всяческими путями, а я приехал отказаться от продолжения работы. Начальник экспедиции Б.Н. Новожилов в начале февраля 1985 года для решения производственных вопросов прилетел в Москву. Вызвав и меня туда, он

предложил мне вместе с ним вернуться в Ханой, для дальнейшего продолжения работы во Вьетнаме и с возможной командировкой в Кампучию. Билеты на самолет он мог заказать прямо сейчас. Мне, конечно, было очень приятно его предложение, но я с сожалением ему объяснил, что контракт я расторг и уже неделю работаю главным геологом во «ВладимирТИСИЗе».

Б.Н. Новожилов улетел в Ханой, и следующая встреча с ним была летом 1989 года, когда мы с младшей дочерью посетили Ленинград, встречались с капитаном корабля «Витязь», а потом побывали в гостях и у бывшего начальника экспедиции.

Завершающим моментом моей двухгодичной работы во Вьетнаме стало награждение меня правительством Вьетнама медалью «За интернациональную помощь», которую мне вместе с Почетной грамотой вручили в объединении «Стройизыскания» в Москве летом 1985 года. Но мои взаимоотношения с Вьетнамом на этом не закончились. Летом 1986 года в наш трест из объединения «Стройизыскания» по инициативе В.Ф. Калинина, направили на 3-х месячную практику вьетнамского геолога. Приняли его очень тепло, занимался с ним в основном я, подучили его, чему смогли и тому, что он смог воспринять, проводили домой во Вьетнам, одаренного всего подарками. Летом 1989 года раздается звонок в дверь моей квартиры. Открываю ее и вижу на площадке улыбающегося вьетнамца, который протягивает мне конверт. Приглашаю его войти, вскрываю конверт, а в нем оказалось письмо от нашего переводчика из Вунгтау, написанное на прекрасном русском языке и довольно красивым, понятным почерком. В своем письме мой вьетнамский «гид» сообщал, что во Владимир на работу направлен его племянник по сестре – Нгуен и просил оказать ему, по возможности, посильную помощь.

От Нгуена я узнал, что работает он на Владимирском тракторном заводе учеником токаря, живет в общежитии недалеко от нашего дома. Вместе с ним работают на заводе и проживают в общежитии очень много вьетнамских рабочих. Жена пригласила его за стол, накормили обедом, напоили чаем с пирожками. Через день он пришел еще, но уже с двумя своими товарищами, через неделю – с четырьмя. Хорошо, что я немножко освоил во Вьетнаме их язык и как-то более деликатно объяснил ему, что мы с женой не в состоянии делать такие частые "приемы" для него и друзей.

Какое-то время он в гости не приходил, не помню как, но я узнал, что на работе он нарушил технику безопасности, и ему на токарном станке оторвало на руке палец. Лежал он в областной больнице, я навещал его там раза два, спустя некоторое время Нгуена выписали. Зимой он навещал нас редко, но на вьетнамский Новый год (ТЭД), который был в первых числах февраля, он пригласил меня в общежитие и познакомил со своими товарищами. Из приглашенных еще были девушки, которые приехали во Владимир из Якутии на учебу в пединститут, вьетнамцы умудрились с ними перезнакомиться. Было весело, пели песни на разных языках, причем, хочу еще раз отметить, что вьетнамские товарищи знали много советских песен, от самого начала и до конца исполняли их с большим удовольствием.

Весной 1990 года, Нгуен пришел в гости с вьетнамской девушкой, сказал, что это его невеста и привез он ее из г. Барнаула. Там она работала по направлению из Вьетнама швейей-мотористкой, направляя на работу в Союз, их разлучили. Привезя ее во Владимир, Нгуен решил на ней жениться. Свадьбу назначили на конец июня, новобрачные меня пригласили на свадьбу в обязательном порядке, но погулять мне на ней не пришлось, потому, что у меня на Кубани скорострительно скончалась мама и мы с младшей дочерью Наташей туда срочно вылетели 25 июня 1990г. Нгуена предупредить об отлете я не успел, он сначала обиделся на меня за отсутствие на его

свадьбе, но узнав причину от моей жены, он оставил мне на память фотографию, где они с невестой стоят посредине всей свадебной вьетнамской компании у Успенского Собора. Больше мы с Нгуеном не встречались, т.к. вскоре все командированные вьетнамские рабочие улетели домой.

В заключении хочется сказать, что за два года моей напряженной работы во Вьетнаме, я познакомился с массой приятных и доброжелательных людей, как с вьетнамской стороны, так и со стороны многих наших соотечественников и руководящих специалистов объединения «Стройизыскания», которые довольно часто навещали нашу группу, особенно в Вунгтау. Никогда не забуду начальника экспедиции В.Ф. Калинина, умного, дальновидного руководителя и прекрасного специалиста-геолога, М.А. Солодухина – главного инженера «ЛенТИСИЗа», две книги которого по инженерным изысканиям для строительства были у меня настольными в течение всего периода моей работы во Вьетнаме. С главным специалистом по инженерной геологии Ю.Д. Матвеевым и главным гидрогеологом объединения А.В. Банниковой кроме строго производственных отношений, поддерживали дружеские, товарищеские взаимоотношения. Все они оказали мне значительную помощь в познании «морской» геологии Вунгтау при обработке материалов изысканий по многим площадкам.

С большой теплотой вспоминаю семью Плехановых из «ГорьковТИСИЗа», которые давно жили в Ханое, доброжелательно встретили меня, дали много полезных советов, необходимых для жизни и работы во Вьетнаме, а при моем отлете в Вунгтау выделили небольшую часть посуды первой необходимости, которую надо было привезти с собой из Союза. В.В. Лобача в 1987 году, после окончания его контракта, я смог «заманить» на работу в филиал треста в г.Муроме, где он получил трехкомнатную квартиру и возглавлял инженерно-топографическую службу отдела в течение длительного времени. И здесь он так же проявил себя спокойным, уравновешенным человеком и очень грамотным специалистом. В свое время он окончил Новосибирский институт НИИГАиК, много времени работал на Дальнем Востоке нашей страны и во Вьетнаме, где мы с ним познакомились и подружились. Во Владивостоке встречались очень часто, его дети нам уже не мешали: вечерами пели песни под гитару почти до рассвета, моя младшая дочь очень любила такие посиделки, она помнит все наши песни и сейчас. Иногда на таких дружеских встречах присутствовал и наш вьетнамский руководитель группы, а теперь уже хороший товарищ – В.В. Несветаилов, которого иногда «попутным ветерком» заносило в г.Владимир.

Дружеские воспоминания, песни под гитару и прекрасное состояние души при этом, останутся в памяти на все оставшиеся годы жизни. Моя жена так же с большим уважением относилась к Виктору Владимировичу, считая его одним из лучших моих друзей.

В октябре 2012 года из-за болезней, полученных за период своей беспокойной жизни изыскателя, он был вынужден выехать в сопровождении дочери на лечение в Израиль, где в одной из клиник скоропостижно скончался. Дочь похоронила его в Новосибирске, где в настоящее время проживают его родители. Гитара, на которой он любил играть, и под которую мы пели свои песни, висит на стене, и только мой внук теперь на ней берет «первые аккорды».

Со многими моими сослуживцами по Вьетнаму, геологами, топографами, геофизиками, лаборантами, из Перми, Ставрополя, Пскова, Тулы, Краснодара и др. и сейчас поддерживаю теплые дружеские отношения.

Здесь хочется также рассказать о И.И. Самышкине, с которым мы работали и подружились в Вунгтау. Он топограф, приехал из Ставрополя, в детстве мы жили в одном городе – Невинномысске. Также очень грамотный специалист, доброжелательный, но очень твердый в своих убеждениях человек. С ним, а в последствие и с его семьей, мы общались и сейчас общаемся, как самые близкие родственники, неоднократно были в гостях друг у друга, постоянно созваниваемся по телефону.

Не забывает меня и Б.В. Селезнев, геолог из «ТулаТИСИЗ», который под моим непосредственным руководством выполнял полевые работы в Вунгтау, много раз встречались с ним после Вьетнама. Однажды были вместе с ним и В.В. Лобачем на курсах по метрологии и внедрению систем ИСО в изысканиях, организованных объединением «Стройизыскания». Курсы проходили в п.Варвариха под Москвой, жили мы там в прекрасном профилактории, а по вечерам Борис Васильевич давал нам незабываемые концерты на фортепиано, которое стояло там в красивом зале.

С В.В. Несветайловым у нас сложились, конечно, самые постоянные и продолжительные дружеские контакты. Начиная с того, что мы с дочерью дважды отдыхали на турбазе «СевкавТИСИЗа» в бухте «Инал» на Черном море, а Владимир Васильевич нас встречал на вокзале, познакомил с г. Краснодаром, а потом и провожал домой.

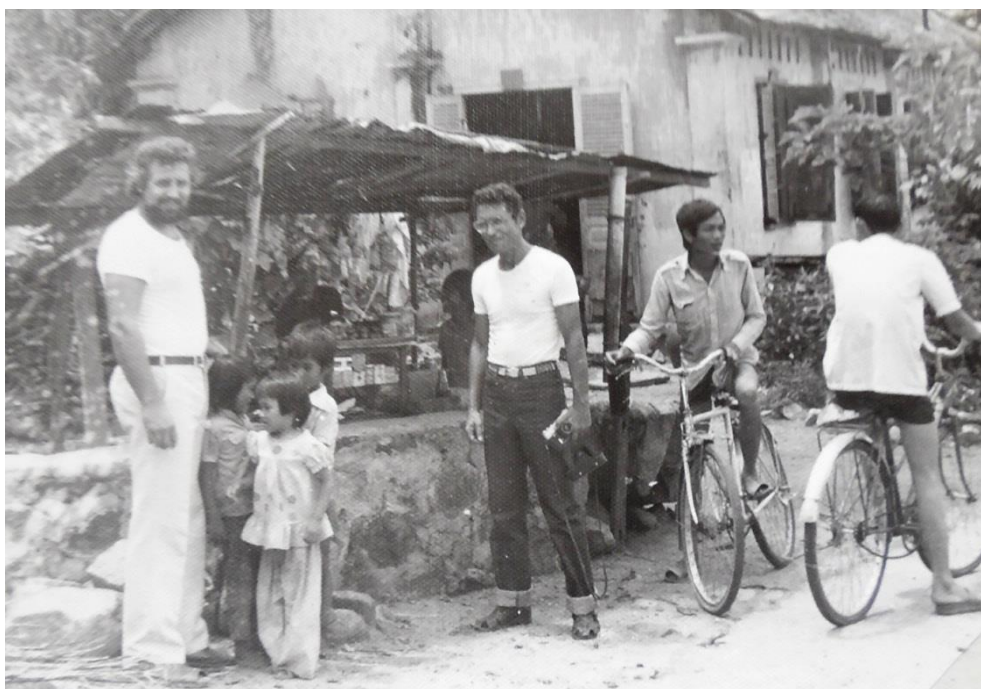
После разрушительного землетрясения в Армении, В.Ф. Калинин собрал воедино почти всех специалистов-геологов нашей группы для выполнения изысканий под строительство разрушенного жилья, хозяйственных и промышленных объектов. Большая часть ребят из нашей группы откликнулись на его призыв и еще раз показали дружную работу сплоченного коллектива изыскателей. Владимир Федорович прислал вызов и мне, но при всем уважении к нему, я не смог выполнить его просьбу из-за смерти моей мамы.



*Несветайлов В., Лобач В.,
Сердюков В.
г. Владимир. Январь 2012г.*



Сердюков В. и Лобач В.



Борис Селезнев и Игорь Самышкин



г. Владимир. Несветайлов В.В. и Сердюков В.М. Октябрь 2013г.

В.В. Несветайлов так же успел там получить трудную и опасную долю работы изыскателя в весьма тяжелых и опасных условиях. После Вьетнама и Армении у него была очень интересная работа, с длительными увлекательными командировками по всей нашей стране, почти из каждой он сообщал мне свои краткие новости. Попутно он смог посетить очень многих наших общих знакомых по работе во Вьетнаме, являясь как бы связующим звеном между всеми нами. Я всегда с радостью встречал его во Владивостоке, и с хорошим чувством зависти и с

грустью наблюдал за ним, когда он с улыбкой взваливал свой объемный рюкзак за спину и уезжая, бодро махал мне рукой. Он частенько приглашал меня с собой, предлагал очень интересную работу, но два перенесенных инсульта не позволяли мне улететь с ним в Сибирь, на Дальний Восток. Мои дочери и жена строго наблюдают за моими передвижениями, не отпуская одного далеко и надолго.

При редких встречах с друзьями по Вьетнаму за дружеским столом, всегда вспоминаю мой вьетнамский тост: «Давайте выпьем за то, что бы при встрече в Союзе, мы не переходили на другую сторону улицы, а протянув друг другу руки и глядя в глаза, с улыбкой сказали – здравствуй, дорогой!» При этом не забываем и традиционный вьетнамский тост: «Чук, чук, куэ» - за здоровье присутствующих!

Март 2014 г. Владимир

Послесловие. В декабре 2014 года В.М. Сердюков был приглашен в посольство Вьетнама в г. Москве на торжественный прием, посвященный празднованию 70-летия Вьетнамской Народной Армии. Прием проходил в теплой, дружественной обстановке, в нем участвовали военные и гражданские высокопоставленные лица, состоялся концерт и фотографирование с послом и военным атташе Республики Вьетнам.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

РАВНОВЕСИЕ ХЛОРИДНЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ РАССОЛОВ ОЛЕНЁКСКОГО КРИОАРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА С ОСНОВНЫМИ ПОРОДООБРАЗУЮЩИМИ МИНЕРАЛАМИ

С.В. Алексеев¹, Л.П. Алексеева¹, С.Л. Шварцев^{2,3}, Н.С. Трифонов^{2,3}, Е.С. Сидкина⁴

¹ *Институт земной коры Сибирского отделения РАН, Иркутск, Россия, E-mail: salex@crust.irk.ru*

² *Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения РАН, Томск, Россия, E-mail: tomsk@igng.tsc.ru*

³ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: trifonovnik@mail.ru*

⁴ *Институт геохимии РАН, Москва, Россия, E-mail: sidkinaes@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты физико-химического моделирования равновесия хлоридных высокоминерализованных подземных вод с карбонатными, сульфатными и хлоридными минералами. Установлено, что для крепких рассолов Оленёкского криоартезианского бассейна, расположенного на северо-востоке Сибирской платформы, характерно недонасыщение относительно основных породообразующих минералов. Этот факт дает основание предполагать разбавление метаморфизованных седиментационных рассолов на определенном этапе эволюции криолитозоны бассейна в криохроны и термохроны позднего плейстоцена и голоцена.

Abstract. In the article it is presented the results of physico-chemical modeling of equilibrium of the chloride ground brines with carbonate, sulphate and chloride minerals. It was found that strong brines of the Oleniek cryoartesian basin, which locates in the north-east of the Siberian platform, are undersaturated by the main rock-forming minerals. It may be due to dilution of metamorphosed sedimentary brines at a certain stage of cryolithozone evolution in the basin during Late Pleistocene and Holocene cryochrons and thermochrons.

Введение. Проблема генезиса крепких хлоридных кальциевых рассолов требует понимания причин взаимосвязи минерализации (солености) подземных вод и содержания основных компонентов, формирующих химический состав, определения степени насыщения подземных вод относительно водовмещающих пород, выяснения равновесности-неравновесности системы, в которой происходят процессы взаимодействия подземных вод и горных пород и преобразование состава рассолов. Состав и степень минерализации подземных вод зависит от многих факторов и процессов (геоморфологических и ландшафтных особенностей, состава вмещающих пород, гидродинамических и геокриологических условий, интенсивности биологических процессов и процессов криогенеза и др.). Для подземных вод повышенной минерализации – соленых вод и рассолов – особую роль играет интенсивность водообмена, т.е. время соприкосновения воды с горными породами, глубина и длительность миграции (Шварцев, 1998, Геологическая..., 2005). Ранее при изучении подземных рассолов Тунгусского артезианского бассейна, геологический разрез которого характеризуется региональным распространением соленосных отложений, а рассолоносные гидрогеологические формации тесно связаны с галогенными пластами, установлено, что равновесность рассолов с эвапоритовыми минералами предопределена их присутствием в рассолоносных толщах и контактом с водовмещающими породами в условиях затрудненного и весьма затрудненного водообмена (Букаты, 1999). Равновесие в геохимической системе, претерпевающей глубокую метаморфизацию, поддерживается на протяжении всей геологической истории. С некоторыми из породообразующих эвапоритовых и биогенных минералов в составе соленосно-карбонатных пород (кальцитом, доломитом, гипсом) равновесны

почти все рассолы, с другими (стронцианитом, сильвином) только подземные воды определенной минерализации (слабые и крепкие рассолы или крепкие и предельно насыщенные).

Оленекский криоартезианский бассейн (КАБ) сложен преимущественно терригенно-карбонатными и карбонатными породами, прорванными многочисленными кимберлитовыми и трапповыми телами. Здесь отсутствуют мощные выдержанные пласты каменной соли и типичные для Сибирской платформы хлоридные натриевые рассолы регионального распространения. Подземные воды представлены солеными водами и рассолами хлоридного кальциевого или магниево-кальциевого состава. Зона активного водообмена полностью заморожена, а в зоне затрудненного водообмена находятся подземные соленые воды и рассолы с отрицательной и положительной температурой. Трещины в горных породах заполнены цементными и инъекционными подземными льдами. Величина объемной льдистости пород составляет 10-30 %, а в отдельных горизонтах достигает 40-50 % (Алексеев, 2009).

Цель настоящей работы – на основе физико-химического моделирования равновесия в системе вода-порода и результатов экспериментальных исследований взаимодействия рассолов со льдом раскрыть особенности протекания геохимических процессов в Оленёкском КАБ в условиях глубокого охлаждения геологического разреза в позднем кайнозое.

Методы исследования и материалы. Исследование физико-химического равновесия и степени насыщения подземных вод Оленёкского КАБ относительно карбонатных, сульфатных и хлоридных минералов, распространенных в геологическом разрезе региона, выполнено на основе численного моделирования с помощью программного комплекса HydroGeo, который разработан в Томском Филиале ИГНГ СО РАН (Букаты, 1997, 1999). Он решает широкий круг геохимических задач на основе использования метода констант равновесия вне зависимости от минерализации и состава природного раствора. Особенно это актуально применительно к соленым водам и крепким рассолам. Модуль ВМ (гидрохимические расчеты) программного комплекса HydroGeo позволяет выполнить наиболее распространенные типы гидрогеохимических расчетов, связанных с ионно-солевым составом подземных вод и гидрогеохимическими процессами в системе вода-порода. Важно подчеркнуть, что алгоритм, в отличие от большинства других, не содержит принципиальных ограничений по солености и ионной силе растворов. Кроме того, с помощью вспомогательной процедуры может осуществляться выбор/перевыбор минимально необходимого списка участвующих в расчете компонентов раствора и минералов из всех имеющихся в базе термодинамических данных. Наличие такой настройки обеспечивает универсальность процедуры в отношении различных гидрогеохимических систем, включая систему рассол-порода.

Расчет равновесий подземных соленых вод и рассолов с основными минералами водовмещающих пород выполнен с использованием результатов химического анализа 110 проб подземных вод Оленекского КАБ, вскрытых в осадочных горных породах и кимберлитовых трубках на глубине 110-1750 м. Химический макрокомпонентный состав подземных вод проанализирован лабораторными методами (химическим, атомно-абсорбционным, спектрофотометрическим, хроматографическим и др.) в Аналитическом центре Института земной коры СО РАН (г. Иркутск). Пробы высококонцентрированных вод перед анализом разбавлялись в 100-1000 раз. Точность определения (в мг/дм³): Cl⁻, SO₄²⁻ – 1-2, Ca²⁺, Mg²⁺ – 0,4, Na⁺, K⁺ – 0,1, Br⁻ – 0,1, Sr²⁺ – 0,05.

При настройке модели для физико-химического моделирования степени равновесия рассол-порода в систему были включены основные ионы (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺,

K^+ , Sr^{2+} , Li^+ , Rb^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br), ассоциаты (H_2CO_3 , Na_2SO_4 , $(NaSO_4)^-$, $NaBr$, $NaCl$, $MgSO_4$, $Mg(SO_4)_2^{2-}$, $MgBr_2$, $MgCl^+$, $MgCl_2$, $(KSO_4)^-$, K_2SO_4 , KBr , KCl , $(Ca(SO_4)_2)^{2-}$, $CaSO_4$, $CaBr_2$, $CaCl^+$, $CaCl_2$, HBr , $SrCl^+$, $SrCl_2$) и породообразующие минералы, типичные для геологического разреза бассейна (кальцит, доломит, магнезит, стронцианит, ангидрит, гипс, целестин, галит). Расчет активностей компонентов, выполненный для стандартных (лабораторных) и пластовых (реальных) условий, не показал существенного различия степени и характера насыщения подземных вод относительно основных породообразующих минералов.

Геологическое и мерзлотно-гидрогеологическое строение бассейна. Оленёкский КАБ расположен в северо-восточной части Сибирской платформы (рис. 1). Для преимущественно карбонатного геологического разреза бассейна характерно наличие рифогенных отложений среднего кембрия: эпифитоновых известняков, кавернозных доломитов, доломитизированных известняков.

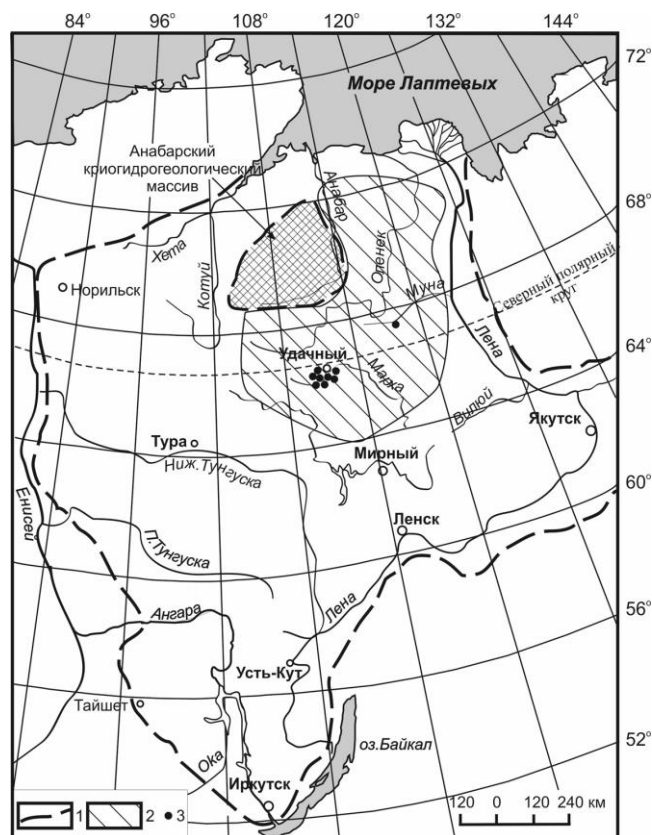


Рис. 1. Положение Оленёкского КАБ на Сибирской платформе. 1 – граница Сибирской платформы, 2 – Оленёкский КАБ, 3 – пункт гидрогеологического опробования.

Верхнекембрийские отложения имеют сходный состав и представлены карбонатными и глинисто-карбонатными, местами сульфатоносными породами. Широко распространены трапповые интрузии и кимберлитовые поля. Геокриологические условия бассейна определяются его положением в северной геокриологической зоне, сплошным распространением многолетнемерзлых пород, уникальной по мощности (более 1400 м) криолитозоной и низкой отрицательной температурой пород (до $-7,8$ °C на подошве слоя годовых теплооборотов). Особенностью геокриологического разреза является наличие межмерзлотных и подмерзлотных криопэгов хлоридного состава с минерализацией до 425 г/дм³, залегающих на глубине 110-1000 м.

Специфику гидрогеологического разреза Оленекского бассейна формируют подземные воды E_3 , E_2 и $V-E_1$ водоносных комплексов, а также обводненные зоны кимберлитовых трубок и трапповых интрузий.

Подземные воды верхнекембрийского комплекса (E_3) входят в первую гидрохимическую зону соленых вод, слабых и крепких рассолов. Их минерализация изменяется в широких пределах - от 31 до 200 г/дм³. Среди катионов преобладают либо Ca, либо Mg. Доля Na достаточно высокая (11-30 %-экв.), иногда больше содержания Mg, что отражается в названии типа рассолов – они становятся натриево-кальциевыми. Анионный состав однозначно хлоридный, содержание SO_4^{2-} и HCO_3^- незначительное и в среднем составляет 0,98 и 0,12 г/дм³ соответственно. Значения Cl/Br (41-84) и rNa/rCl (0,1-0,4) отношений имеют узкий диапазон. Величина pH изменяется от 3,8 до 9 (табл. 1).

Подземные воды венд-нижне-среднекембрийских водоносных комплексов ($V-E_1-E_2$) формируют вторую гидрохимическую зону крепких и весьма крепких рассолов. Минерализация рассолов изменяется от 207 до 425 г/дм³. Ведущим анионом является Cl, среди катионов доминирует Ca. Содержание Na, Mg и K находится в соотношении $Na > Mg \geq K$, причем максимальные абсолютные значения этих катионов не превышают 25 %-экв. Отношение Cl/Br составляет 27-73, rNa/rCl не превышает 0,3, величина pH составляет 2,8-7,1.

Таблица 1

Химический состав соленых подземных вод и рассолов Оленекского КАБ

Компоненты		Гидрохимическая зона	
		первая	вторая
Минерализация воды, г/дм ³		(31-196) 83	(207-425) 336
pH		(3,8-9,0) 6,6	(2,8-7,1) 4,7
Содержание, г/дм ³	K ⁺	(0,3-6,5) 1,8	(2,7-20,6) 12,5
	Na ⁺	(3,1-13,2) 6,6	(12,1-37,0) 23,3
	Mg ²⁺	(2,1-15,0) 6,4	(8,7-28,0) 14,2
	Ca ²⁺	(4,0-39,3) 13,3	(34,4-95,6) 69,7
	Cl ⁻	(18,6-125,0) 52,7	(130,1-258,0) 211,6
	Br ⁻	(0,3-2,4) 0,9	(1,1-6,5) 4,3
	SO ₄ ²⁻	(0,3-2,4) 1,0	(0,01-0,6) 0,2
	HCO ₃ ⁻	(0,03-1,0) 0,12	(0,01-0,7) 0,2
	Sr ²⁺	(0,03-0,8) 0,3	(0,6-2,1) 1,2
Cl/Br		41-81	27-73
rNa/rCl		0,1-0,4	0,1-0,3
Химический тип вод		Cl Mg-Ca, Ca-Mg, Na-Ca	Cl Ca, Mg-Ca, Na-Ca
Количество анализов		48	62

Примечание: в скобках – пределы значений, за скобками – среднеарифметическая величина.

Подземные воды, вскрытые в кимберлитовых трубках и трапповых интрузиях, гидравлически связаны с водоносными комплексами вмещающих осадочных горных пород. Они в целом идентичны по составу и минерализации.

Результаты физико-химического моделирования. Значительная часть рассолов первой гидрохимической зоны по отношению к карбонатным минералам (кальциту, доломиту, магнезиту и стронцианиту) находится в состоянии, близком к равновесному, о чем свидетельствует сгущение точек на диаграммах вблизи линии насыщения (рис.

2). Наименьшая степень насыщения характерна для слабых рассолов хлоридного Mg-Ca или Ca-Mg состава с минерализацией 54-57 г/дм³. Равновесное (или близкое к равновесному) состояние подземных вод обусловлено, вероятно, процессами взаимодействия в системе вода-порода: растворения и переноса вещества в результате конвекции (при больших скоростях водообмена) или молекулярной диффузии (при малых скоростях движения воды или отсутствии движения) в открытой системе. С течением времени эти процессы приводили к последовательному изменению химического состава рассолов и его глубокой метаморфизации. Рассолы второй гидрохимической зоны формируют на диаграммах область, значительно смещенную влево от линии насыщения карбонатными минералами – в поле недонасыщения. Этими минералами насыщена только некоторая часть кислых рассолов с минерализацией от 323 до 404 г/дм³ и рН от 3,7 до 4,8.

Относительно сульфатных минералов (ангидрита и целестина) подземные рассолы бассейна резко недонасыщены. Это предопределяется чрезвычайно малым (иногда нулевым) содержанием сульфат-иона, а также отсутствием сероводорода в составе крепких хлоридных кальциевых рассолов бассейна.

С хлоридами (галитом, сильвином) равновесия подземных вод бассейна не наблюдается, что закономерно, поскольку содержание Na в рассолах, насыщающих преимущественно карбонатные отложения, невысокое - в среднем составляет 10-15 %-экв. Хлоридные Ca рассолы второй гидрохимической зоны еще более резко недонасыщены галитом по сравнению с водами первой гидрохимической зоны. С другими хлоридными минералами (карналлитом, тахигидритом, бишофитом) подземные рассолы Оленекского КАБ также неравновесны.

Обсуждение результатов. Физико-химическое моделирование процессов в системе вода-порода показало различную степень равновесия рассолов Оленекского бассейна с основными минералами эвапоритовых фаций. Равновесное и неравновесное состояние относительно породообразующих минералов характерно также и для рассолов надсолевой, соленосной и подсолевой гидрогеологических формаций Тунгусского артезианского бассейна (Шварцев, Букаты, 1995; Букаты, 1999; Сидкина, Новиков, Шварцев, 2012).

Особый интерес представляет установленное в Оленекском бассейне существенное недонасыщение крепких рассолов карбонатами. Неравновесность подземных вод с карбонатными минералами могла быть вызвана рядом причин. Например, изменением интенсивности водообмена, времени взаимодействия воды с горными породами, Р-Т-условий или какими-то локальными причинами (Геологическая..., 2005). При относительном постоянстве этих факторов в ходе геолого-геохимической эволюции бассейна степень равновесия крепких рассолов с карбонатами могла измениться и в результате разбавления рассолов солоноватыми или пресными подземными водами.

Между тем на протяжении последних 3 млн лет подземные воды зоны активного водообмена в пределах Оленекского бассейна полностью заморожены. Горные породы, трещины и поры которых заполнены текстурообразующими льдами, слагают верхний ярус. Его подстилают охлажденные до -2...0 °С горные породы с напорными крепкими рассолами - криопэгами, образуя нижний ярус охлаждения. При таком строении мерзлотно-гидрогеологического разреза процесс разбавления рассолов, казалось бы, должен быть исключен.

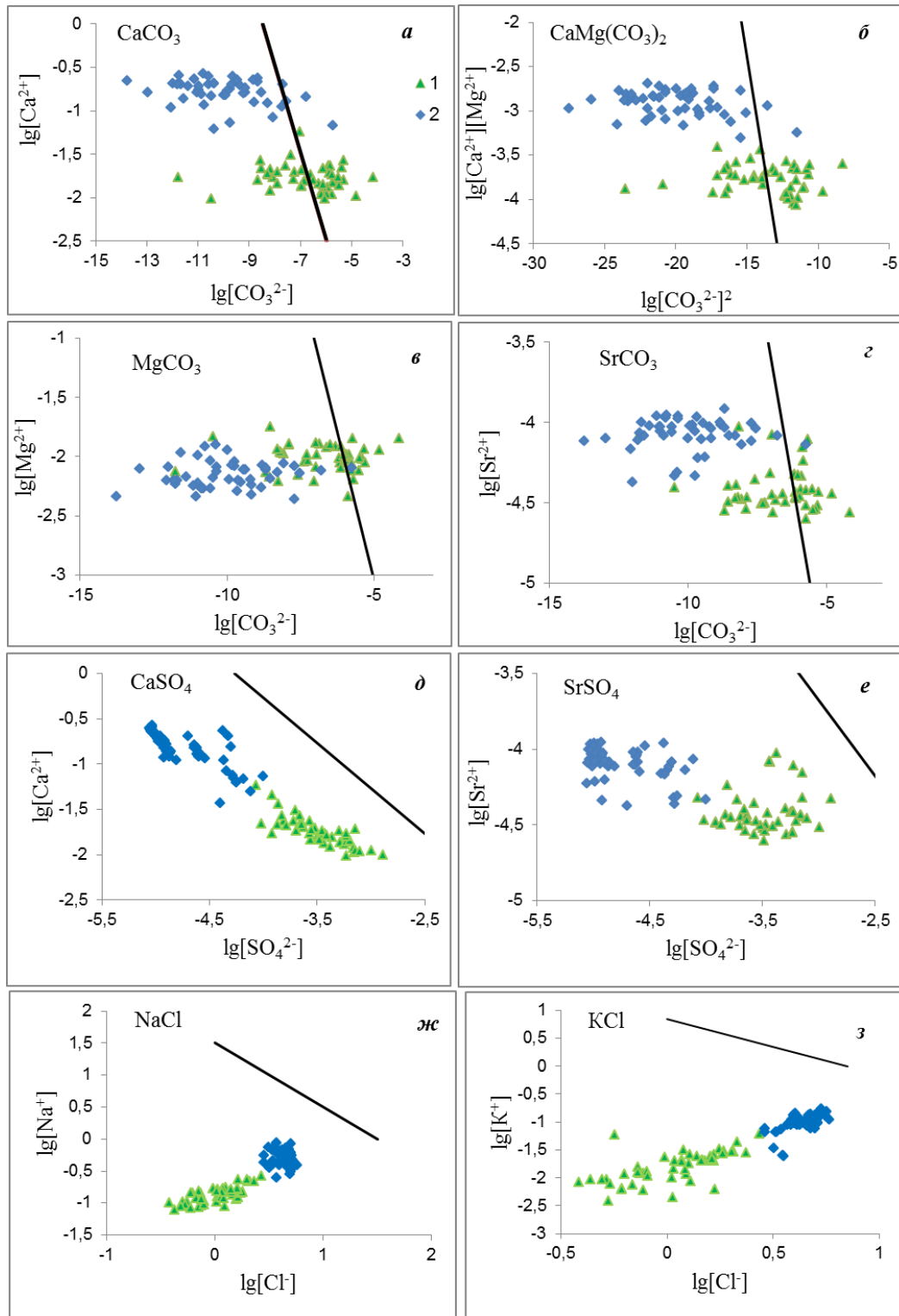


Рис. 2. Степень насыщения подземных вод Оленекского КАБ относительно карбонатных (а – кальцита, б – доломита, в – магнезита, г – стронцианита), сульфатных (д – ангидрита, е – целестина) и хлоридных (ж – галита, з – сильвина) минералов. Рассолы: 1 – первой гидрохимической зоны, 2 – второй гидрохимической зоны. Линии насыщения построены с использованием констант равновесия (Геологическая..., 2005 и Jackson et al., 1987).

Тем не менее, учитывая особую способность рассолов плавить лед при отрицательной температуре и высокую льдистость многолетнемерзлых пород, можно с уверенностью объяснить появление дополнительного объема воды, снижающего

величину минерализации рассолов при переходе льда в жидкую фазу. В целом, механизм плавления льда рассолами и процесс взаимодействия фаз достаточно хорошо изучен (Де Кервен, 1966; Пехович, Шаталина, 1968; Гайдаенко, 1986; Борисов, Алексеев, 1988; Федоров, 1989; Ершов и др., 1988, 1993; Лебедеенко, 1989, 1990; Современные изменения..., 1996 и др.). На основе экспериментальных исследований рассолов Западной Якутии и теоретического анализа составлена подробная сводка факторов взаимодействия рассолов со льдом (Pinneker, Alexeev, Borisov, 1989; Борисов, Алексеев, 2000). Из них к числу важнейших, определяющих необходимые условия для плавления льда и позволяющих объяснить появление дополнительного объема воды в системе рассол-лед, можно отнести соленость, температуру, объем жидкой и твердой фаз, а среди характеристик среды - положение рассолов ниже мерзлых пород и субгоризонтальную подошву мерзлоты. Результатами взаимодействия рассолов со льдом при отрицательной температуре могут быть полное или частичное плавление льда, опреснение и стратификация жидкой фазы по плотности, образование «вторичного» солоноватого льда, восстановление проницаемости мерзлых литифицированных горных пород, формирование протяженных таликовых зон.

Криолитозона Оленекского бассейна непрерывно существовала на протяжении 2,5 млн лет (Фотиев, 2006). Положение нулевой изотермы, которая в настоящее время находится на глубине 800-1400 м, колебалось, поднимаясь в криохроны и опускаясь в термохроны. Нарастание мощности криолитозоны происходило в основном снизу после проникновения волны охлаждения или потепления через толщу мерзлых горных пород и контактирующих с ними криопэггов. Средняя годовая температура пород повышалась, но не переходила через 0 °С. В подобной геокриологической обстановке источником дополнительного объема воды, снижающей величину минерализации рассолов, могли быть подземные текстурообразующие льды, плавление которых происходило при контакте с рассолами.

В криоартезианских бассейнах Западной Якутии контактирование отрицательно-температурных хлоридных рассолов (криопэггов) с многолетнемерзлыми породами прослеживается повсеместно. При современных температурах мерзлой толщи (в среднем -6...-2 °С, максимально до -13 °С) криопэги не замерзают, поскольку температура кристаллизации растворенных в них солей NaCl и CaCl₂ составляет -21,4 и -55 °С соответственно. При отрицательной температуре среды, более высокой, чем температура замерзания рассола, на границе лед-рассол нарушается термодинамическое равновесие, возникает концентрационная диффузия растворенных солей, в результате чего лед плавится, а концентрация рассола уменьшается. Взаимодействия в системе лед-рассол совершаются путем фазовых переходов воды, что сопровождается изменением объемов твердой и жидкой фаз и разбавлением концентрированных растворов (Алексеев, 2009).

Дополнительным опреснителем мог служить и определенный объем связанной воды, находящейся в дисперсном заполнителе осадочных и магматических горных пород. Связанная (незамерзшая) вода включает в себя воду, удерживаемую на минеральной поверхности частиц, и воду, присутствующую на поверхности льда. Известно, что прочносвязанная вода может находиться в жидком состоянии при отрицательной температуре, вплоть до -180 °С (Раковский и др., 1935). Однако при нарушении термодинамического равновесия в горном массиве и переходе температуры пород через значение температуры замерзания пленочной прочносвязанной воды возникает миграция незамерзшей воды под действием градиентов температуры, давления, электрического и других потенциалов (Основы геокриологии, 1995). Поступление новых порций маломинерализованных вод в более концентрированные

растворы и могло привести к разбавлению последних, что, в свою очередь, изменило параметр насыщенности подземных рассолов относительно карбонатных минералов.

Заключение. Изучение степени равновесия подземных рассолов Оленёкского КАБ с основными минералами водовмещающих пород методом физико-химического моделирования позволяет сделать ряд важных выводов.

Хлоридные Са, Mg-Са рассолы первой гидрохимической зоны находятся преимущественно в равновесии или весьма близки к состоянию равновесия относительно карбонатных и сульфатных (кроме ангидрита) минералов. Вероятно, это равновесие возникает в период образования водоносной системы и поддерживается на протяжении ее существования и эволюции за счет процессов растворения горных пород, конвективного и диффузионно-молекулярного переноса вещества.

Крепкие хлоридные Са рассолы второй гидрохимической зоны в основном недонасыщены карбонатными минералами, только часть рассолов с низкой величиной рН равновесна с кальцитом и доломитом. Причина такой неравновесности подземных вод может быть связана с историей развития системы вода-порода в последние несколько миллионов лет, когда началось преобразование геологического разреза в результате глобального похолодания климата и формирования криолитозоны значительной мощности. Взаимодействие рассолов с текстурообразующими льдами приводило к плавлению льдов, высвобождению определенного объема пресной воды, которая смешиваясь с рассолами, снижала их соленость. Параметр насыщенности рассолов мог измениться и в результате миграции незамерзшей прочносвязанной воды в дисперсном заполнителе литифицированных горных пород.

С хлоридными минералами все рассолы Оленёкского КАБ неравновесны, поскольку Са в значительной степени доминирует над Na и K, а в толще преимущественно карбонатных осадочных отложений при взаимодействии подземных вод с вмещающими породами не создается благоприятных условий для растворения Na и K и достижения насыщенного состояния рассолов относительно этих минералов.

Таким образом, в масштабе геологического времени формирование состава хлоридных рассолов после захоронения маточной рапы в терригенно-карбонатных толщах происходило в результате длительного взаимодействия с водовмещающими породами, на которое накладывались процессы криогенеза при глобальном плиоцен-плейстоценовом похолодании климата. При всех природных сценариях первичные эвапоритовые ассоциации горных пород постоянно контролируют химический состав рассолов и определяют особенности геохимической эволюции системы вода-порода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-01075). Авторы выражают благодарность к.г.-м.н. О.Е. Лепокуровой за содействие в выполнении работы и обсуждение результатов.

Литература

1. Алексеев С.В. Криогидрогеологические системы Якутской алмазоносной провинции. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. 319 с.
2. Борисов В.Н., Алексеев С.В. К вопросу о взаимодействии рассолов и мерзлых пород // XII Всес. совещ. по подз. водам Востока СССР: Тез. докл. Иркутск - Южно-Сахалинск, 1988. С. 162.
3. Борисов В.Н., Алексеев С.В. Факторы взаимодействия рассолов со льдом (мерзлой породой) при отрицательной температуре // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже III тысячелетия. Томск, ТПУ, 2000. С. 584-589.
4. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой геологии // Разведка и охрана недр. 1997. № 2. С. 37-39.
5. Букаты М.Б. Равновесие подземных рассолов Тунгусского бассейна с минералами эвапоритовых и терригенных формаций // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 5. С. 750-763.

6. Гайдаенко Е.П. Растворимость льда в мерзлых грунтах под воздействием соленых растворов // Проблемы инженерной гляциологии. Новосибирск: Наука, 1986. С. 32-36.
7. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование/ В.А. Алексеев [и др.]; отв. редактор тома С.Л. Шварцев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 244 с.
8. Де Кервен М.Р. Растворение ледяных корок и предупреждение их возникновения // Лед и снег. М.: Мир, 1966. С. 447-456.
9. Ершов Э.Д., Лебеденко Ю.П., Чувилин Е.М. и др. Микростроение мерзлых пород. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 183 с.
10. Ершов Э.Д., Цу Ши Ше, Лебеденко Ю.П. и др. Процессы массопереноса и деформирования в мерзлых породах, взаимодействующих с водными растворами солей // Мат-лы. 3 науч.-техн. семин. «Инж.-геол. изуч. и оценка мерзлых, промерзающ. и оттаивающ. грунтов (ИГК-92)». Санкт-Петербург, 1993. С. 67-77.
11. Лебеденко Ю.П. Криогенная миграция ионов и связанной влаги в льдонасыщенных мерзлых породах // Инженерная геология. 1989. № 4. С. 21-30.
12. Лебеденко Ю.П. Механизм массопереноса и хемогенного формирования мерзлых пород при взаимодействии их с растворами солей // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. 1990. № 4. С. 55- 6.
13. Основы геокриологии. Часть 1. Физико-химические основы геокриологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 368 с.
14. Пехович А.И., Шаталина И.Н. Экспериментальные исследования таяния льда в водном растворе // Тепло- и массоперенос. Минск, 1968. Т. 2. С. 98-104.
15. Раковский А.В., Тарасенков Д.Н., Командин А.В. Влияние посторонней твердой фазы на температуру замерзания воды и слабых водных растворов // Журнал общей химии. Том 5. Вып. 10. 1935. С. 1441-1444.
16. Сидкина Е.С., Новиков Д.А., Шварцев С.Л. Равновесие подземных рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна с минералами вмещающих пород // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 364. – С. 187-192.
17. Современные изменения в литосфере под влиянием природных и техногенных факторов / Под. ред. В.И. Осипова. М.: Недра, 1996. 222 с.
18. Федоров А.М. Лабораторные исследования разрушения льда и ледопородных монолитов рассолами // Условия и процессы криогенной миграции вещества. Якутск, 1989. С. 83-96.
19. Фотиев С.М. Современные представления об эволюции криогенной области Западной и Восточной Сибири в плейстоцене и голоцене (сообщение 2) // Криосфера Земли. 2006. Т. X, № 2. С. 3-26.
20. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-изд. М.: Недра, 1998. 336 с.
21. Шварцев С.Л., Букаты М.Б. О роли горных пород в формировании крепких рассолов хлоридно-кальциевого типа // Доклады РАН. 1995. Т. 342, № 4. С. 530-533.
22. Jackson K.J., Helgeson H.C. and Bowers T.S. Equilibrium Activity Diagrams. Springer. 1987, 397 p.
23. Pinneker E. V., Alexeev S.V., Borisov V.N. The interaction of brines and permafrost // Proc.WRI-6 Int. Symp. - Malvern-England: Rotterdam. Balkema, 1989. Pp. 557-560.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ СОСТАВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ АК-ТЮЗВ.М. Алешина¹, И.В.Токарев², Б.Н.Рыженко³, Е.В.Черкасова³¹*Институт геомеханики и освоения недр НАН Кыргызской Республики, Бишкек, Кыргызская Республика, E-mail:alekhina@jet.kg*²*Санкт-Петербургский государственный университет. Научный парк, РЦ «Геомодель», Санкт-Петербург, Россия, E-mail:tokarevigor@gmail.com*³*Институт геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН, Москва, Россия, E-mail: ryzhenko@geokhi.ru*

Аннотация. Химическим анализом определены концентрации макро и микрокомпонентов поверхностных вод района месторождения Ак-Тюз. Создана термодинамическая модель для прогноза состава поверхностных вод при изменении водообмена. Установлено, что превышение концентрации $n \times 10^{-8}$ мг Th / кг H₂O свидетельствует о появлении коллоидной или мелкодисперсной формы миграции тория.

Abstract. In Aktuz deposit surface water macro and micro components concentrations are measured. Thermodynamic model is developed for aqueous composition prognosis at variation of water exchange. The concentration of $n \times 10^{-8}$ mg Th / kg H₂O and more testifies about Th containing colloid species in aqueous solution.

Актюзское рудное поле (Кыргызская Республика) размещено в западной части Муюнкумо-Наратского срединного массива Заилийского Алатау, сложенного амфиболитовыми сланцами и мусковитовыми гнейсами архея-протерозоя. Месторождения (Y, REE, Th, Zr, Mo, Be, Pb и др. металлов) пространственно связаны с верхнепермскими биотитовыми гранитами и аляскитовыми гранофирами Кеминского массива. Гранитный массив протяженностью 24 км в обнаженной части при ширине 1–4 км обладает признаками трещинной интрузии, полого (16°) погружающейся под толщу амфиболитовых сланцев и гнейсов. Основное тело Кеминского массива сложено мезо- и лейкократовыми биотитовыми гранитами, а рудоносные купола – лейкократовыми и аляскитовыми гранитами [8,12,9].

До середины 90-х годов прошлого столетия месторождение Ак-Тюз было одним из основных поставщиков редкоземельных элементов и иттрия в бывшем СССР. Собственно иттриевое оруденение приурочено, в основном, к верхним горизонтам нижней зоны, где преобладает существенно Y-минерализация и лантаноиды иттриевой группы. В период с 1960 по 1995 гг. месторождение разрабатывалось с целью добычи редкоземельных элементов открытым (карьерным) способом. Основными промышленными компонентами месторождения являются: редкие земли, окись иттрия, свинец, олово, медь, ниобий, тантал, торий и железо. Перерабатываемые руды района характеризуются повышенной радиоактивностью, связанной с наличием в них торий содержащих минералов (монацит, торит, циркон и др.). Общий объем хвостохранилищ составляет 4.17 млн. м³, а занимаемая площадь – 51 Га. Наряду с хвостохранилищами в рассматриваемом районе имеется 3 крупных отвала с общим объемом пород свыше 50 млн. м³.

Поскольку существует безусловная необходимость оценки и прогноза на будущее экологической опасности для населения, но исследуемая территория подвержена воздействию многих факторов, то традиционные методы исследования (химический анализ, статистические приемы обработки аналитических измерений и др.) необходимо дополнить физико-химическим компьютерным моделированием систем «вода-порода-газы» [2, 3].

Таблица 1

**Содержание макро- и микрокомпонентов в поверхностных водах района
месторождения Ак-Тюз**

№ проб	Содержание катионов				Содержание анионов				Содержание элементов в воде (Спектр.анализ)								pH
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl	SO ₄ ²⁻	HCO ₃	NO ₃ ⁻	Ni	Ti	Cr	Cu	Pb	Zn	Sr	Ba	
1	24	5	<0,1	<0,1	4	17,7	67	1,8	-	0.02	0.002	-	-	-	0.05	-	8,4
2	26	5	<0,1	<0,1	5	15,6	73	1,8	4E-04	0.018	0.002	-	-	-	0.06	-	8,3
3	44	6	<0,1	<0,1	4	22,2	128	0,9	8E-04	0.03	0.006	-	-	-	0.1	-	8,6
4	24	6	<0,1	<0,1	5	6,6	79	0,9	4E-04	0.008	0.003	0.002	6E-04	-	0.06	-	7,6
5	25	5	<0,1	<0,1	4	5,4	61	<0,7	7E-04	0.012	0.005	-	-	-	0.07	0.05	9
6	30	7	2,4	<0,1	5	13,6	101	<0,7	-	0.002	0.002	-	-	-	0.08	-	8,6
7	26	4	<0,1	<0,1	4	7,8	85	1,8	5E-04	0.008	0.002	-	-	-	0.08	-	8,4
8	26	7	<0,1	<0,1	7	6,6	82	0,9	6E-04	0.08	0.002	-	-	-	0.08	-	8,8
9	25	9	1,9	<0,1	4	8,6	107	1,8	6E-04	0.003	0.002	-	-	-	0.11	-	8,4
10	43	9	<0,1	<0,1	7	7	159	1,8	-	0.03	0.003	0.003	0.001	-	0.15	0.07	8,4
11	32	4	<0,1	<0,1	4	3,7	104	1,8	-	0.003	-	-	5E-04	-	0.08	0.03	7,4
12	26	5	<0,1	<0,1	5	10,7	46	0,9	5E-04	0.002	0.003	-	5E-04	0.02	0.08	0.05	9
13	24	5	<0,1	<0,1	4	10,3	34	0,9	7E-04	0.003	0.003	-	5E-04	0.015	0.07	0.03	9,3
14	72	22	4,1	0,2	5	70	226	2,7	0.001	0.19	0.008	-	-	0.01	0.27	0.08	7,6
15	28	6	<0,1	<0,1	5	10,3	98	<0,7	4E-04	0.03	0.006	-	-	0.006	0.06	-	8,4
16	48	10	2,4	<0,1	9	12,4	165	4,4	8E-04	0.02	0.005	-	6E-04	0.008	0.15	0.06	7,7
17	54	13	4,4	<0,1	4	41,6	171	2,7	8E-04	0.03	0.06	-	-	-	0.18	0.05	8,2
18	88	29	8	0,2	7	189,3	171	9,8	0.002	-	0.06	0.006	-	-	0.26	0.21	7,7
19	36	15	4,7	0,7	5	16,5	171	<0,7	0.001	-	0.006	0.002	8E-04	-	0.19	0.08	7,9
20	24	6	<0,1	<0,1	4	12,4	31	0,9	4E-04	0.03	0.002	-	4E-04	-	0.07	0.04	9
21	29	7	<0,1	<0,1	5	12,8	85	0,7	6E-04	0.007	0.003	0.002	4E-04	-	0.07	0.07	8,9
22	52	23	18,7	1,3	5	182,7	73	<0,7	0.001	-	0.005	0.004	0.001	-	0.18	0.15	7,6
23	28	9	<0,1	<0,1	4	8,2	98	2,7	5E-04	-	0.004	-	-	0.007	0.05	0.05	8
24	52	7	0,8	<0,1	4	7	177	0,9	5E-04	0.02	0.003	0.002	-	0.02	0.08	0.05	7,8
25	30	8	<0,1	<0,1	7	11,9	104	1,8	4E-04	0.002	0.003	0.002	-	-	0.06	0.03	8,5
26	48	11	1	<0,1	5	8,6	177	0,9	-	-	0.003	0.003	6E-04	-	0.08	0.08	8,5
27	38	14	<0,1	<0,1	5	7,8	171	<0,7	-	0.002	0.005	0.004	5E-04	0.005	0.01	-	8,4
28	54	18	15,3	0,2	10	42,4	204	8	-	-	0.005	0.005	0.001	-	0.19	-	7,4
29	42	11	3,6	<0,1	4	9,1	159	<0,7	8E-04	0.002	0.003	0.004	8E-04	0.008	0.09	-	8,1
30	47	18	16	0,7	9	5,8	256	<0,7	-	-	-	0.002	6E-04	-	0.1	-	7,3
31	54	9	4	<0,1	5	11,5	192	4,4	4E-04	0.002	0.003	0.003	7E-04	-	0.12	-	7,8
32	47	13	1	<0,1	7	5,4	192	<0,7	-	0.002	0.002	0.006	8E-04	-	0.09	-	7,9
33	22	9	5	<0,1	7	12,4	116	<0,7	4E-04	0.002	0.002	0.002	4E-04	-	0.09	-	7,3
34	44	10	2	<0,1	7	4,5	171	<0,7	4E-04	0.002	0.003	0.002	-	-	0.1	-	8,3
35	24	9	1	<0,1	12	9,5	92	<0,7	4E-04	0.002	-	-	-	-	0.06	-	8,7
36	54	13	8	<0,1	7	14,8	220	0,9	8E-04	0.005	0.007	0.003	8E-04	-	0.13	-	8,3
37	60	21	26	<0,1	10	19,8	299	3,5	-	-	0.002	0.004	0.001	-	0.31	-	8,2
38	26	6	<0,1	<0,1	5	4,5	85	1,8	6E-04	0.003	-	-	-	-	0.04	-	7,8
39	38	13	14,5	0,2	13	14	183	1,8	0.001	-	-	0.003	-	-	0.13	-	7,4
40	48	11	11,4	<0,1	12	20,6	159	0,9	8E-04	-	0.002	0.003	-	-	0.15	-	8,1

Fe_{общ} < 0,1; NH₄⁺ < 0,1; NO₂⁻ < 0,01

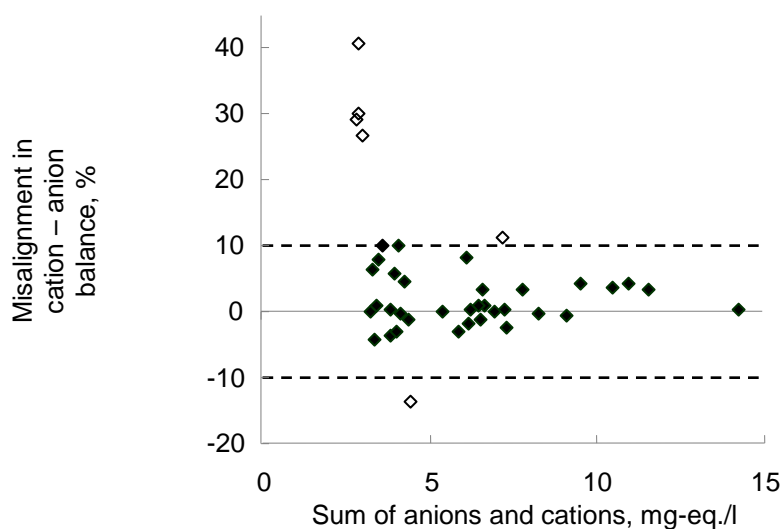


Рис.1. Соотношение между невязкой по балансу и суммарным содержанием анионов и катионов в эквивалентной форме для химических анализов воды по результатам опробования 2014 г. (пунктирными линиями показаны ошибки $\pm 10\%$).

Как видно, ошибка измерений возрастает при уменьшении минерализации воды. Если принять в качестве порогового значения ошибку $\pm 10\%$ и считать определения, выполненные с большей ошибкой, сомнительными, то наименьшая минерализация, для которой измерения будут выполняться корректно, составит 100 мг/л (сумма катионов и анионов < 3 мг-экв./л).

Таблица 2

Характеристики химических анализов воды (по результатам опробования 2014 г.)

Параметр	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Минерализация, мг/л	Сумма анионов и катионов, мг-экв./л
		мг/л								
Max.	8,9	88	29	26	13	189	299	9,8	502	14,2
Min.	7,3	24	4,0	0,8	4,0	3,7	67	0,7	120	3,2
Aver.	8,1	41	11	7,0	6,1	24,4	145	2,5	234	6,2

Для диагностики процессов, формирующих химический состав вод, также использован факторный анализ. В расчет были взяты pH, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃, которые определены во всех пробах. Анализ указывает на наличие четырех значимых процессов, влияющих на формирование химического состава воды и объясняющих 97.6 % обнаруженных вариаций (Табл.3). Следует отметить, что физико-химическая природа Factor 2, определяемого содержаниями хлоридов, по-видимому, затуманена тем обстоятельством, что измерения содержаний Cl⁻ несут довольно высокую погрешность.

Таблица 3

Факторный анализ массива химических анализов воды (опробование 2014 г)

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
pH	-0,178	0,087	-0,961	-0,193
Ca	0,595	0,007	0,172	0,746
Mg	0,744	-0,242	0,193	0,533
Cl	0,025	-0,978	0,082	0,172
SO4	0,987	0,043	0,132	-0,003
HCO3	-0,002	-0,243	0,178	0,949

Состав поверхностных вод по макро и микрокомпонентам, представленный в табл.1 также был рассмотрен с позиций минеральных равновесий. Проанализированные пробы воды оказались насыщенными относительно $BaSO_4$ (барит), $CaCO_3$ (кальцит), $CaMgC_2O_6$ (доломит), $HFeO_2$ (гетит), TiO_2 (рутил) и $SrCO_3$ (стронцианит) и ненасыщенными относительно рудных минералов таких элементов как Ag, Zn, Pb, Ni, Sb, Cr. Формы существования элементов, растворенных в водной фазе, отличаются однообразием: для щелочных и щелочно-земельных металлов - простые катионы, для двухзарядных катионов цветных металлов - преобладание гидроксидных, сульфатных и карбонатных форм, для Sb и Fe – гидроксидные формы, для хрома – CrO_4^{2-} , для азота преимущественно NO_3^- и, возможно, NO_2^- . Такие формы существования в водной фазе объясняются низкими концентрациями указанных элементов (мкг/л): Ag 0,0, Ni 0,0, Pb 0,0, Cr 0,0, Cu 0,0, Zn $n \times 10$, Ti $n \times 10$, Ba и Sr 0,0; содержание Sb равно $n \times 100$ вероятно ошибочно. Эти измерения позволяют считать экологическую ситуацию удовлетворительной по исследованным элементам, кроме Sb (ПДК 5 мкг/л).

Термодинамическая модель системы «вода-порода-газы» устанавливает равновесные (предельно возможные) концентрации этих и других элементов в водной фазе, контактирующей с породой (для рассматриваемого объекта, породой основного состава). Как следует из методики моделирования [3], равновесные концентрации будут изменяться в зависимости от четырех главных факторов: (а) состава породы на участках, где вода контактирует с породой, (б) характера водообмена (осадки, засушливая погода и т.д), не говоря уже о притоках извне, (в) от температуры, (г) парциального давления атмосферных газов.

Для выполнения моделирования системы «вода-порода-газы» и сравнения результатов моделирования с аналитически определенным составом поверхностных вод была создана система, описывающая объект исследования 26-тью (Al-Ag-As-Ba-C-Ca-Cl-Cr-Cu-Fe-H-K-La-Mg-Mn-Mo-N-Na-Ni-O-Pb-S-Sb-Si-Sr-Th-Ti-U-Y-Zn) химическими элементами, 110-ю потенциальными фазами (минералами и индивидуальными твердыми веществами) и 120-ю простыми и комплексными частицами в водном растворе. Сорбция тория, который был предметом нашего особого внимания, рассматривалась как формирование идеального твердого раствора сорбента (гидроокиси железа, гуминового вещества) и сорбируемого соединения тория ($Th(OH)_4^0$) с экспериментальной константой сорбции.

Температура существования Актюзского поля была принята как среднесуточная для летних месяцев ($10^\circ C$), общее давление - как соответствующее гипсометрической высоте (2 км). Химический и минеральный состав пород принят соответствующим характеристикам основных пород согласно доступному нам [4,10] описанию Актюзского рудного поля. Величины свободных энергий Гиббса твердых и газообразных веществ и растворенных форм соответствующих химических элементов заимствованы из [6,13] и обновленной базы UNITHERM [2]. В отдельных случаях для

установления величин констант неизученных ступеней ионизации комплексов элементов использовали BR модель [7].

Система «порода-вода» рассматривалась как открытая относительно атмосферных газов с летучестью 0.001 бар CO₂ и летучестью кислорода, которая обеспечивала аналитически установленное преобладание NO₃⁻ в пробах поверхностной воды, отобранных в исследуемом районе месторождения Актюз.

Результаты моделирования взаимодействий вода-порода-газы показали, что концентрации микрокомпонентов соответствуют активному водообмену (отношение масс реагирующих породы и воды R/W≈0.0001-0.004), высоким положительным величинам Eh≈+750-800 мВ и pH≈8.0. Результаты моделирования представлены в табл.4.

Таблица 4

Результаты расчета равновесного состава водной фазы системы «вода-порода-газы» Актюзского рудного поля при R/W=0.0001-0.2 (различный водообмен) и лабораторного аналитического определения концентраций в пробах воды (мг/л)

Элементы	Концентрации при различном водообмене (R/W), модель						Хим. анализ	
	0,0001	0,0007	0,004	0,03	0,06	0,2	Мини	Макси
Макрокомпоненты								
Ca	7,6	35	36	57	97	205	24	88
Mg	0,5	2,9	5,4	8,5	14,5	30,1	4	29
Na	0,3	1,8	11,1	68,8	171	426	<0,1	26
K	0,04	0,2	1,4	8,6	21,3	49,2	<0,1	0,7
HCO ₃	28,4	121	122	108	90,5	73,6	31	256
SO ₄	0,02	0,1	0,9	4,4	10,1	23,2	13,6	189
Cl	0,3	1,9	12	73	180	450	4	13
NO ₃	0,5	3,2	20	125	310	772	<0,7	9,8
pH	7,3	8,0	8,0	7,9	7,9	7,9	7,3	8,7
Микрокомпоненты								
Ag	1E-6	6E-6	4E-5	2E-4	6E-4	1E-3	5E-5	3E-4
Al	3E-6	1E-5	1E-5	1E-5	1E-5	8E-6	-	-
As	2E-5	1E-4	7E-4	4E-3	1E-2	3E-2	-	-
Ba	6E-3	4E-2	2E-1	4E-1	2E-1	1E-1	0,03	0,021
Cr	6E-4	4E-3	2E-2	1E-1	3E-1	8E-1	0,002	0,008
Cu	4E-4	2E-3	1E-2	3E-2	3E-2	3E-2	0,002	0,007
Fe	2E-8	1E-8	1E-8	1E-8	1E-8	1E-8	<0,1	-
Mn	2E-5	1E005	1E-5	2E-5	4E-5	9E-5	-	-
Mo	1E-5	6E-5	3E-4	2E-3	5E-3	1E-2	-	-
Ni	6E-4	4E-3	2E-2	1E-1	4E-1	9E-1	0,0004	0/001
Pb	2E-4	1E-3	8E-3	5E-2	1E-1	3E-1	0,0004	0,0008
Sb	2E-4	1E-3	2E-3	2E-3	2E-3	1E—3	-	0,16
Si	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	-	-
Sr	8E-3	5E-2	3E-1	6E-1	1	2	0,01	0,3
Ti	7E-5	4E-4	2E-3	2E-3	2E-3	2E-3	0,002	0,03
Th	2E—9	7E-9	7E-9	6E-9	5E-9	4E-9	-	-
U	3E-5	2E-4	1E-3	6E-3	1E-2	4E-2	-	-
Y	1E-4	8E-4	5E-3	3E-2	8E-2	0,2	-	-
Zn	8E-4	5E-3	3E-2	2E-1	5E-1	1,2	0,007	0,02

Как видно из сравнения расчетных и лабораторных определений макро и микрокомпонентов водного раствора, величина водообмена в момент взятия проб воды соответствовала $R/W \approx 0.004$ (выделено жирным шрифтом); при таком водообмене концентрации нормируемых компонентов не превышали ПДК. Только существенное (более десятикратное) снижение интенсивности водообмена приведет к повышению концентраций до сверхнормативных величин ($R/W > 0.6$). Расчетные концентрации макро- и микрокомпонентов были бы значительно точнее при наличии информации об действительном составе горных пород и отвалов района Ак-Тюзского месторождения. Так расчетное содержание SO_4 значительно ниже аналитически установленного, что подтверждает высказанное выше предположение об окислении сульфидных минералов. Избыток сульфатной серы понизил концентрацию бария в водном растворе над минеральной фазой $BaSO_4$ (барит). Моделирование позволило оценить, норматив таких элементов как As, Se, Hg с низкими ПДК будет преодолен лишь при пассивно водообмене.

Моделирование позволило также оценить возможные предельные концентрации тория в отобранных и проанализированных 40 пробах поверхностных вод. Для этого было выполнено моделирование равновесного состояния проанализированных проб воды, предполагая существование хлоридных, сульфатных, гидроксо- и карбонатных комплексов тория, термодинамические характеристики которых были заимствованы [11]. Результаты моделирования показали, что преобладающими являются гидроксо и гидроксо-карбонатные комплексные частицы, суммарная концентрация которых, в большинстве проб, не превышает $n \times 10^{-8}$ мг/кг H_2O (табл.5).

Таблица 5

Рассчитанные концентрации преобладающих водорастворимых форм тория в пробах поверхностных вод

Проба	мг/л				Мас. %		
	Th(OH) ₄	Th(OH) ₅ ⁻	Th(OH) ₃ CO ₃ ⁻	Сумма	Th(OH) ₄	Th(OH) ₅ ⁻	Th(OH) ₃ CO ₃ ⁻
Ак-1	2,54E-10	6,98E-08	1,51E-08	8,51E-08	0,3	81,93	17,77
Ак-2	2,54E-10	7,77E-08	1,60E-08	9,39E-08	0,27	82,71	17,02
Ак-3	2,54E-10	3,05E-08	2,68E-08	5,75E-08	0,44	53,06	46,5
Ак-4	2,54E-10	7,26E-08	1,84E-08	9,13E-08	0,28	79,54	20,18
Ак-5	2,54E-10	1,25E-07	1,39E-08	1,39E-07	0,18	89,78	10,04
Ак-6	2,54E-10	4,98E-08	2,27E-08	7,28E-08	0,35	68,4	31,25
Ак-7	2,56E-10	6,50E-08	1,01E-10	6,54E-08	0,39	99,45	0,15
Ак-8	2,54E-10	6,28E-08	2,00E-08	8,30E-08	0,31	75,61	24,09
Ак-9	2,54E-10	5,68E-08	2,29E-08	7,99E-08	0,32	71,01	28,67
Ак-10	2,54E-10	2,68E-08	3,18E-08	5,89E-08	0,43	45,53	54,04
Ак-11	2,54E-10	4,66E-08	2,22E-08	6,91E-08	0,37	67,49	32,14
Ак-12	2,54E-10	2,03E-07	1,00E-08	2,14E-07	0,12	95,19	4,69
Ак-13	2,54E-10	2,43E-07	9,16E-09	2,52E-07	0,1	96,26	3,64
Ак-14	2,54E-10	1,39E-08	4,49E-08	5,91E-08	0,43	23,55	76,02
Ак-15	2,54E-10	5,87E-08	2,01E-08	7,90E-08	0,32	74,27	25,41
Ак-16	2,54E-10	2,37E-08	3,32E-08	5,72E-08	0,45	41,48	58,08
Ак-17	2,54E-10	2,05E-08	3,64E-08	5,72E-08	0,45	35,94	63,61
Ак-18	2,56E-10	1,28E-08	1,88E-10	1,33E-08	1,93	96,65	1,42
Ак-19	2,54E-10	2,68E-08	3,50E-08	6,21E-08	0,41	43,22	56,37
Ак-20	2,54E-10	3,55E-07	6,96E-09	3,62E-07	0,07	98,01	1,92
Ак-21	2,54E-10	6,82E-08	1,88E-08	8,72E-08	0,29	78,15	21,55

Ak-22	2,54E-10	4,12E-08	1,77E-08	5,92E-08	0,43	69,62	29,96
Ak-23	2,54E-10	5,10E-08	2,37E-08	7,50E-08	0,34	68,09	31,57
Ak-24	2,54E-10	2,03E-08	3,60E-08	5,66E-08	0,45	35,91	63,64
Ak-25	2,54E-10	5,14E-08	2,20E-08	7,36E-08	0,35	69,81	29,84
Ak-26	2,54E-10	2,15E-08	3,74E-08	5,91E-08	0,43	36,35	63,22
Ak-27	2,56E-10	2,08E-08	1,95E-10	2,12E-08	1,21	97,87	0,92
Ak-28	2,54E-10	2,03E-08	3,67E-08	5,73E-08	0,44	35,48	64,08
Ak-29	2,54E-10	2,52E-08	3,60E-08	6,15E-08	0,41	41	58,59
Ak-30	2,54E-10	1,64E-08	5,08E-08	6,75E-08	0,38	24,35	75,27
Ak-31	2,54E-10	1,88E-08	3,88E-08	5,78E-08	0,44	32,52	67,04
Ak-32	2,54E-10	2,13E-08	3,91E-08	6,07E-08	0,42	35,15	64,43
Ak-33	2,54E-10	6,60E-08	2,09E-08	8,71E-08	0,29	75,69	24,02
Ak-34	2,54E-10	2,42E-08	3,53E-08	5,98E-08	0,43	40,5	59,08
Ak-35	2,54E-10	6,94E-08	1,89E-08	8,86E-08	0,29	78,38	21,34
Ak-36	2,54E-10	1,75E-08	4,39E-08	6,16E-08	0,41	28,34	71,24
Ak-37	2,54E-10	1,23E-08	6,00E-08	7,26E-08	0,35	16,98	82,67
Ak-38	2,56E-10	5,93E-08	1,11E-10	5,97E-08	0,43	99,38	0,19
Ak-39	2,54E-10	2,69E-08	3,71E-08	6,42E-08	0,4	41,86	57,75
Ak-40	2,54E-10	2,45E-08	3,23E-08	5,71E-08	0,45	43	56,56

Основной фазой, ограничивающей накопление тория указанных концентраций в водном растворе оказался минерал ThO_2 (торит), образование которого фиксируется в равновесной минеральной ассоциации. А это значит, что содержания тория в пробах поверхностных вод, превышающие указанные концентрации (если будет установлено), обусловлены не истинно растворенными формами, а коллоидными либо мелкодисперсными, аналогично обнаруженному для Al при изучении кинетики растворения алюмосиликатов [1].

Выводы

1. Выполнен анализ химико-аналитических измерений концентраций макро и микрокомпонентов поверхностных вод района месторождения Ак-Тюз. Из результатов представленных химических данных, которые получены к настоящему времени, удалось установить следующее:

– условия питания поверхностных и подземных вод атмосферными осадками на всей исследуемой территории однотипны поскольку существуют относительно малые вариации изотопного состава воды,

– время водообмена в исследуемой структуре невелико и исчисляется не более чем несколькими месяцами, то есть удаленные горные области питания или поступление глубинных подземных вод к дневной поверхности на данный момент можно исключить из рассмотрения;

– в двух случаях обнаруживается значительное испарение воды по наличию вторичного фракционирования, в обоих случаях это оказываются водоемы-отстойники; по-видимому, исследуемая система представляет собой совокупность нескольких небольших водосборов не связанных друг с другом, вследствие чего химический состав поверхностных и подземных вод может заметно варьировать во времени и пространстве; для левобережья р. Кечи-Кемин в районе отвалов рудника по добыче редкоземельных металлов отмечается локальная аномалия, связанная с окислением сульфидов в отвалах пустых пород и последующим растворением карбонатов.

2. Выполнен расчет конкурирующего комплексообразования тория в водных растворах состава природных поверхностных вод. Установлена возможная предельная

концентрация Th в поверхностных водах в форме истинного раствора ($n \times 10^{-8}$ мг/кг H₂O). Превышение этой концентрации означает появление коллоидной или мелкодисперсной формы миграции тория.

3. Создана физико-химическая модель (и выполнено моделирование) формирования состава поверхностных вод месторождения Ак-Тюз, которая подтверждает аналитически определенные концентрации компонентов поверхностных вод, и может быть использована для прогнозных целей

Литература

1. В.А. Алексеев, Б.Н. Рыженко, С.Л. Шварцев и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы «вода-порода». Том 1. Система вода – порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск, СО РАН. 2005. 242 с.
2. Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов // М.: Изд-во МГУ, 1992. 256с.
3. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты // М: ЦентЛитНефтеГаз, 2012. 672с.
4. КЫРГИЗСКАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ. Условия загрязнения подземных вод в восточной части Чуйской впадины. Отчет о результатах эколого-гидрогеологических исследований в пределах листов К-43 и др. в границах КР за 2000-2005 гг.
5. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ ОБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО И КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (ГН 2.1.5.1315-03). Постановление Главного санитарного врача РФ 30.04.2003 Москва №78
6. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин (для геологов) // М.: Атомиздат, 1971. 240с.
7. Рыженко Б.Н. Термодинамика равновесий в гидротермальных растворах // М.: Наука, 1981. 191 с.
8. Смирнов Н.В., Зотов И.А., Ставинский В.А., Исаев И.С., Ким В.Ф. Редкоземельно-иттриевое месторождение Актюзского рудного поля (Северный Тянь-Шань) // Докл. АН СССР. 1992. Т.332. №2. С.382-385.
9. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана // Бишкек: ИЛИМ. 2009.
10. Черны М., Машек В. Велеба Б., Ерохин С.А., Нурабаев А. Оценка экологического состояния участков разработки месторождений, расположения обогатительной фабрики в долине реки Кичикемин (участок «Актюз») и перерабатывающих цехов в долинах рек Кашка и Беркут (участок «Кашка»). Заключительный отчет. GEOMIN. Чешская республика. 2011.
11. Borkowski M., Richmann M. Comparison of recent Thorium Thermodynamic Data with Those used in WIPP FMT_050405.CHEM DAT DATABASE. LA-UR 09-07298. Los Alamos. 2009.
12. Jung H.G., Himmelsbach T. Hydrogeochemical Groundwater Monitoring in Mailuu-Suu, Kyrgyz Republic. Final Report, BGR Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. Hannover: 2008
13. Helgeson P.C. et al. Thermodynamic properties of minerals, gases and aqueous species at high temperatures and pressures (электронные таблицы, полученные от составителей). Версии 1992, 1995 и 1998 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

И.В. Вологодина¹, Д.С. Покровский², Е.М. Дутова³, А.С. Кульков¹, И.В. Радюк³,
Т.С. Спиридонов³

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия;

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия;

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия;
E-mail: ivv@ggf.tsu.ru; dsp@sibmail.com; dutova@sibmail.com; radyuk_ilya@mail.ru.

Аннотация. В ходе эксплуатации водозаборов из подземных источников неизбежно образуется большое количество осадков, отлагающихся на технологическом оборудовании, фильтрах скважин, в отстойнике. Их формирование приводит к снижению эффективности водоподготовки, вызывает проблемы, связанные с вопросами их обработки и утилизации. Изучаемые нами осадки представляют собой минеральные новообразования, обладающие специфическим строением и составом. В статье представлены разработанная авторами методика и методы изучения осадков систем водоснабжения из подземных источников.

Ключевые слова: водоснабжение, подземные воды, водоподготовка, зернистые фильтры, минеральные новообразования, микроструктура, химический состав, минеральный состав.

Abstract. A large amount of deposits is inevitably formed of underground sources during operation of water intakes which are deposited on processing equipment, filters of wells and in a settler. Their formation leads to decrease in efficiency of water treatment, causes the problems connected with questions of their processing and utilization. Deposits studied by us, represents the mineral new growths possessing a specific structure and composition. The technique developed by authors and methods of studying deposits for systems of water supply from underground sources are presented in article.

Keywords: water supply, underground waters, water treatment, granular filters, mineral new growths, microstructure, chemical composition, mineral structure.

В технических системах водоснабжения, как и в природных условиях, вода, содержащая растворенные компоненты, обладает способностью реагировать на изменение термодинамических условий (температура, давление, газовый режим) и соответственно изменять свой химический состав, вследствие чего из раствора выводится твердая минеральная фаза. Это общеизвестное положение имеет далеко идущие следствия. В ходе эксплуатации водозаборов из подземных источников неизбежно возникают проблемы связанные с ухудшением фильтрационных свойств водовмещающих пород и уменьшением удельных дебитов эксплуатационных скважин. Исследователи говорят о «старении водозаборов» [1], выделяя помимо коррозии оборудования следующие причины ухудшения экологической обстановки на объектах водоснабжения: пескование, связанное с механическим привнесом взвешенных частиц; заохривание (химические и микробиологические процессы отложения труднорастворимых соединений железа и марганца); отложение соединений алюминия и других химических элементов, вызванное изменением физико-химических условий; отложение карбонатных соединений; ослизнение, связанное с массовым развитием микроорганизмов.

С минералогических позиций осадки систем водоснабжения исследованы слабо. Они характеризуются нанометровой размерностью и плохой окристаллизованностью, что вызывает ряд трудностей при изучении строения и состава осадков.

Согласно классификации минеральных новообразований, обязанных влиянию разнообразных технологических процессов [2], осадки систем водоснабжения представляют собой **природно-техногенные** образования. Принимая во внимание, что

формирующиеся минеральные новообразования являются продуктом водной среды, из которой они осаждаются, правомерно также отнести их к современным **гидрогенным минеральным новообразованиям осадочного типа**.

Для изучения процессов осадкообразования и анализа формирующихся минеральных новообразований на основе районирования территории по комплексу признаков в качестве представительных и обладающих наиболее характерными гидрогеохимическими обстановками и условиями залегания подземных вод были выбраны водозаборы Томской области и Алтайского края. Водозаборы Томской области – городов Томска и Стрежевого, а также Томского Академгородка и пос. Кисловки. Первые два из них базируются на подземных водах палеогена в крайних южной и северной точках области, водозабор Академгородка типичен для водоносного комплекса палеозойских образований, а водозабор пос. Кисловка является практически единственным из эксплуатирующих горизонты четвертичного возраста и имеющих очистные сооружения. Водозаборы Алтайского края – городов Бийска, Заринска, п. Южного города Барнаула.

Водозаборы г. Бийска базируются на эксплуатации четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений, водозаборы г. Заринска и п. Южного города Барнаула эксплуатируют водоносные горизонты палеогеновых отложений.

Детальные исследования минеральных новообразований на этих водозаборах ранее не проводились. Нами была разработана схема отбора проб с учетом типизации химического состава подземных вод и районирования территории по технологиям водоподготовки. Образцы осадков были отобраны на выбранных нами типовых водозаборах и, по возможности, с различных мест их образования в технологическом процессе водоподготовки. При отборе проб была поставлена задача – охватить основные этапы подготовки воды на водозаборах из подземных источников, поэтому образцы отбирались с осадков, образовавшихся на водоподъемном и водомерном оборудовании скважин, на зернистых фильтрах обезжелезивания и в отстойниках. Образцы осадков, образовавшихся на зернистых фильтрах водозаборов г. Томска и Томского Академгородка, были отобраны с учетом поэтапного введения в работу фильтров и вида используемых загрузок.

Осадки скважинного оборудования водозабора Академгородка отбирались в ходе промывок оборудования, проводимых по мере его зарастания. На водозаборе п. Кисловки, где используются напорные фильтры, образец осадка был отобран из трубы для отвода фильтрата. На водозаборах Алтайского края отобраны образцы осадков, сформировавшихся на зернах загрузки фильтров.

Кроме натуральных исследований выполнен блок экспериментальных работ. В ходе эксперимента фильтрующие материалы трех видов (кварцевый песок из районов гг. Славгорода и Волгограда и дробленый альбитофир из карьера пос. Горный Новосибирской области) механически закрепляли на пластине и помещали на разное время в проточную исходную нефилтрованную воду, имеющую постоянный контакт с кислородом воздуха в условиях очистных сооружений водозаборов: 1 группа (упрощенная аэрация) и 2 группа (дополнительная аэрация) – 16 суток на водозаборе Академгородка, 3 группа (упрощенная аэрация) – 48 суток на водозаборе г. Томска.

Как уже отмечалось выше, осадки систем водоснабжения представляют собой смесь высокодисперсных и плохо окристаллизованных минералов, являющихся проблемными объектами для классических методов исследований, и их изучение сопряжено с определенными методическими трудностями, которые в специальной литературе практически не нашли отражения. В связи с этим, были рассмотрены методики, применяемые для изучения дисперсных пород, почв и глинистых минералов [3, 4], и с учетом имеющихся возможностей выбраны наиболее эффективные из них.

Для решения поставленных задач мы использовали комплекс физико-химических методов исследований (таблица): 1) химический анализ; 2) спектральный анализ; 3) рентгеновский анализ; 4) инфракрасная спектроскопия; 5) термогравиметрический анализ; 6) съемки на растровом электронном микроскопе (метод РЭМ); 7) съемка на просвечивающем электронном микроскопе (метод ПЭМ) и микродифракционный анализ.

Химический анализ. Определение химического состава осадков было выполнено по общепринятым методикам, а для ряда образцов применен метод кислотной вытяжки [5].

Спектральный анализ минеральных новообразований выполнен на спектрографе ИСП-20.

Рентгенофазовый анализ. Исследования проводились в лаборатории кафедры физики ТГАСУ на дифрактометре ДРОН-3. Для расшифровки полученных данных использовали справочные и монографические источники [6, 7, 8].

Дифракционная картина образцов, содержащих несколько фаз, представляет собой наложение спектров, в связи с чем, рентгенофазовый анализ, являясь основным методом идентификации кристаллических материалов, малоэффективен для исследования нанокристаллических и аморфных минералов. Однако, применение монохроматизированного Fe-K α излучения и эффективного пропорционального счетчика позволило нам уверенно выявить слабые брегговские рефлексии на фоне широких диффузных максимумов в большом интервале углов рассеяния от 4–6 $^\circ$.

Инфракрасная спектроскопия (ИКС). Метод инфракрасной спектроскопии использовался для установления фазового состава осадков и выявления форм воды. Образцы осадков (навеска 1,8 мг) тщательно истирались, спрессовывались с KBr (навеска KBr – 800мг) в алюминиевых кольцах диаметром 2 см и исследовались в диапазоне 4000 – 400 см⁻¹. ИК-спектры образцов были получены на приборе Specord-75M. Погрешность определения частот колебательных линий ± 2 см⁻¹. Интерпретация характеристических спектров поглощения для диагностики минералов выполнялась на основе рекомендаций [9].

Термический метод включает: а) дифференциальный термический анализ, дающий кривые нагревания (ДТА), и б) термовесовой (термогравиметрический) анализ, дающий кривые изменения веса (ТГ и ДТГ – простые и дифференциальные кривые). Подготовка образцов и анализ проводились по общепринятым методикам. Исследования проводились на дериватографе системы «Paulik- Paulik-Erdey» на базе НИИ высоких напряжений при ТПУ.

Электронная микроскопия. Методы растровой (РЭМ) и просвечивающей (ПЭМ) электронной микроскопии занимают особое место в изучении процессов осадкообразования в системах водоснабжения, т.к. являются единственными прямыми локальными методами визуализации морфологических и микроструктурных особенностей исследуемых объектов. По мнению исследователей, занимающихся изучением ультрадисперсного, наноразмерного минерального вещества, эти методы являются наиболее информативными [10, 11].

С появлением растрового электронного микроскопа Tescan VEGA II LMU (ТГУ), совмещенным с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy мы имеем возможность изучать осадки методами сканирующей зондовой микроскопии, что позволяет получать сведения не только о строении, но и вещественном составе осадков.

Электронномикроскопические исследования проводились на базе лаборатории электронной микроскопии кафедры физики ТГАСУ и ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ГГФ ТГУ.

Методом растровой микроскопии исследована морфология осадка, образовавшегося на поверхности гранул фильтрующего материала. Наблюдения проводили на электронном микроскопе TESLA BS – 301 в режиме вторичных электронов. Образцы фильтрующей загрузки, отработавшей в фильтрах в течение различного срока, перед электронно-микроскопическими исследованиями высушивали при комнатной температуре. В процессе сушки осадки на фильтрах сохранили свою первоначальную структуру, а образцы осадков, образовавшиеся в водоподъемных трубах эксплуатационных скважин, ее утратили, превратившись в неструктурированный порошок, вследствие чего их изучение было возможно только методом ПЭМ.

Препараты для исследования просвечивающей электронной микроскопии готовили методом суспензий из образцов, предварительно диспергированных в жидкой среде. Принимая во внимание слоистую структуру осадков, формирующихся на зернистых фильтрах, препараты некоторых проб осадка были приготовлены из отделенных друг от друга механическим путем слоев, что позволило изучить особенности строения каждого слоя. Наблюдения проводили на приборе ЭМВ – 100 АК.

Таблица

Методы исследования осадков на водозаборах Томской области

Методы исследования	Место расположения водозабора и отбора проб осадков					
	Академгородок Томского научного центра			г. Томск	г. Стрежевой	п. Кисловк а
	скважины	фильтры	отстойник	фильтры	фильтры	фильтры
Химический анализ	+	+	+	+	+	+
Кислотная вытяжка	-	+	-	+	+	+
Спектральный анализ	+	+	+	+	+	+
Рентгенофазовый анализ	+	+	+	+	+	+
Инфракрасная спектроскопия	+	+	+	+	+	+
Термический анализ	-	+	+	+	+	+
Растровая электронная микроскопия	-	+	-	+	+	-
Просвечивающая электронная микроскопия	+	+	+	+	+	+

Для повышения целенаправленности минералогических определений, сужения диапазона идентификации отдельных минералов и уточнения генезиса, формирующихся на оборудовании осадков, на начальном этапе исследований нами были проведены физико-химические расчеты равновесия вод с минералами горных пород или, иначе говоря, выполнено так называемое гидрогеохимическое тестирование вероятности того или иного современного гидрогенного минералообразования.

Для получения более полного представления о способности вод к тому или иному минералообразованию, кроме химических составов вод базовых водозаборов тестировались воды более широкого спектра объектов, включая скважины водозаборов, расположенных как в северных, так и в южных районах области, отдельные родники, а также речные воды северных территорий, характеризующихся повышенными содержаниями органических веществ и более кислыми средами. Для расчетов привлекались результаты как отдельных анализов, так и средние обобщенные сведения о химическом составе вод.

Оценка равновесности вод с алюмосиликатными минералами производилась путем нанесения данных состава вод, контролируемых то или иное минеральное равновесие, на построенные по методике Р. Гаррелса и Ч. Крайста диаграммы полей устойчивости конкретных минералов, а относительно широкого спектра силикатов,

карбонатов, сульфатов, хлоридов, фторидов, и гидроокислов – расчетами показателей состояния системы «вода-порода» (индексов неравновесности), выполненными с использованием программного комплекса HydroGeo, разработанного М.Б. Букаты [12]. Также были рассчитаны органические и неорганические формы миграции минералобразующих элементов.

Такое комплексное исследование осадков систем водоснабжение было выполнено впервые, что позволило получить новые и достоверные данные об их составе и строении. В результате была установлена прямая связь между химическим и минеральным составом осадков и химическим составом вод, эксплуатируемых водозаборов, выявлена изменчивость состава и строения осадков, формирующихся на разных этапах водоподготовки даже в условиях одного водозабора.

Литература

1. Покровский Д.С. Минеральные новообразования на водозаборах Томской области / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов, И.В. Вологодина, А.С. Тайлашев, Д.В. Лычагин. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 176 с.
2. Матвеева Л.И. Актуальные вопросы минералогии техногенеза / Л.И. Матвеева, С.Л. Шиманович // Современные проблемы минералогии и сопредельных наук: Тез. докл. к 8 съезду Всерос. минер. об-ва, Санкт-Петербург, 9–14 июня, 1992 – СПб., 1992. – С. 23-24.
3. Методы изучения минералогического состава и органического вещества почв / Под ред. Н.С. Рабочева. – Ашхабад: Изд-во «Ылым», 1975. – 416 с.
4. Горбунов Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 303 с.
5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
6. Гипергенные окислы железа в геологических процессах / Отв. ред. Н.В. Петровская. – М.: Наука, 1975. – 206 с.
7. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – 863 с.
8. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов: Справочник. – М.: недра, 1989. – 479.
9. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 175с.
10. Лютоев В.П., Кочергин, Лысюк А.Ю., Силаев В.И., Голубев Е.А., Суетин В.П. Фазовый состав и структурное состояние природных железозоксидных пигментов // Доклады Академии наук. 2009. Т. 425. №3, С. 372-377.
11. Е.А. Голубев. Процессы надмолекулярного структурирования природных некристаллических веществах по данным сканирующей зондовой микроскопии. Нано- и микросистемная техника. 2001. № 3. С. 7.
12. Букаты М.Б. Рекламно-техническое описание программного комплекса HydroGeo. – М.: ВНИИЦ, 1999. – 5 с. – Номер гос. Регистрации алгоритмов и программ во Всероссийском научно-техническом центре (ВНИИЦ) № 50980000051 ПК.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

С.О. Гриневский, С.П. Поздняков

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, кафедра гидрогеологии,
Москва, Россия, E-mail: sogrin@geol.msu.ru, spozd@geol.msu.ru*

Аннотация. Рассматриваются результаты моделирования формирования инфильтрационного питания и ресурсов подземных вод в разных ландшафтных условиях и при различных метеорологических параметрах, характеризующих ретроспективные, современные и прогнозные климатические условия юго-западной части Московского артезианского бассейна. На основе сопоставления результатов моделирования за различные временные периоды 20-21 веков проведен анализ изменения элементов водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации и их роли в климатических изменениях инфильтрационного питания и ресурсов подземных вод данного региона.

Abstract. The results of simulation the formation of groundwater recharge and resources under retrospective, current and prognostic climate conditions in different landscapes of south-western part of the Moscow artesian basin are presented. Analysis of the simulation results for different time periods of 20-21 centuries shows significant changes in the surface and vadose zone water balance and groundwater recharge due to climate fluctuations.

Инфильтрационное питание подземных вод (ИП) за счет атмосферных осадков в среднемноголетнем разрезе определяет величину их естественных ресурсов, которая непрерывно возобновляется в процессе круговорота воды и в практическом отношении характеризует верхний предел возможного использования пресных подземных вод зоны интенсивного водообмена без их истощения. Значительный интерес к проблеме влияния климата на ресурсы подземных вод, возросший в последние годы, вызван необходимостью оценки перспектив их использования и адаптации стратегий водопотребления к происходящим и прогнозируемым изменениям климата.

В данной работе представлены результаты модельной оценки влияния наблюдаемых и ожидаемых в 21 веке изменений климата на процессы формирования ИП на примере юго-западной части Московского артезианского бассейна (МAB). Методика проведения исследований основана на моделировании процессов трансформации осадков на поверхности земли и водного баланса в зоне аэрации (ЗА), в совокупности определяющих формирование ИП для различных ландшафтных условий. Моделирование проведено с использованием фактических и прогнозных (синтезированных) многолетних рядов метеорологических характеристик, отражающих предшествующие, существующие и ожидаемые климатические условия за расчетные периоды 20-го и 21-го веков. Сопоставление результатов моделирования за разные временные периоды дает возможность проанализировать климатические изменения ИП и других показателей среднемноголетнего водного баланса на поверхности земли и в ЗА, в зависимости от ландшафтных условий.

Модель формирования ИП состоит из двух взаимосвязанных расчетных блоков. В первом моделируется трансформация атмосферной влаги на поверхности земли и определяется расход поступления влаги в ЗА, формирующийся с учетом неравномерности поступления осадков, процессов их задержания и испарения растительностью, условий снегонакопления и снеготаяния, промерзания и оттаивания почвы, а также стокообразования. Численная реализация моделей этих процессов осуществлена в программном коде SurfBal [3]. Результаты моделирования водного баланса на поверхности определяют условие на верхней границе второго расчетного блока, представленного моделью одномерного вертикального влагопереноса от

поверхности почвы до уровня грунтовых вод (УГВ) с учетом транспирационного отбора влаги корнями растений, реализованной в широко известном программном коде HYDRUS-1D [6]. При этом величина ИП оценивается как расход влаги, поступающий на нижнюю границу модели влагопереноса, где задается напор, отвечающий глубине залегания УГВ.

Моделирование проведено с использованием типовых (характерных) параметров, характеризующих основные различия древесной («лес») и травянистой («поле») растительности, литологического состава почвы (пески, супеси, суглинки), строения и мощности ЗА [1, 2], что отражает наиболее контрастные природные условия формирования ИП рассматриваемой территории. Калибровка и верификация расчетных ландшафтных моделей ИП проведена на основе сопоставления наблюдаемой и расчетной высоты снежного покрова (рис. 1), внутригодовая динамика которой отражает основной объем весеннего поступления влаги в почву.

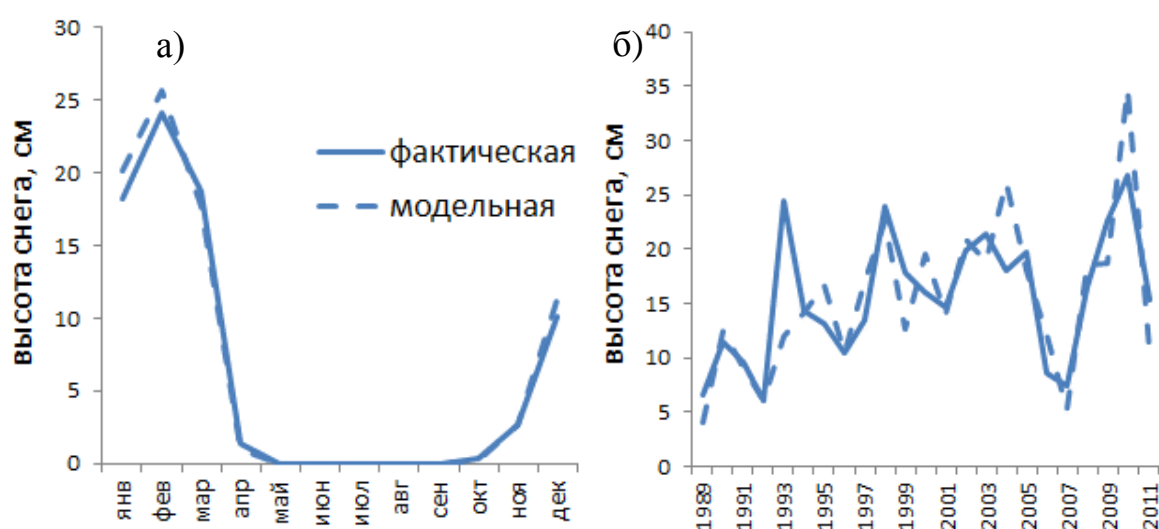


Рис. 1. Сопоставление фактической и расчетной среднемноголетней месячной (а) и среднезимней (б) высоты снежного покрова на примере метеостанции Спас-Деменск

Климатические условия, определяющие условия на верхней границе расчетных моделей, представлены многолетними рядами суточных величин суммы осадков, минимальной, максимальной, средней температуры и относительной влажности воздуха, а также высоты снежного покрова в зимний период по данным пяти метеостанций Калужской области. **Для расчетов и последующего анализа использован 48-летний период наблюдений с 1965 по 2012 гг.** По всем анализируемым рядам отчетливо прослеживается увеличение минимальных, средних и максимальных температур воздуха, начиная, примерно, с начала 80-х годов прошлого века (рис. 2), причем наблюдаемые тренды являются статистически значимыми. Тренды годовых сумм осадков не выражены, однако в большинстве случаев их среднемноголетние значения также несколько увеличиваются. Следует подчеркнуть, что подобные изменения климатических характеристик прослеживаются и по многим другим метеостанциям на территории МАБ.

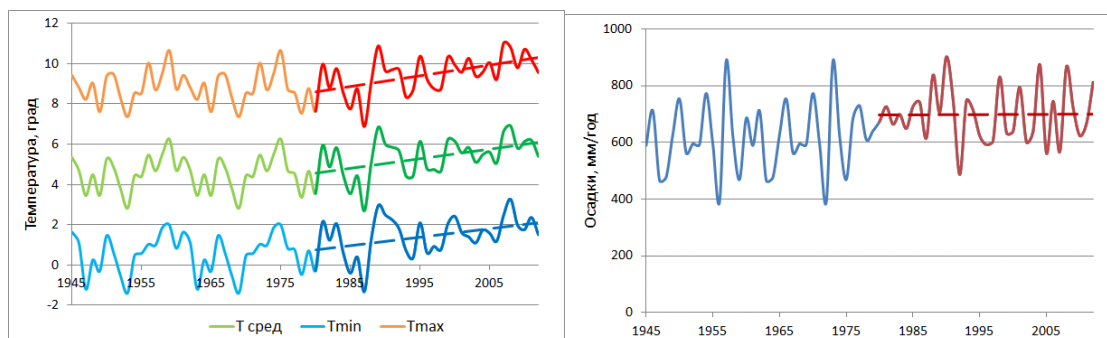


Рис. 2. Годовые температуры и суммы осадков с расчетными трендами с начала 80-х г 20 века на примере метеостанции г. Малоярославец

Для количественной оценки влияния наблюдаемых изменений климата проведено моделирование процессов формирования ИП за два 24-летних расчетных периода - с 1965 по 1988 гг, который рассматривается как климатически стационарный (стабильный), и - с 1989 по 2012 гг, который характеризуется увеличением среднееголетних значений: температуры воздуха на 1,1-1,4 $^{\circ}$ C и годовой суммы осадков на 23-59 мм/год (5-10%). При этом максимальное увеличение температуры отмечается в зимний период (максимум в январе - на 2,5-4,5 $^{\circ}$ C) и в меньшей степени летом (максимум в июле - на 1-1,5 $^{\circ}$ C). В то же время увеличение осадков происходит преимущественно весной и осенью, а летом они несколько сокращаются – рис. 3.

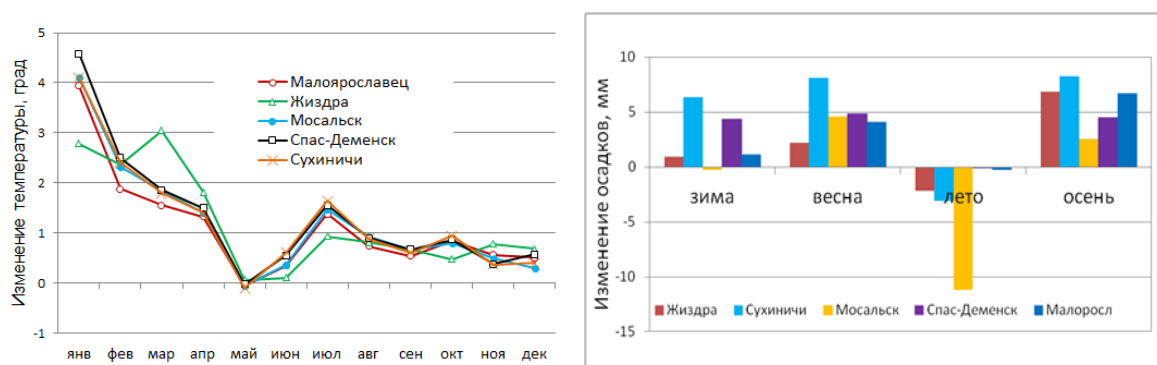


Рис. 3. Изменение внутrigодовых средних значений температуры воздуха и сумм осадков за период 1989-2012 гг по сравнению с периодом 1965-1988 гг

Результаты моделирования позволяют проанализировать изменения составляющих среднееголетнего водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации, в зависимости от ландшафтных условий за период 1989-2012 по сравнению с периодом 1965-1988 гг. Во-первых, увеличение зимней температуры воздуха вызывает сокращение снежного покрова (рис. 4а) и приводит к деформации годового гидрографа поверхностного стока – сглаживается пик весеннего половодья, а зимняя межень за счет оттепелей становится неустойчивой (рис. 4б). Годовой слой поверхностного стока при этом увеличивается на 5-30 мм/год на открытых полевых ландшафтах, в то время как в лесу происходит только перераспределение зимнего и весеннего стока при практически неизменной годовой сумме.

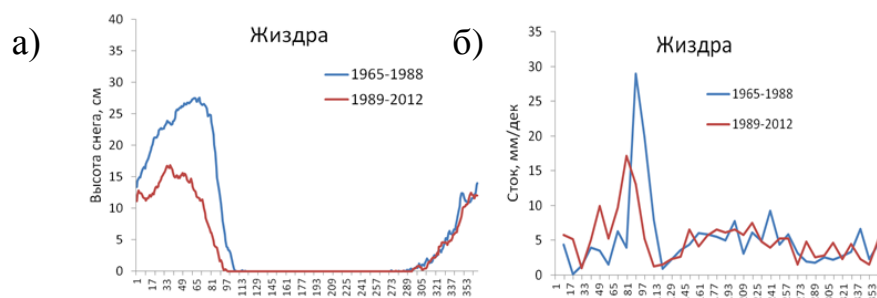


Рис. 4. Сопоставление среднемноголетнего расчетного внутригодового распределения высоты снежного покрова (а) и гидрографа поверхностного стока (б) за современный (1989-2012 гг) и предшествующий (1965-1989 гг) периоды (на примере метеоданных станции Жиздра)

Во-вторых, увеличение температуры воздуха вызывает рост суммарной эвапотранспирации на 10-30 мм/год, которая на открытых полевых ландшафтах вызвана, главным образом, увеличением испарения, а на закрытых лесных – транспирации. При этом увеличение эвапотранспирации происходит преимущественно весной и в начале лета, что связано не столько с ростом температуры, сколько с увеличением доступной почвенной влаги в этот период. В-третьих, нестационарность климатических условий приводит к сезонному перераспределению влагозапасов ЗА, обуславливая более «сырой» зимне-осенний период и более «сухой» - весенне-летний (рис. 5а). В результате таких нелинейных преобразований водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации происходит незначительное и относительно равномерное внутригодовое увеличение среднемноголетнего ИП – от 5 до 20-30 мм/год, при этом максимальные значения характерны для северной части территории и лесных закрытых ландшафтов (рис. 5б).

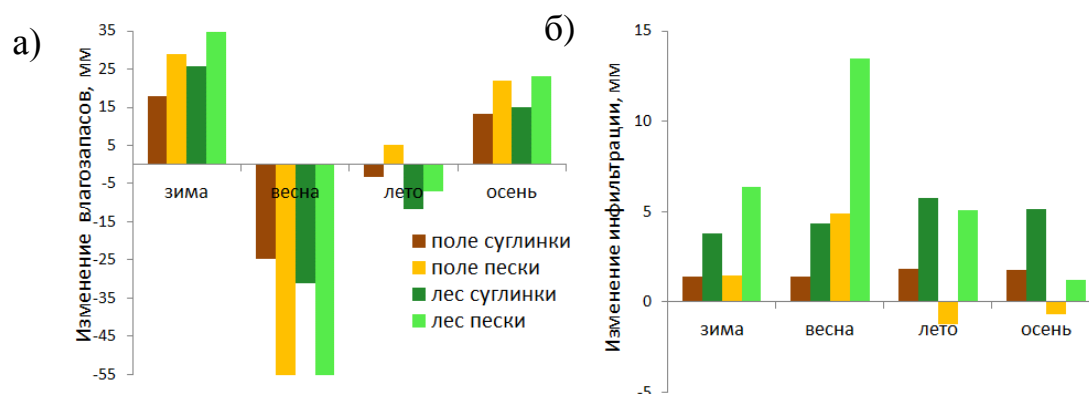


Рис. 5. Среднемноголетнее внутригодовое изменение влагозапасов ЗА (а) и инфильтрации (б) за период 1989-2012 гг по сравнению с периодом 1965-1988 гг (на примере метеоданных станции Малоарславец)

В целом, анализируемые климатические изменения за период 1989-2012 гг проявились и в интегральных водно-балансовых показателях – незначительном (до 5%) увеличении эвапотранспирации и более значимом – до 15% увеличении суммарного стока, которое на открытых полевых ландшафтах связано с ростом его поверхностной составляющей, а на закрытых лесных – подземной (за счет увеличения ИП). На основе построения карты изменения среднемноголетнего ИП для рассматриваемой территории юго-западной части МАБ, которая отражает ландшафтную неоднородность его формирования, получено, что за рассматриваемый современный период 1989-2012 гг

естественные ресурсы подземных вод этого региона увеличились на 9% (780 тыс. м³/сут).

На втором этапе исследований проведен анализ ожидаемых в 21 веке прогнозных климатических изменений на формирование ИП рассматриваемой территории. Для генерирования прогнозных входных рядов метеоданных использован широко известный стохастический генератор метеоданных LARS-WG 5.5, который включает все 15 глобальных циркуляционных моделей, использованных в 4-м оценочном докладе международной комиссии по изменению климата [4, 5] и 9 европейских региональных моделей. В качестве базового прогнозного сценария изменения климата выбран сценарий A1B [5], предусматривающий умеренный выброс парниковых газов в атмосферу на фоне глобального экономического роста в 21 веке. Согласно этому сценарию были сгенерированы последовательные серии стационарных климатических рядов, соответствующие четырем прогнозным периодам 21 века: 2011-2030гг; 2030-2050гг; 2046-2065гг и 2080-2099гг, которые показывают дальнейший рост средней температуры воздуха, причем преимущественно за счет потепления в зимний период, а также увеличение количества осадков с максимумом в середине 21 века – рис. 6а.

Сопоставление результатов моделирования ИП при существующем климате и за 4 прогнозных периода 21 века при соответствующих входных метеорологических параметрах позволяют оценить ожидаемые изменения среднегодового водного баланса в целом и ИП в частности. Согласно результатам моделирования, ожидается дальнейшая деградация снежного покрова и пика весеннего половодья - рис. 6б.

До середины 21 века интегральные величины эвапотранспирации и стока растут, а во второй половине увеличение эвапотранспирации приостанавливается (несмотря на рост температуры), а суммарный сток сокращается (несмотря на то, что прогнозные осадки в этот период несколько превышают современные) – рис. 7а. Это связано с опережающим ростом температуры воздуха на фоне незначительного увеличения осадков, что перераспределяет интегральный баланс в сторону эвапотранспирационных процессов и в то же время ограничивает их рост недостатком влаги.

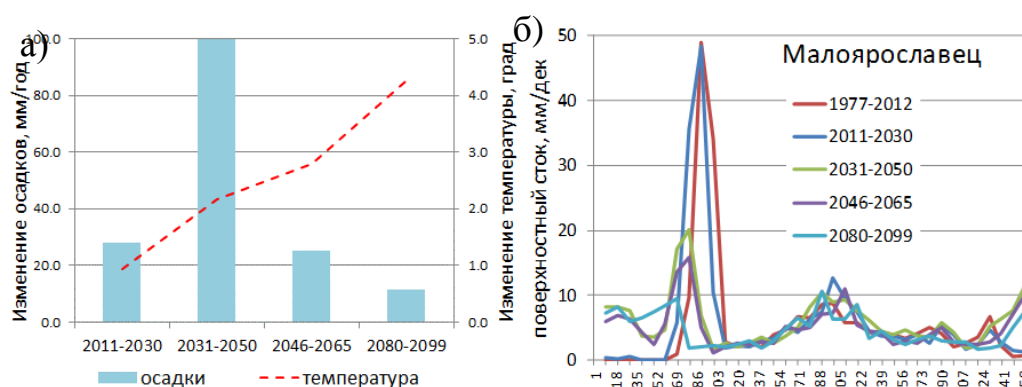


Рис. 6. Прогнозные среднегодовые: а) изменения годовой суммы осадков и средней температуры воздуха; б) модельные гидрографы поверхностного стока в расчетные периоды 21 века (на примере метеоданных станции Малоярославец)

Такие воднобалансовые изменения, в целом, приводят к прогнозируемому увеличению среднегодового ИП в первой половине 21 века - рис. 7б, и соответствующему увеличению естественных ресурсов подземных вод рассматриваемого региона на 46% (4,1 млн. м³/сут). Согласно климатическим сценариям второй половины 21 века, результирующие изменения ИП во многом зависят от ландшафтных условий его формирования, однако в целом для рассматриваемой территории среднегодовое ИП будет меньше современного, что приведет к сокращению естественных ресурсов

подземных вод на 40% от их современной величины (на 3,3 млн. м³/сут). При этом следует подчеркнуть, что «далекие» прогнозные сценарии климатических изменений являются наименее достоверными и наиболее экстремальными.

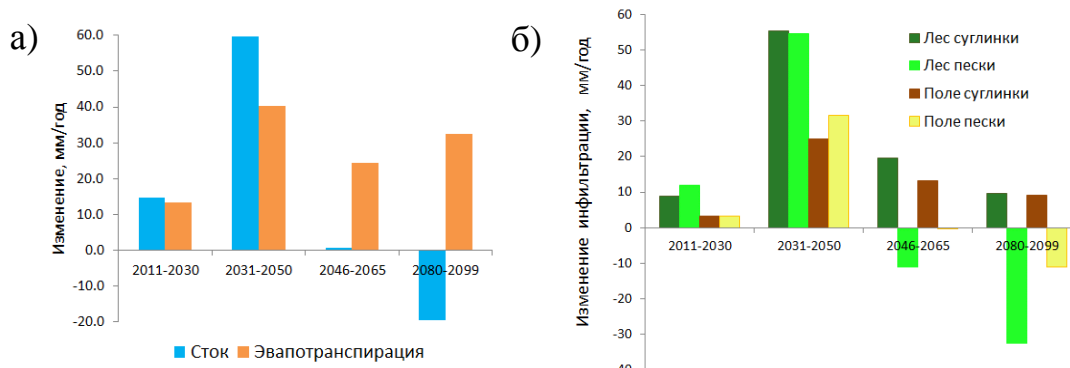


Рис. 7. Прогнозные изменения среднееголетних величин: а) суммарного стока и эвапотранспирации; б) инфильтрации в расчетные периоды 21 века (на примере метеоданных станции Малоарославец)

Таким образом, проведенные модельные оценки показали весьма существенное влияние существующих и ожидаемых климатических изменений на условия формирования водного баланса на поверхности земли и в зоне аэрации. При этом масштаб этого влияния напрямую зависит от прогнозных сценариев изменения климата, что делает весьма актуальным повышение их достоверности. Анализ результатов моделирования показал, что существующие и ожидаемые климатические изменения среднееголетнего ИП не превышают 40-50 мм/год и существенно зависят от ландшафтных условий. В этом случае даже довольно экстремальные сценарии ожидаемых климатических изменений не приводят к катастрофическому сокращению ресурсов подземных вод, что повышает их значимость, как надежного источника водообеспечения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-00841

Литература

1. Гриневский С.О. Схематизация строения и параметров зоны аэрации для моделирования инфильтрационного питания подземных вод // Вестник МГУ, сер. 4. Геология. 2010. №6. С.56-67.
2. Гриневский С.О. Моделирование поглощения влаги корнями растений при расчетах влагопереноса в зоне аэрации и инфильтрационного питания подземных вод // Вестник МГУ, сер. 4. Геология. 2011. №3, с 41-52.
3. Гриневский С.О., Поздняков С.П. Принципы региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе геогидрологических моделей // Водные ресурсы. 2010. Т. 37, № 5. С. 543 - 557.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. М.: Росгидромет. 2008. 90 с.
5. Climate Change: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. 2007
6. Šimůnek J., Šejna M., Saito H., Sakai M., van Genuchten M. Th. The HYDRUS-1D Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Ver. 4.08. // Prepr. Depart. of Environ. Sci. University of California Riverside. California, Riverside. 2009. 296 p.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СКЛАДЧАТЫХ ПОЯСОВ

О.Н. Грязнов

*Уральский государственный горный университет. Екатеринбург. Россия.
E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru*

Аннотация. На примере Урала рассмотрены инженерно-геологические условия складчатых поясов: факторы формирования инженерно-геологических условий, элементы инженерно-геологической зональности.

Abstract. The engineering-geological condition in fold belts such as: factors forming the engineering-geological conditions, elements of engineering-geological zoning were reviewed on the Ural Mountains.

Складчатые пояса, отличаясь по возрасту (палеозойские, мезозойские, кайнозойские) и времени проявления главных фаз складчатости (байкальские, каледонские, герцинские, альпийские) [2], характеризуются комплексом одноплановых факторов, ответственных за формирование инженерно-геологических условий. Однако они различаются по значимости и интенсивности проявления тех или иных факторов. Наиболее полным проявлением факторов отличаются палеозойские пояса уральского типа. Инженерно-геологические условия складчатых поясов рассмотрим на примере Урала.

Инженерно-геологические условия территории, согласно представлений И.В. Попова [11], В.Д. Ломтадзе [10], В.Т. Трофимова [14], - комплекс взаимосвязанных компонентов геологических условий, определяющих возможности ее хозяйственного освоения. Инженерно-геологические условия формируются при взаимодействии физико-географических, региональных геологических, а на освоенных территориях и техногенных факторов [11, 14].

Многолетние исследования геологии, металлогении, инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии Урала от Восточных Мугоджар на юге до Полярного Урала на севере, позволяют выделить следующие факторы, ответственные за формирование инженерно-геологических условий (ИГУ) [7]:

Физико-географические (в том числе зональные) факторы – плейстоцен-современные природные условия: орография, гидрография, климат, мерзлотные условия, ландшафты.

Региональные геологические факторы: геологическое строение, тектоника, история геологического развития; региональный метаморфизм; флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы; вещественные инженерно-геологические комплексы; природные геологические процессы и связанные с ними явления, гидрогеологические условия; природное загрязнение территорий (природной среды).

Техногенные факторы: горно-промышленный техногенез; промышленный техногенез; сельскохозяйственный техногенез; урбанизация территорий; техногенные и техноприродные геологические процессы; химическое и радиоактивное загрязнение природной среды.

В сжатых рамках доклада невозможно охарактеризовать роль всех факторов в формировании ИГУ. Остановимся на рассмотрении региональных геологических факторов. Остальные изложены в статье [8].

Геологическое строение, тектоника, история геологического позднепалеозойского развития.

Каледоно-герцинский (O₂-P) Уральский складчатый пояс характеризуется проявлением редуцированных байкалит (V-O₁) и реликтовых блоков метаморфических

горных пород AR-PR фундамента в антиклинорных структурах. Особый период в жизни Урала связан с позднепалеозойской-мезозойской тектоно-магматической активизацией (ТМА) региональных структур в блоках ранней (доуралиды) и поздней (уралиды) стабилизации [4]. В ее развитии могут быть выделены две стадии: ранняя (поздняя пермь – ранний триас) и поздняя (средний триас – средняя юра). Ранняя стадия выразилась в образовании региональных разломов или подновлении существовавших. Вторая стадия проявилась в образовании наложенных вулканогенно-молассовых впадин в структурах восточного склона и подновлении разнопорядковых разломов складчатого фундамента. В поперечном сечении Уральской инженерно-геологической провинции с запада на восток выделены инженерно-геологические регионы: Западно-Уральский, Центрально-Уральский, Главный Уральский, Восточно-Уральский и Зауральский [6].

Западно-Уральский регион сложен преимущественно палеозойскими осадочными комплексами пород. Основное значение в структуре региона имеют крупные перемещения шарьяжного типа вдоль всего западного склона Урала, сопровождающиеся интенсивной линейной складчатостью, либо системами пологих моноклиналей и сдвоенных разрезов.

Главнейшими структурами **Центрально-Уральского региона** (Центрально-Уральского поднятия (ЦУПа) по [3]) являются разнопорядковые антиклинории и синклинории. Антиклинории сложены докембрийскими комплексами. Древнейшие для Урала архейско-раннепротерозойские глубокометаморфизованные отложения слагают Тараташский выступ фундамента платформы – основание складчатого пояса. Нижнепротерозойские комплексы выявлены в Уфалейском (Средний Урал) и Харбейском (Полярный Урал) гнейсово-мигматитовых комплексах. Антиклинорные структуры сложены гнейсами и кристаллическими сланцами. Сочетание поднятий и прогибов обуславливает геологическую и инженерно-геологическую анизотропию ЦУПа. На севере региона это Полярно-Уральский мегантиклинорий, представленный Оченьрдско-Манитанырдским на западе и Нундерминско-Харбейским на востоке антиклинориями, разделенными Талота-Пайпудынским грабен-синклинорием с ордовик-силурийским комплексом отложений. Ляпинско-Кутимский мегантиклинорий Приполярного Урала к югу сменяется структурами Кваркушско-Каменогорского мегантиклинория, а на Среднем Урале – Билимбаевско-Шунутского мегасинклинория. На Южном Урале Башкирский и Уфалейско-Уралтауский мегантиклинории разделены Зилаиро-Эмбинским мегасинклинорием.

Главный Уральский регион (Тагило-Магнитогорский прогиб) протянулся на 2300 км от Байдарацкой губы на Полярном Урале до южного окончания Западных Мугоджар. Он представлен серией крупных мегасинклинорных структур, сложенных вулканогенными и резко подчиненными им осадочными комплексами ордовика – среднего карбона, вмещающими интрузивы ультраосновного, основного и кислого (гранитоидного) состава. Естественной западной границей региона является Главный Уральский глубинный разлом. Восточная граница более сложная и фиксируется серией кулисных глубинных разломов второго порядка. Одним из них на Среднем Урале служит Серовско-Маукский разлом. Согласно К.П. Плюснину [3], одной из главных особенностей региона является широкое развитие конседиментационных кольцевых вулкано-тектонических структур и связанных с ними малоглубинных интрузивных и субвулканических тел габбро-гранитоидного ряда.

Восточно-Уральский регион поднятий и сопряженных прогибов – сложное горно-складчатое сооружение, состоящее из ряда положительных (антиклинорных) и отрицательных (синклинорных) структур второго порядка. В поднятиях обнажены глубокометаморфизованные рифейско-раннепалеозойские гнейсово-сланцевые

комплексы с плутонами гранитоидов, а в прогибах – осадочно-вулканогенные образования силурийско-каменноугольного возраста. Внутри палеозоид синклинорных структур широко распространены крупные массивы гипербазитов и базитов, слагающие прибортовые части прогибов и фиксирующие зоны глубинных разломов. Базит-гипербазитовые формации прогибов обуславливают их фемический металлогенический профиль, а гранито-гнейсовые и гранитные комплексы – салический металлогенический профиль поднятий.

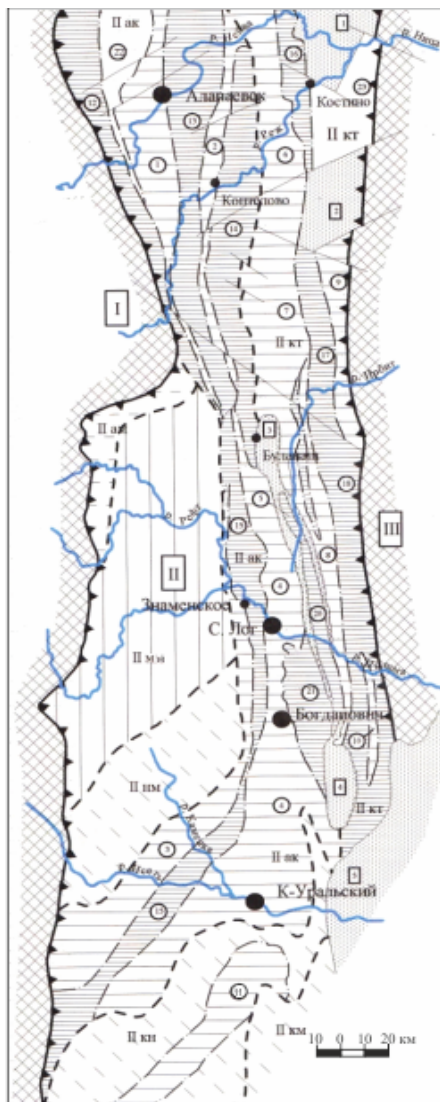
Чередование в широтном плане антиклинорных и синклинорных структур формирует региональную поперечную геологическую и инженерно-геологическую зональность региона. На Среднем Урале с запада на восток сменяются: Верхотурско-Верхисетский мегантиклинорий – Медведевско-Свердловский мегасинклинорий – Сосьвинско-Коневский мегантиклинорий – Алапаевско-Теченский мегасинклинорий. Их границами служат глубинные разломы второго порядка: Серовско-Маукский, Пийско-Петрокаменский, Мурзинский, Сусанско-Асбестовский.

На Южном Урале поперечная зональность обусловлена сменой Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория Арамилско-Сухтелинским мегасинклинорием, а затем Сосьвинско-Коневским мегантиклинорием и Алапаевско-Теченским мегасинклинорием. В меридиональном направлении поднятия составляют серии кулисообразно или четкообразно взаимосвязанных структур. Выступы гранито-гнейсовых комплексов в осевой части региона формируют Главный гранитный пояс Урала. С севера на юг сменяются: Яблыньинский, Салдинский, Сосьвинско-Коневский, Талдыкско-Кайрактинский и Текельды-Тауский выступы. Сложность строения региональных структур второго порядка можно проиллюстрировать на примере инженерно-геологической области Алапаевско-Теченского мегасинклинория (рис. 1).

Зауральский регион прогибов и остаточных поднятий граничит на западе с Восточно-Уральским регионом через систему Долматовско-Камышловских разломов. Он имеет отчетливое блоковое строение и характеризуется крупными синклинорными и антиклинорными структурами. Активный базальтоидный вулканизм в пределах пояса сопровождался габбро-гранитоидным интрузивным магматизмом и был сосредоточен в Александровско-Денисовской и Валерьяновской негативных структурах. В первой проявлены силурийские, во второй – каменноугольные комплексы. В позитивных структурах вскрыты более древние кембрийско-ордовикские комплексы. Палеозойские отложения перекрыты сплошным мощным чехлом мезозойско-кайнозойских осадков.

Главнейшие структурно-тектонические зоны Урала различаются глубинным строением, геологией и структурно-вещественными комплексами. Прямым следствием этого является специфичность их инженерно-геологических особенностей.

Новейший этап развития Урала начинается с середины верхнего олигоцена [13]. В этот период наблюдалось общее воздымание территории с формированием аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений. В миоцене образуются делювиальные, делювиально-пролювиальные красноцветные глины с щебнем и галькой. В плиоцене формируется рельеф, близкий к современному с аллювиальными, делювиальными и озерными песчано-галечными образованиями, глинами и суглинками. В раннем плейстоцене преобладают эрозионные процессы с солифлюкционно-делювиальными суглинками и глинами со щебнем. В среднем плейстоцене формируется аллювий четвертой надпойменной террасы. Ледниковая фаза определила развитие севернее г. Карпинска ледниковых, ледниково-речных и ледниково-озерных суглинков с валунами и щебнем, песков и слоистых глин. В позднем плейстоцене аккумулируются осадки второй надпойменной террасы песчано-гравийного состава. В голоцене формируются торфяники пойменных террас и междуречий.



Условные обозначения к рисунку

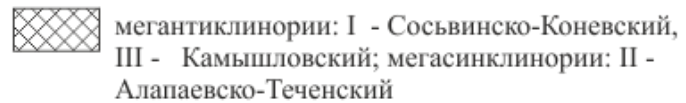
Границы структур различных порядков



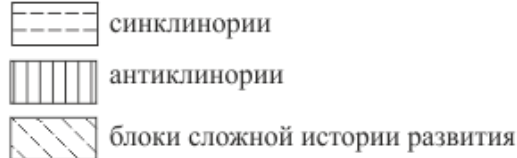
Условные обозначения: 1 - структуры II порядка, 2 - структуры III порядка, 3 - структуры IV порядка, 4 - триас-юрские наложенные впадины, 5 - разломы

Инженерно-геологическое и тектоническое районирование:

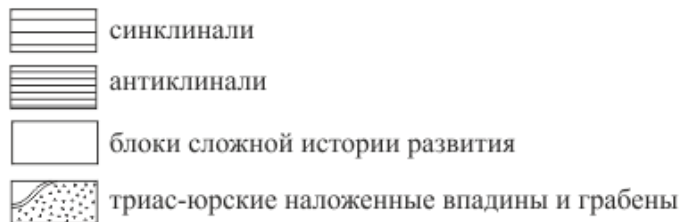
Региональные структуры II порядка (инженерно-геологические области):



Структуры III порядка (инженерно-геологические подобласти):



Структуры IV порядка (инженерно-геологические районы):



Структуры III порядка (инженерно-геологические подобласти): синклинории – Алапаевско-Каменский (II ак), Коптеловский (II кт), Асбестовско-Толмачевский (II ам); антиклинории – Махневско-Некрасовский (II мн), блоки сложной истории развития – Некрасово-Маминский (II нм), Кунашакский (II кн), Куркали-Маянский (II км); структуры IV порядка (инженерно-геологические районы): синклинали – Заряновская ①, Коптеловская грабен синклиналь ②, Смоленская ③, Егоршинско (Сухоложско)-Каменская ④, Верхне-Ирбитская ⑤, Лопатовская ⑥, Буланашская ⑦, Таушкановская ⑧, Шайтанская ⑨, Нижне-Полдневая ⑩, Усть-Багарякская грабен-синклиналь ⑪; антиклинали – Ясашинско-Кулигинская ⑫, Алапаевская ⑬, Ялунино-Мостовская ⑭, Сухоложско-Щербаковская ⑮, Костинская ⑯, Писанская ⑰, Паршинская ⑱, Клещевая моноклираль ⑲, Ново-Пышминская горст-антиклиналь ⑳, Прищановская ㉑; блоки сложной истории развития – Верхне-Алапахинский ㉒, Монастырский габбро-серпентинитовый массив ㉓; триас-юрские наложенные тектонические структуры – Яланско-Чернышевский грабен ①, Бачурский грабен ②, Буланаш-Елкинская впадина ③, Колчеданная впадина ④, Ильинско-Борисовская впадина ⑤

Рис. 1. Схема тектонического и инженерно-геологического районирования области Алапаевско-Теченского мегасинклинория. Составил Грязнов О.Н. по материалам Аенковой М.Н., Рапопорта М.С., Грабежевой Т.Г., Зонова В.С., Савельевой К.П., Заборовского В.Г., Шалагинова В.В.

Региональный метаморфизм. В ходе развития Уральского складчатого пояса эволюция геодинамического режима, термодинамических условий определили последовательную

смену в структурно-формационных зонах различных геологических типов регионального метаморфизма [5]: начального, зеленокаменного, зеленосланцевого, дислокационного, симатического и сиалического плутонометаморфизма, контактового метаморфизма. Геологические типы и фациальные условия проявления метаморфизма в инженерно-геологических регионах Урала отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Геологические типы и фации регионального метаморфизма
в инженерно-геологических регионах Урала**

Инженерно-геологические регионы Урала	Геологические типы метаморфизма					
	Начальный	Зеленокаменный	Зеленосланцевый	Дислокационный	Симатической плутонометаморфизм	Сиалический плутонометаморфизм
Западно-Уральский	Ц, ПП ^{х)}	ПП				
Центрально-Уральский			ЗС	ГС, ЗС		$\frac{А}{ЭА, ЗС}$
Главный Уральский		ЗС, ПП	ЗС, ПП	Э, ГС, ЗС	$\frac{ГР, Э, А}{ЭА, ЗС}$	
Восточно-Уральский	ПП	ЗС, ПП	ЗС, ПП	ЗС		$\frac{А (ГР)}{ЭА, ЗС}$
Зауральский	ПП	Ц, ПП, ЗС	ЗС, ПП	ЗС		$\frac{А}{ЭА, ЗС}$

^{х)} Фации метаморфизма: Ц – цеолитовая, ПП – пренит-пумпеллитовая, ЗС – зеленосланцевая, ГС – клаукофансланцевая, ЭА – эпидот-амфиболитовая, А – амфиболитовая, ГР – гранулитовая, Э – эклогитовая.

$\frac{А}{ЭА, ЗС}$ - в числителе – в породах ядра, в знаменателе – в сланцевом обрамлении и породах рамы

Флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы играют существенную роль как региональный фактор инженерно-геологических условий в связи с большим количеством месторождений твердых полезных ископаемых разнообразных промышленно-генетических типов с широким спектром инженерно-геологических условий [1, 7]. По данным Л.Н. Овчинникова, по состоянию на конец 70-х годов XX века на Урале отработано более 200 месторождений. В.А. Прокин на начало XXI столетия называет 107 месторождений, находящихся на разных стадиях изучения и разработки [12]. В связи с неравномерной поисковой изученностью Урала основное количество месторождений выявлено в его южной половине – на Северном, Среднем и Южном Урале (в Свердловской, Челябинской, Оренбургской областях и Республике Башкортостан). В поперечном сечении пояса они сконцентрированы в Центрально-Уральском, Главном Уральском и Восточно-Уральском регионах. Часть железорудных месторождений выявлена в Зауральском регионе, а месторождения углей, солей и других нерудных ископаемых – в структурах Предуральского прогиба. Это характеризует особенности инженерно-геологической зональности геологических структур различных порядков, контролирующих закономерности размещения месторождений.

Вещественные инженерно-геологические комплексы. Структурно-вещественные комплексы Урала характеризуются определенным составом вещественных инженерно-геологических комплексов, представляющих массивы горных пород коренной основы

со своими инженерно-геологическими характеристиками [7]. Горные породы коренной основы во многом определяют инженерно-геологические условия массивов и, как следствие, инженерно-геологические условия геологических структур различного порядка (районов – областей – регионов). В то же время инженерно-геологические условия строительства на поверхности земли в большей степени зависят от инженерно-геологических характеристик покровных отложений различных генетических типов (элювиальных, элювиально-делювиальных, делювиальных, пролювиальных, аллювиальных, озерно-аллювиальных, озерно-болотных и др.), а в них – от количественных соотношений связных грунтов (глин, суглинков, супесей) и грубообломочных фракций [7].

Гидрогеологические условия Урала как фактор инженерно-геологических условий. Согласно схеме гидрогеологического районирования Уральской сложной гидрогеологической складчатой области (ФГУП «Гидроспецгеология», 2011), в ней выделяются 4 региональных гидрогеологических структуры: Западно-Уральский и Центрально-Уральский гидрогеологические массивы, Тагило-Магнитогорская и Восточно-Уральская гидрогеологические складчатые области.

В Уральской системе бассейнов распространены трещинные, трещинно-жильные и трещинно-карстовые безнапорные водоносные горизонты и комплексы, воды которых, как правило, формируются в границах поверхностных водосборов, образуя небольшие бассейны стока. Водоносность связана с двумя видами трещиноватости. Первый представляет собой региональную зону трещиноватости пород в коре выветривания. Мощность ее варьирует от 30-50 м в интрузивных и метаморфических комплексах до 80-100 м, редко более – в карбонатных породах. В последних формируются трещинно-карстовые воды. По этой зоне в естественных условиях осуществляется подземный сток к зонам разгрузки, совпадающим с долинами рек и эрозионными врезами. Второй вид трещиноватости представляют линейные зоны тектонических нарушений, контактов разнородных пород, жильных полей. Мощность таких зон достигает 150-200 м, по простиранию они нередко прерывисты, выражены в рельефе, сопровождаются развитием линейных кор выветривания. Эти зоны обычно являются объектами поисков, разведки, строительства водозаборов. Интенсивный водообмен определяет развитие пресных и ультрапресных вод. В западной части бассейна состав подземных вод нарушается за счет подтока соленых и солоноватых вод Предуральского артезианского бассейна.

Выводы. Проведенный анализ инженерно-геологических условий Уральского складчатого пояса позволяет констатировать: инженерно-геологические особенности Уральской провинции определяются территориальным проявлением факторов, ответственных за инженерно-геологические условия геологических структур различных порядков – регионов, областей, районов. Они обусловлены:

- 1) геологическим строением, тектоникой, историей геологического развития структур;
- 2) метаморфической зональностью;
- 3) проявлением флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов;
- 4) распределением вещественных инженерно-геологических комплексов со свойственными им составом, структурой, текстурой и свойствами горных пород;
- 5) проявлением природных геологических процессов;
- 6) гидрогеологической зональностью.

Совокупное проявление факторов инженерно-геологических условий определяет интегральную инженерно-геологическую зональность Уральской инженерно-геологической провинции.

Процессы	Явления		Инженерно-геологические регионы				
	Природные	Техноприродные	ЗПУ	ЦУ	ГУ	ВУ	ЗУ
Сейсмические	Землетрясения: перемещения, провалы, обвалы, оползни, лавины	Повреждение инженерных сооружений, жилых зданий, наведенная сейсмичность					
Выветривание	Дезинтеграция горных пород	Техногенная активизация процессов выветривания					
	Коры выветривания						
Эрозионные, абразионные, флювиальные	Овражная эрозия	Техногенная активизация овражной, береговой эрозии, абразии, техногенная абразия					
	Речная эрозия, сели						
	Абразия						
Гравитационные (склоновые)	Осыпи, курумы, обвалы, оползни, лавины, солифлюкция	Техногенная активизация гравитационных процессов (в т.ч. в открытых горных выработках)					
Растворение и подземная эрозия горных пород	Карст Суффозия	Техногенная активизация карста, суффозии, техногенный карст и суффозия					
Гидролитогенные	Нарушение гидрогеологических условий	Воронки депрессии, осушение массивов горных пород, мульды оседания. Повышение уровня подземных вод, подтопление, заболачивание. Нарушение фильтрационно-гидродинамического и других режимов ПВ					
Криогенные	Морозобойное растрескивание, морозное пучение, Термокарст	Пучение, перелетки, деградация ММП с деформацией инженерных сооружений, подтопление, техногенная активизация термокарста					
Субтерральные	Переформирование напряженно-деформированного состояния массивов горных пород	Горные удары, стреляние, осыпание, вывалы, обрушения горных пород, сдвиги, зоны обрушения. Прорывы подземных вод и пльвунов, выброс газа, суффозия, подземные пожары					
Загрязнение окружающей среды	Природное химическое, радиоактивное загрязнение природной среды химическими элементами горных пород и руд	Техногенное загрязнение природной среды «тяжелыми металлами», радионуклидами, нефтепродуктами, фенолами, минеральными и органическими удобрениями; тепловое загрязнение					

Интенсивность проявления процессов:



Рис. 2. Природные и техноприродные геологические процессы Урала

Литература

1. Абагурова И.В., Грязнов О.Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. № 6. 2014. С. 160-168.
2. Геологический словарь / под ред. К.Н. Паффенгольда и др. М.: Недра, 1973. Т. 2 (Н-Я). 456 с.
3. Геологическое строение и металлогения Урала / К.К. Золоев и др. М.: Недра. 1961. 256 с.
4. Грязнов О.Н. Рудоносные метасоматические формации зон тектоно-магматической активизации Урала // Геология метаморфических комплексов. Екатеринбург: УГИ. 1991. С. 57-66.
5. Грязнов О.Н., Золоев К.К., Ляхович Э.М. Картирование рудоносных метасоматитов. М.: Недра. 1994. 271 с.
6. Грязнов О.Н. Инженерно-геологическая зональность Урала // Сергеевские чтения. Вып. 16. 2014. С. 247-253.
7. Грязнов О.Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Известия УГГУ. Вып. 3(35). 2014. С. 30-50.
8. Грязнов О.Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Физико-географические и техногенные факторы // Известия УГГУ. Вып. 4(36). 2014. С. 5-18.
9. Грязнов О.Н. Инженерно-геологическая зональность Уральского складчатого пояса // Известия УГГУ. Вып. 1(37). 2015. С. 5-33.
10. Ломтадзе В.Д. Словарь по инженерной геологии. СПб: СПбГИ. 1999. 360 с.
11. Попов И.В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ. 1961. 178 с.
12. Прокин В.А. Полезные ископаемые Урала // Природа Урала. Вып. 10. Екатеринбург. 2002. 253 с.
13. Стефановский В.В. Плиоцен и квартер Урала и Зауралья. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2006. 223 с.
14. Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ. 2002. 348 с.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ОСВОЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ

Р.Э. Дашко

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия,
E-mail: regda2002@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрение подземного пространства как многокомпонентной системы в теории и практике инженерной геологии требует мультидисциплинарного подхода для изучения роли каждой его компоненты при обосновании длительной устойчивости наземных и подземных сооружений, а также безопасности его освоения. Необходимость такого методологического решения показана на примере подземного пространства Санкт-Петербурга, а также в качестве дополнительного примера приведены результаты комплексных исследований на Яковлевском руднике богатых железных руд.

Abstract. Review of the underground space as a multi-component system in the theory and practice of engineering geology requires a multidisciplinary approach to study the role of each of its components in the justification of long-term stability of surface buildings and underground facilities and the safety development of underground space. The need for such methodological solution is shown by the example of the underground space of St. Petersburg, as well as an additional example, the results of comprehensive studies on Yakovlevsky mine rich iron ore are presented.

В настоящее время подземное пространство городов представляет собой природный ресурс, цивилизованное освоение и использование которого позволяет решать многие социально-экономические, экологические вопросы, предопределяя экстенсивное развитие инфраструктуры. Проблема освоения подземного пространства существовала еще в древних цивилизациях. Достаточно вспомнить особенности устройства египетских пирамид с их сложной конфигурацией подземных переходов, уходящих на десятки метров ниже земной поверхности, использование каменных массивных опускных колодцев при строительстве индийских храмов более 5000 лет тому назад и др. Первое теоретическое обоснование необходимости и важности освоения подземного пространства в пределах мегаполисов было сформулировано американцами при строительстве небоскребов в Нью-Йорке и других городах. Растущие цены на землю в пределах мегаполисов требуют рационального использования ограниченных городских площадей, что приводит к повышению этажности (высоты) зданий и увеличению числа подземных этажей, которые используются для размещения банков, промышленных и складских помещений, спортивных сооружений, торгово-развлекательных центров, хранилищ музеев, строительство городских очистных конструкций, многоярусных парковок автомашин и др.

В мегаполисах с высокой транспортной напряженностью особо стоит вопрос об использовании подземного пространства для автомобильных тоннелей и прокладки линий метрополитена. В середине 50-х годов прошлого века французские урбанисты обосновали экономичность и эффективность освоения подземного пространства городов на семь подземных этажей, при этом применяемые технологии строительства должны быть адекватны инженерно-геологическим условиям используемого подземного пространства.

В настоящее время достаточно часто инженерно-геологические условия подменяются геотехническими, сущность которых раскрывается субъективно в зависимости от уровня эрудиции и объема научно-практических знаний специалиста. В общем случае трактовка геотехнических условий представляет собой формализацию

инженерно-геологической обстановки (без учета многокомпонентности подземного пространства) для целей компьютерного моделирования с использованием различных программ, во главе угла которых стоит решение нелинейных задач оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых толщ при их взаимодействии с сооружениями. Вместе с тем, длительный практический опыт, основанный на участии в проектировании, реконструкции и реставрации сооружений различного назначения, в том числе архитектурно-исторических памятников, в экспертизах оценки причин перехода зданий, глубоких строительных котлованов в аварийное либо предаварийное состояние, преждевременное разрушение несущих подземных конструкций, в том числе фундаментов, обделок тоннелей метрополитенов дало возможность обосновать научную базу для повышения безопасности освоения и использования подземного пространства мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга). Подземное пространство должно анализироваться как многокомпонентная среда: горные породы (грунты), подземные воды; подземная микробиота; газы различного генезиса; подземные конструкции – ограждающие и/или несущие, выполненные из современных либо старинных строительных материалов, устойчивость которых зависит от агрессивной подземной гидросферы, активности микробиоты и газов.

Горные породы (грунты) представляют собой вмещающую среду для остальных четырех компонентов. В инженерной геологии и гидрогеологии горные породы (грунты) следует рассматривать как пористые разности, либо среда с двойной или тройной пустотностью: трещиновато-блочные породы (грунты). Трещины дезинтегрируют толщу (массив) на отдельные блоки, которые характеризуются наличием пор и микротрещин. Как известно, макро- и микростроение толщи пород (грунтов) предопределяет не только их свойства, прежде всего, водо- и газопроницаемость, деформационные особенности и прочность, но также особенности распределения напряжений в толще (рис.1)

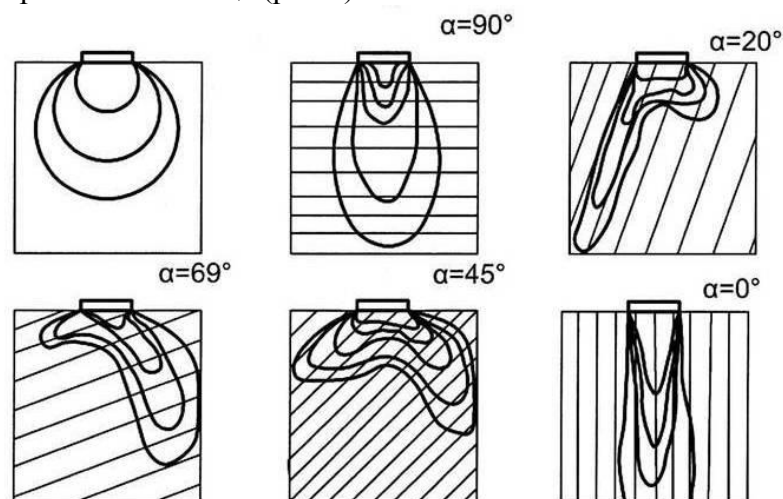


Рис. 1 Изобары сжимающих напряжений σ_z , полученные на моделях, α - угол наклона трещин либо слоев относительно вертикали (по Р. Гудману)

Асимметричность действия сжимающих напряжений будет приводить к неравномерности развития осадок сооружений. Этот момент особенно важен при возведении сооружений на трещиноватых глинах. К сожалению, в действующих нормах не выделяется специальный класс – трещиноватые глины, хотя эта характеристика имеет принципиальное значение в практике проектирования как наземных, так и подземных сооружений. Для всех типов трещиноватых горных пород

(грунтов) необходимо анализировать генезис трещин, их систему (тектонические трещины и литогенетические) либо их отсутствие (нетектонические).

Изучение масштабного эффекта в лабораторных и полевых условиях дает возможность оценить влияние трещиноватости на основные параметры механических свойств и водопроницаемость. Трещиноватые глины нельзя рассматривать как водоупорную толщу. Соответственно в период строительства и эксплуатации сооружений возникает проблема восходящего либо нисходящего перетекания напорных подземных вод различного химического состава и коррозионной агрессивности. Так, например, при проектировании перегонных тоннелей и подземных станций Петербургского метрополитена в мощной толще верхнекотлинских глин верхнего венда, возраст которых составляет 650 млн. лет, не была изучена их трещиноватость, интенсивность которой возрастает в зонах тектонических разломов, где необходимо было применять специальные методы проходки. Инженерные изыскания и проектирование линий метрополитена, которые проводились в 40^х-80^х годах прошлого столетия, были реализованы в условиях сниженных напоров нижнекотлинского водоносного комплекса, содержащего хлоридные натриевые воды с минерализацией 3-4,5 г/дм³ и выше, который прослеживается под условно водоупорной толщей. Этот водоносный комплекс активно использовался для технического водоснабжения различными промышленными предприятиями города. В связи с резким падением промышленного производства в Санкт-Петербурге в 80-х годах и соответственно водопотребления, напоры водоносной толщи в течение последних 35 лет постоянно растут. В 2015 году пьезометрическая поверхность нижнекотлинского горизонта устанавливалась на глубине 12-17 м в пределах территорий с наиболее низкими абсолютными отметками. Напоры водоносного комплекса продолжают расти в соответствии с положением его области питания, находящегося на Карельском перешейке вблизи Выборга.

Рост напоров до 100м и более предопределяет изменение напряженно-деформированного состояния толщи пород, в которой проложены тоннели. Взвешивающий эффект подземных вод приводит к развитию деформаций подъема тоннелей, что способствует увеличению относительных деформаций и появлению микротрещин растяжения в несущей отделке подземной конструкции и гидроизоляционной рубашке. Нарушение сплошности крепи (обделки) вызывает проникновение хлоридных натриевых вод с повышенной минерализацией под давлением 10 атм в железобетон, вызывая преждевременное его разрушение. Известно, что диффузия ионов Na⁺ и Cl⁻ наблюдается даже в плотных бетонах под давлением 3 атм и выше. Эти подземные хлоридно-натриевые воды содержат богатую микробиоту, которая приводит к биокоррозии не только железобетонных конструкций, но и чугуна в форме его графитизации за счет выноса железа при деятельности железобактерий и/или железовосстанавливающих бактерий. Исследования разрушения обделок перегонных тоннелей Петербургского метрополитена под воздействием микроорганизмов проводилось в 2005-2009 гг. на пяти трассах, с различными инженерно-геологическими, гидрогеологическими и геоэкологическими условиями [1, 2].

Были выявлены и изучены основные визуально определяемые формы разрушения обделок перегонных тоннелей: а) натечные формы характерного химического состава с высоким содержанием органических соединений, а также солей (Ca²⁺, Mg²⁺, Si⁴⁺, Al³⁺), содержание которых определяет степень коррозии бетонов и цементных растворов; б) разрушенные бетон и чугун, обладающие высокой проницаемостью, низкой плотностью и прочностью; образцы таких материалов легко растираются в фарфоровых

ступках; в) материал, вынесенный из гидроизоляционного слоя тоннелей по стыкам между тубингами обделок (рис. 2).

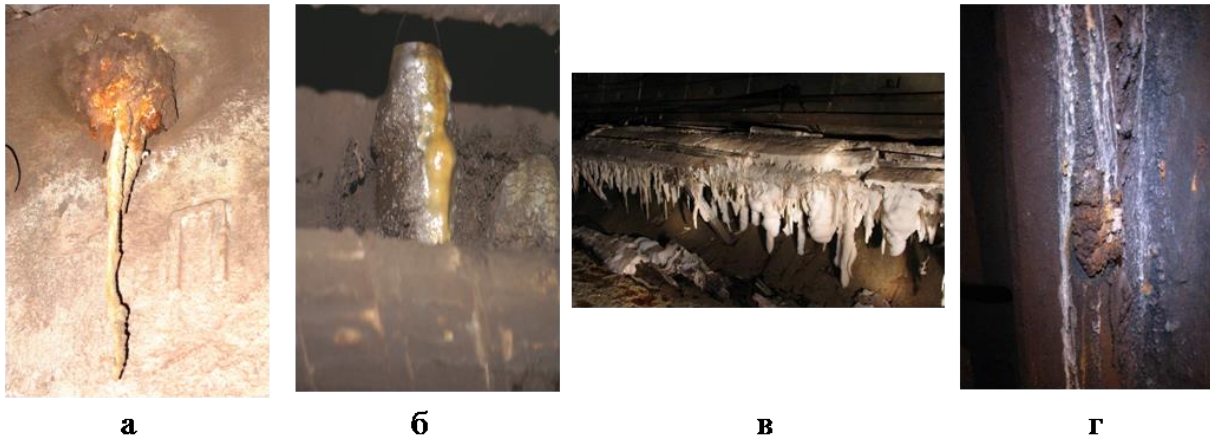


Рис. 2 *Различные натечные формы в перегонных тоннелях Петербургского метрополитена*

Микробиологические исследования численности микроорганизмов и их видового состава, установленные с помощью посевов на жидких и твердых питательных средах, показали разнообразие микробиоты, в том числе зафиксированы аэробные и анаэробные формы, литотрофные и гетеротрофные микроорганизмы. Выявлено свыше 120 видов микромицетов, более 50% которых относятся к агрессивным формам по отношению к различным строительным материалам. Значение КОЕ микроорганизмов варьирует в широких пределах: от 10^4 до 10^{7-10} клеток в 1 грамме разрушенного строительного материала [2].

В настоящее время изучение подземной микробиоты для целей инженерной геологии и геотехники проводится весьма редко и не регламентируется действующими нормами. Наибольший объем исследований по анализу и оценке деятельности микроорганизмов в подземном пространстве и ее влиянию на состав, состояние и физико-механические свойства грунтов, развитие инженерно-геологических процессов и явлений, в том числе биокоррозии строительных материалов, изменения напряженно-деформированного состояния накоплен на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Национального минерально-сырьевого университета «Горный». Работы проводились в подземном пространстве Санкт-Петербурга в пределах глубины 2-100м, в горных выработках Яковлевского рудника богатых железных руд (химические коры выветривания) на глубине более 630 м, а также на других объектах [1].

Полученный материал позволил сделать однозначный вывод о том, что в определенных условиях микробиота выступает как важный компонент подземного пространства, оказывающий как позитивное, так и негативное воздействие на все остальные составляющие подземной среды. Позитивная роль микроорганизмов проявляется в процессах самоочистки подземных вод от органических соединений, прежде всего, нефтепродуктов, утилизации ионов аммония и др. Негативная деятельность микроорганизмов фиксируется по накоплению микробной массы в грунтах, что выражается в формировании сложно построенных бактериальных пленок на дисперсных частицах, избыток микробной массы заполняет пустотное пространство песчано-глинистого грунта. Экспериментальными работами микробиологов доказано, что прочность связей между поверхностью частиц и живыми и мертвыми клетками микроорганизмов, а также продуктами их метаболизма в составе биопленок составляет десятки МПа. Следовательно, под действием давления они не выдавливаются по

контактам частиц, негативно влияя тем самым на прочность и деформационную способность грунтов. Многочисленные полевые и лабораторные исследования по влиянию микробной пораженности грунтов позволили установить существенное снижение угла внутреннего трения в песчано-глинистых грунтах, что способствует переходу тонкодисперсных отложений в квазипластичное состояние, а водонасыщенных песков в состояние пльвунов. При застойных гидродинамических условиях и активизации микробиологической деятельности в подземной среде водонасыщенные пески любого гранулометрического состава характеризуются как истинные пльвуны. В трещиноватых глинах распределение микроорганизмов происходит по микро- и макротрещинам.

Полный цикл биохимического разложения природного и техногенного органического вещества в подземной среде приводит к образованию газов: малорастворимых (CH_4 ; N_2 ; H_2) и хорошо растворимых (NH_3 ; H_2S). Диоксид углерода (CO_2) относится к среднерастворимым газам и часто рассматривается как продукт дыхания микроорганизмов.

Малорастворимые газы вызывают изменение напряженно-деформированного состояния грунтовых толщ, обогащают водонасыщенные грунты «твердыми» пузырьками газов, диаметр которых меньше диаметра пор грунта. В силу высокого поверхностного натяжения такие пузырьки рассматриваются как несжимаемые, их наличие снижает величину порового давления до нулевых значений. Твердая газовая составляющая в порах грунта действует как шарикоподшипник, дополнительно снижая внутреннее трение грунтов, особенно отчетливо такой эффект проявляется в песках. Растворимые газы (H_2S и CO_2) значительно повышают агрессивность подземной среды по отношению к конструкционным материалам – прежде всего, к бетонам и строительным растворам на цементах и извести. Подкисление водной компоненты за счет H_2S , отрицательно воздействует на черные металлы, а присутствие водорода приводит к повышению их хрупкости.

Исследование воздействия микробиоты как компоненты подземного пространства необходимо изучать только после аналитической проработки природных и техногенных источников поступления и/или ее присутствия в подземном пространстве.

Так, например, в подземном пространстве Санкт-Петербурга основными природными источниками микроорганизмов являются: болотные массивы, в том числе и погребенные, межморенные микулинские слои с битуминозной органикой, в которых происходит интенсивная генерация метана, реже азота, в условиях загрязнения - H_2S , подземные воды вендских отложений и полюстровский водоносный горизонт. К техногенным источникам поступления микробиоты могут быть отнесены: утечки из систем водоотведения, захороненные свалки хозяйственно-бытовых отходов 18-20 вв и современные, территории кладбищ, в том числе и ликвидированных. К природным и техногенным факторам активизации деятельности микробиоты относится эксгаляция радона, особенно в зонах тектонических разломов, отепляющее действие зданий и теплокоммуникаций на освоенной территории, неликвидированные хранилища радиоактивных отходов.

В разрезе Яковлевского рудника основные естественные источники микроорганизмов – наличие природной микробиоты химических кор выветривания (богатые железные руды), подземные воды с повышенной минерализацией, в том числе из тектонических трещин, а также перетекание воды из известняков, содержащих прослой пород с органическим веществом: углистые глины, прослой бурых углей, битуминозные сланцы. В этих водах генерируется биохимический сероводород сульфатредуцирующими бактериями. К техногенным источникам поступления микроорганизмов – воздушные вентиляционные потоки, загрязнение горюче-

смазочными материалами при работе машин и механизмов, в том числе соляровым маслом, которое хорошо утилизируется гетеротрофными микроорганизмами.

К факторам активизации микробной деятельности следует отнести воздействие эксгаляции радона и слабых магнитных полей, а также температуры. Подземные воды имеют температуру 25-26 °С, температура воздуха в подземных выработках несколько выше. Этот фактор имеет большое значение для активизации развития мезофильных групп микроорганизмов. Специализированный микробиологический мониторинг, который проводится на двух горизонтах рудника (-425м и -370м), показал, что под воздействием биокоррозии корродируются бетоны, в том числе закладочный материал,* а также происходит коррозия металлических арочных крепей: уменьшение толщины конструкции и развитие питтинга. Длительная эксплуатация крепей приводит к их деформации и последующему разрушению, что вызывает вывалы больших объемов руды и вмещающих пород. Контаминация богатых железных руд соляровым маслом значительно активизирует микробную деятельность и вызывает рост биомассы, что переводит дисперсные руды вне зависимости от их гранулометрического состава в подвижное состояние.

Заключение

Междисциплинарный подход в инженерной геологии имеет исключительно важное значение, начиная с этапа проведения инженерных изысканий, подготовка к которому должна быть выполнена на основе анализа взаимодействия проектируемого (реконструируемого) сооружения с породами (грунтами) зоны его влияния, принимая во внимание, что подземная среда рассматривается как компонентная система. Именно в период изысканий должна быть определена значимость каждого из компонентов для обеспечения длительной устойчивости сооружений. При этом, необходимо проводить прогнозирование особенностей трансформации во времени основных компонентов: пород (грунтов), гидродинамических и гидрохимических условий водоносных горизонтов, активности микробиоты, газогенерации, а также возможности разрушения конструкционных материалов не только с использованием действующих норм, которые не охватывают все разнообразие видов коррозионных процессов в подземной среде: физико-химических, химических, биохимических.

Особое значение имеет воздействие нового напряженного состояния на породы (грунты), которое во многом будет определять величины показателей прочности и деформационной способности, которые используются в проектировании. Достоверность таких параметров диктует корректность обоснования конструктивных решений подземной и надземной частей здания.

* - Технология ведения горных работ предполагает полную закладку выработанного пространства при ведении очистных работ

Литература

1. Дашко Р.Э., Власов Д.Ю., Шидловская А.В. Геотехника и подземная микробиота // Санкт-Петербург, Институт «ПИ Геореконструкция», 2014, 279 с.
2. Дашко Р.Э., Котюков П.В. Инженерно-геологический и гидрогеологический анализ особенностей эксплуатации перегонных тоннелей Петербургского метрополитена водоупорной толще вендского водоносного комплекса //Сергеевские чтения, 2015, выпуск 17, с. 344-350.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ УРАНА В ВОДНЫХ СРЕДАХ СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА HYDROGEOЕ.М. Дутова¹, А.Н. Никитенков²

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: dutova@sibmail.com*

² *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: nik@tpu.ru*

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению физико-химического моделирования взаимодействия подземных вод с породами применительно к условиям зоны гипергенеза. Показана эволюция ионно-солевого состава вод и минерального состава образующейся вторичной твердой фазы, рассмотрен сложный характер поведения урана в ходе взаимодействий внутри системы "вода-порода". Наиболее заметный рост скорости накопления урана в растворе приходится на этап формирования содовых вод, а при минерализации более 1,1 г/л начинается его выпадение во вторичную минеральную фазу.

Abstract. The article is devoted to the physico-chemical modeling of the interaction of groundwater with rocks in relation to the conditions of the zone of hypergenesis. Shows the evolution of the ion-salt composition of water and mineral composition of the produced secondary solid phase, is devoted to the complex nature of the behavior of uranium during interactions within the system "water-rock". The most significant increase in the rate of accumulation of uranium in the solution is found at the stage of formation of sodium water, and at mineralization of more than 1.1 g/l begins U loss as the secondary mineral phase.

Изучением поведения урана в природных водах и условий формирования инфильтрационных месторождений урана занимались многие как отечественные, так и зарубежные учёные. Среди них наиболее заметный вклад в развитие представлений об изучаемых механизмах был внесён А.И. Германовым, Н.П. Лавёровым, А.К. Лисицыным, М.Ф. Максимовой, А.И. Перельманом, А.Н. Токаревым, А.А. Черниковым, Е.М. Шмариовичем, А.В. Щербаковым, В.Л. Барсуковым и многими другими. В работах данных учёных достаточно полно изучены масштабы накопления урана в водах в условиях обстановок с различным Eh, определены формы его миграции, а также установлено, что уран вступает во взаимодействие со многими неорганическими и органическими соединениями. Тогда же было показано, что уран в водах встречается преимущественно в четырех- и шестивалентной форме. Смена условий с окислительных на восстановительные приводит к резкому уменьшению миграционной способности урана и его выведению из раствора в виде вторичных минералов, причем, четко подчеркивается, что для урана основным геохимическим барьером выступает восстановительный.

Несмотря на сравнительно детальную изученность поведения этого элемента, чему способствовали огромные объёмы проведенных лабораторных и экспериментальных исследований, поисково-разведочных работ, есть много неясностей, которые не позволяют более уверенно проводить интерпретацию гидрогеохимических данных с целью исследования условий образования урановой минерализации и оценки возможности ее обнаружения.

В последние годы, с разработкой компьютерных методов физико-химических расчетов и моделирования, позволяющих учитывать изменения кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий, появились новые возможности исследования поведения урана в подземных водах [1-3]. Методы физико-химического моделирования создают возможность для количественной оценки массообмена в системе "вода-порода", состава и масштабов формирующихся равновесных продуктов,

позволяют из множества вариантов моделей отобрать те, которые наилучшим образом отражают реальные природные процессы и условия.

В представленной работе показаны два примера, проведенных нами исследований моделирования миграции урана в водных средах [4-5] средствами программного комплекса HydroGeo, разработанного М.Б. Букаты.

В первом случае моделировалось взаимодействие подземных вод с гранитоидами применительно к условиям зоны гипергенеза ($T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{общ}}=1\text{ атм.}$). Содержание урана в породах было принято равным $1 \cdot 10^{-5}\%$. Геохимическая обстановка была задана окислительной с Eh, равном 50 мВ. Такая обстановка характерна для областей перелива подземного стока с гидрогеологических массивов, в формировании состава которого и участвуют гранитоидные породы, в небольшие по площади артезианские структуры орогенного типа или крупные структуры платформенного типа.

В качестве модельного минералогического состава пород был взят состав гранитоидов Мартайгинского комплекса Кузнецкого Алатау. Принятый для моделирования средний минералогический состав представлен плагиоклазом № 30 (60 %), кварцем (23 %), роговой обманкой (5 %), биотитом (7 %), калиевым полевым шпатом (5 %).

В составе раствора учитывались 15 базовых ионов: H^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , $(\text{UO}_2)^{2+}$, e^- , OH^- , $(\text{HCO}_3)^-$, $(\text{SO}_4)^{2-}$, Cl^- , H_2O , SiO_2^0 , и 60 производных ионов и ионных ассоциатов, в том числе 40 урановых: $(\text{CO}_3)^{2-}$, CO_2 , Fe^{2+} , U^{4+} , $(\text{SiO}_3)^{2-}$, $(\text{HSiO}_4)^{3-}$, $(\text{SiO}_4)^{4-}$, H_2SiO_3 , $(\text{HSiO}_3)^-$, $(\text{H}_3\text{SiO}_4)^-$, H_4SiO_4 , $(\text{H}_2\text{SiO}_4)^{2-}$, $(\text{FeOH})^{2+}$, $(\text{Fe}(\text{OH})_4)^-$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $(\text{Fe}(\text{OH})_2)^+$, FeOH^+ , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $(\text{Fe}(\text{OH})_4)^{2-}$, $(\text{Fe}(\text{OH})_3)^-$, $(\text{UO}_2\text{HCO}_3)^+$, $\text{UO}_2(\text{HCO}_3)_2$, UO_2CO_3 , $(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2)^{2-}$, $(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3)^{4-}$, $(\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3)^{5-}$, $((\text{UO}_2)_2\text{CO}_3(\text{OH})_3)^-$, $(\text{U}(\text{CO}_3)_4)^{4+}$, $(\text{U}(\text{CO}_3)_5)^{6+}$, UO_2SO_4 , $(\text{UO}_2(\text{SO}_4)_2)^{2-}$, $\text{UO}_2(\text{HSO}_4)_2$, $(\text{UO}_2\text{HSO}_4)^+$, $(\text{USO}_4)^{2+}$, $\text{U}(\text{SO}_4)_2$, UO_2Cl^+ , $(\text{UCl})^{3+}$, $(\text{UCl}_2)^{2+}$, $(\text{UO}_2)^+$, $(\text{UOH})^{3+}$, $(\text{U}(\text{OH})_2)^{2+}$, $\text{U}(\text{OH})_4$, $(\text{U}(\text{OH})_3)^+$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_4)^{2+}$, $(\text{UO}_2(\text{OH})_4)^{2-}$, $(\text{UO}_2(\text{OH})_3)^-$, $((\text{UO}_2)_2(\text{OH})_3)^{3+}$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_7)^-$, $((\text{UO}_2)_3(\text{OH})_5)^+$, $((\text{UO}_2)_2(\text{OH})_2)^{2+}$, $\text{UO}_2(\text{OH})_2$, UO_2OH^+ , $((\text{UO}_2)_4(\text{OH})_7)^+$, UO_2OH , $(\text{HUO}_3)^-$, $(\text{HUO}_4)^-$, $(\text{UO}_4)^{2-}$, $(\text{UOH})^{2+}$, $(\text{UO}_3)^-$, $(\text{HUO}_2)^+$.

Во вторичной твердой фазе системы рассматривались 33 минералов, в том числе 15 урановых.

Результаты расчетов зависимости минерализации от содержания урана в природных водах представлены на рис. 1.

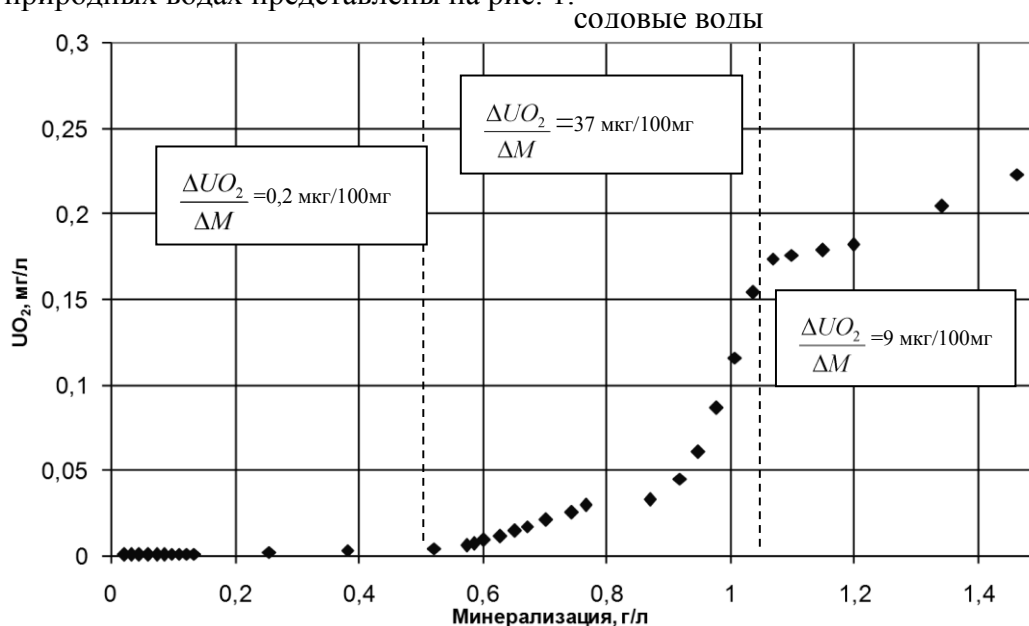


Рис. 1. Накопление урана в жидкой фазе системы вода-гранитоиды

Зависимость концентрации урана от минерализации воды в системе вода-гранитоиды имеет достаточно сложный характер (рис. 1). Наиболее заметные изменения в скорости накопления урана в растворе происходят на этапе формирования содовых вод, а также в моменты наступления условного равновесия раствора с отдельными компонентами твердой фазы. Так, скорость накопления урана в растворе ($\Delta UO_2/\Delta M$, мкг/100мг минерализации) резко нарастает с 0,2 мкг/100мг в интервале минерализации от 0 до 0,55 г/л, соответствующем пресным гидрокарбонатным кальциево-натриевым водам, до 37 мкг/100мг в интервале от 0,55 до 1,1 г/л, соответствующем содовым водам.

Образование вторичной твердой фазы отражено на рисунке 2. Как видно из представленных данных, образование силикатов и алюмосиликатов начинается на самых ранних этапах эволюции системы вода-порода; выпадение в осадок карбонатов, а также окислов и гидроокислов начинается несколько позднее – на этапе формирования содовых вод, которому соответствует повышение скорости перехода в раствор урана.

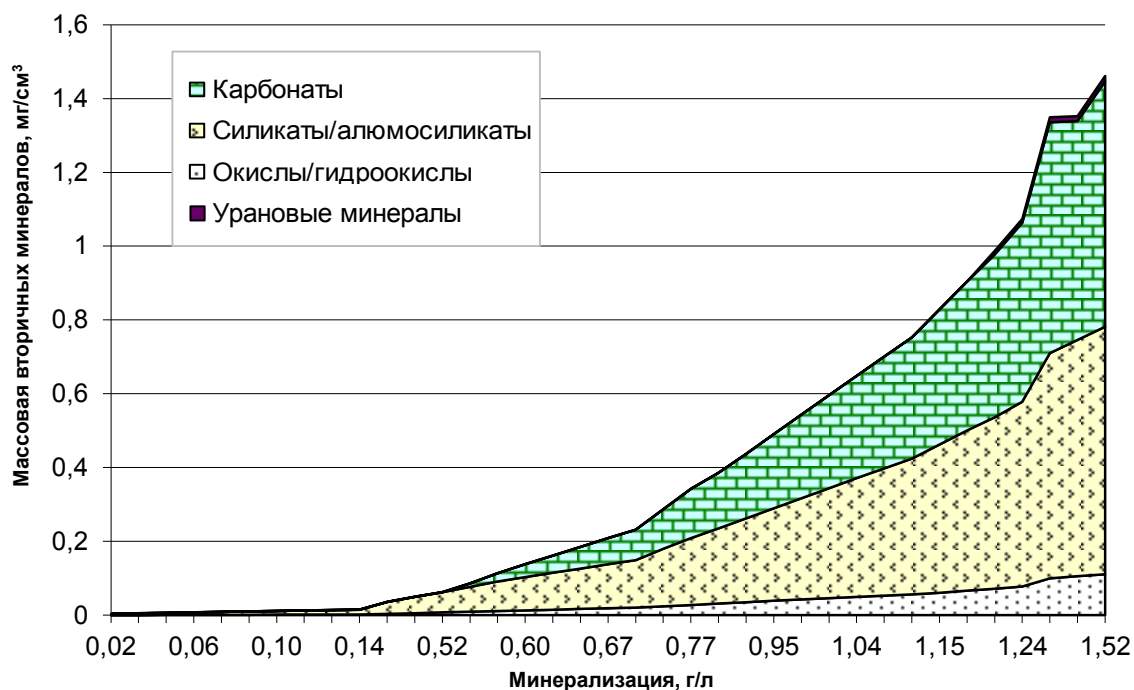


Рис. 2. Характеристика соотношения масс вторичных минералов в системе вода-гранитоиды при $P=10$ атм, $t^{\circ}=10^{\circ}C$, $Eh=50$ мВ, $PCO_2=10^{-3}$

При дальнейшем возрастании минерализации свыше 1,1 г/л происходит значительное снижение скорости накопления урана в растворе (до 9 мкг/100мг). Обусловлено это началом устойчивого выпадения урана во вторичную минеральную фазу, представленную минералами группы урановых черней.

Во втором примере показано моделирование форм миграции и процессов растворения-осаждения минералов урана в зависимости от pH и Eh подземных вод палеогенового, мелового и юрского водоносных комплексов юго-восточных районов краевых Западно-Сибирского бассейна, перспективных на обнаружение урановой минерализации.

Основные результаты исследований свидетельствуют о, в целом, достаточно сложном гидрогеохимическом поведении U, которое контролируется Eh, минерализацией, составом вод и их pH (в порядке убывания значимости). Для вод

палеогенового водоносного комплекса основную садку U можно предполагать в интервале снижения Eh от 100 до 50 мВ при рН 6 и в интервале от 0 до -100 мВ при рН 7. С ростом рН область максимального высаживания U из раствора при снижении его Eh смещается в восстановительную область. При рН 8 ожидаемый интервал максимального накопления U смещается уже в область снижения Eh от -100 до -200 мВ. Параллельно понижается эффективность восстановительных геохимических барьеров, поскольку очевидно, что при примерно равной контрастности вне зависимости от рН, которая составляет около 2 порядков на 100 мВ, она тем выше, чем более высоки содержания U в подземных водах. Аналогично, но с некоторым смещением (примерно на 50 мВ) в область более восстановительных условий ведет себя уран в подземных водах мелового комплекса, отличающихся более высокой минерализацией и хлоридным натриевым составом. В восстановительной области максимальные равновесные концентрации урана, обусловленные растворимостью его минералов, в палеогеновом и меловом комплексах близки между собой, а в окислительных условиях растворимость минералов урана возрастает в водах последнего из них в два и более раза, что должно резко повысить интенсивность извлечения рассеянного урана из пород в воду, протекающего главным образом в окислительной среде. Основным фактором таких различий выступают минерализация вод и связанное с ней комплексообразование как U^{4+} , так и уранил-иона. С этих позиций находит свое объяснение большая ураноносность, связанная с гидрогенным типом оруденения районов аридного климата, где минерализация подземных вод, как правило, существенно повышена в результате их испарительного концентрирования.

Из сказанного следует, что во внутренних областях Западно-Сибирской плиты урановая минерализация должна образовываться, главным образом, при нисходящей фильтрации вод, в областях местного питания, причем не вблизи поверхности, где уран только накапливается в водах, а на глубинах свыше 150-300 м, отвечающих указанным переходам окислительно-восстановительного потенциала к восстановительным условиям. Обогащение пород ураном может протекать и ниже этих глубин, но его интенсивность снижается на порядки, требуя значительно более длительных и стабильно сохраняющихся во времени нисходящих потоков подземных вод.

Проведенное моделирование показывает, что гидрогеохимический метод поиска месторождений U, неплохо зарекомендовавший себя в условиях рассматриваемого и других регионов России, требует принципиальной трансформации с целью резкого повышения его информативности и эффективности. Сегодня уже недостаточно ориентироваться на повышенные концентрации U и сопутствующих компонентов в составе вод, которые могут формироваться в силу естественных изменений геохимических условий, вне связи с наличием или возможностью образования рудной минерализации. В каждом конкретном случае делать какие-либо заключения о перспективах ураноносности изучаемых участков следует только после выполнения оценки степени их насыщения относительно рудных урановых и парагенетичных им минералов, которая должна стать сегодня рядовым методом геохимических исследований.

Литература

1. Барсуков В.Л., Борисов М.В. Модели растворения урана в природных водах разного состава. // Геохимия. – 2003. – № 1. - С. 43–69.
2. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 1: Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – С. 193–220.

3. Букаты М.Б. Рекламно-техническое описание программного комплекса HydroGeo. Номер гос. регистрации алгоритмов и программ во Всероссийском научно-техническом информационном центре (ВНТИЦ) № 50200500605. – М.: ВНТИЦ, 2005. – 7 с.
4. Дутова Е.М., Никитенков А.Н. Физико-химическое моделирование поведения урана в системе «вода-гранитоиды» // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 330. – С. 202–208
5. Букаты М.Б., Дутова Е.М., Балобаненко А.А., Кузеванов К.И. Моделирование геохимического поведения урана в подземных водах юго-восточной окраины Западно-Сибирского бассейна // Разведка и охрана недр. – 2010. – № 11. – С. 49–54

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УГЛЕКИСЛЫХ ВОД ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ

Л.В. Замана

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия,
E-mail: l.v.zamana@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены химический (макро- и микрокомпонентный) состав углекислых вод, особенности распределения в них РЗЭ, изотопный состав углерода и кислорода растворенных гидрокарбонатов.

Abstract. The chemical (macro and micro components) composition of CO₂ waters, feature of the distribution of REE in them, the isotopic composition of carbon and oxygen dissolved bicarbonates are considered.

По районированию минеральных вод большая часть территории Восточного Забайкалья, исключая его север, относится к Даурской гидроминеральной области. По разным оценкам в ней насчитывается до 300 источников углекислых вод, из них на 16 выполнены разведочные работы, по 13 месторождениям запасы минеральных вод утверждены ГКЗ СССР. В лечебных целях углекислые воды в регионе официально применяются со второй половины 19 века. В советское время действовало 7 курортов, шесть продолжают функционировать. Многие источники стихийно посещаются населением для лечения и, особенно, для забора воды в качестве лечебно-столовой. На семи источниках вода забирается для промышленного розлива.

Типичными для Восточного Забайкалья являются гидрокарбонатные щелочноземельные (магниево-кальциевые или кальциево-магниевые) воды, выделенные в курортологии в самостоятельный бальнеологический тип дарасунский. Часто дарасуны имеют повышенное содержание железа (до 50 мг/л), некоторые источники – радона (до 130 нанокури/л).

По химическому составу углекислые воды Даурской гидроминеральной области принято подразделять на пять типов: дарасунский – гидрокарбонатный щелочноземельный, кукинский – гидрокарбонатный натриево-щелочноземельный (содержание натрия от 25 до 50 %-экв.), тасеевский (селиндинский) – гидрокарбонатный щелочноземельно-натриевый (натрия от 50 до 75 %-экв.), балейский – гидрокарбонатный натриевый, торейский – хлоридно-гидрокарбонатный натриевый. Воды последних трех типов представлены единичными проявлениями. По литературным данным, минерализация углекислых вод изменяется от 0,3 до 16,5 г/л, а рН колеблется в пределах 5,1-7,9. Наиболее высокие значения обоих показателей установлены в водах балейского типа, вскрытых подземными горными выработками в районе г. Балей на глубинах свыше 200 м. Воды торейского типа распространены локально на юге территории в районе Торейских озер вблизи границы с Монголией. Температура углекислых вод на выходе в основном не превышает 40С, максимальная температура их около 300С. Содержание растворенной углекислоты достигает 4,5 г/л.

Изученность микроэлементного состава углекислых вод на современном аналитическом уровне ограничивается немногими определениями. Наряду с высоким содержанием Fe (до 26.8 мг/л по нашей выборке) в ряде случаев в повышенных концентрациях установлен Mn (до 2.28 мг/л), практически по всем источникам более 1.0 мг/л концентрации стронция. Содержания As не превышали 16 мкг/л, концентрации фтора низкие – не более 1.14 мг/л. Суммарное содержание РЗЭ до 2.80 мкг/л. В ряду редких металлов выделяется цирконий, содержание которого достигало 48 мкг/л (в морской воде Zr 0.05 мкг/л), хотя не во всех случаях аномальный уровень сохраняется. Такое же распределение Zr с максимумами в 107 и 773 мкг/л отмечалось в углекислых водах Дальнего Востока [8] и Большого Кавказа [4], что указывает на важную роль углекислотного выщелачивания в переводе циркония в водную фазу.

В спектрах распределения нормированных по NASC концентраций редкоземельных элементов (рис. 1) положительной аномалией практически постоянно выделяется европий со значением Eu/Eu^* , где $Eu^* = (Sm + Gd)/2$, до 5.75, в отличие, к примеру, от углекислых вод Приморья, где наряду с положительной аномалией получена и отрицательная с величиной Eu/Eu^* 0.1 [2]. В углекислых водах Кавказа в нормированных по постаршейскому сланцу спектрах (результаты нормирования по PAAS и NASC практически идентичны) при отсутствии отрицательных значений отчетливо выражена в ряде случаев положительная аномалия Eu [4].

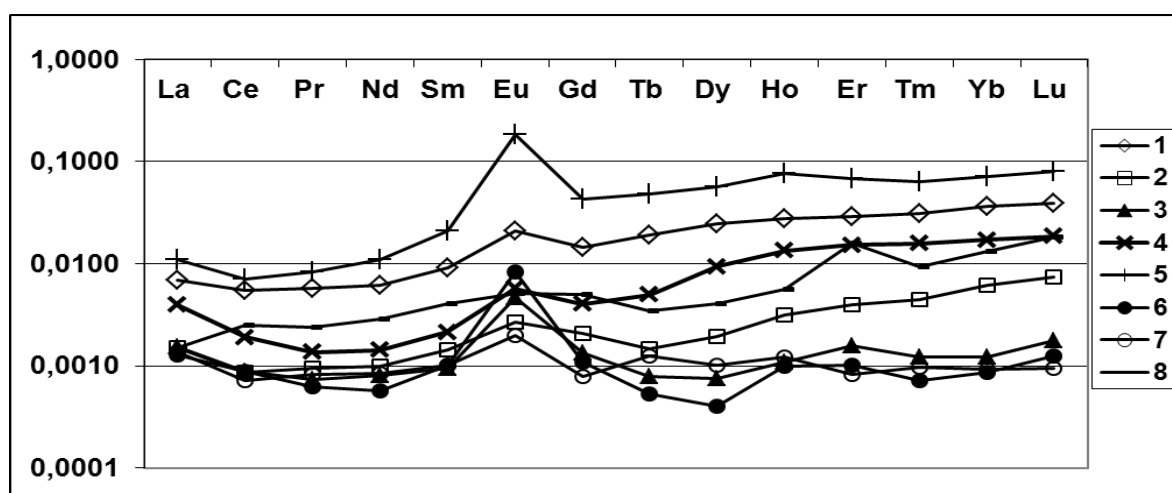


Рис. 1. Нормированные по NASC спектры распределения РЗЭ в углекислых водах Восточного Забайкалья. Источники: 1 – Ургучан; 2 – Ямкун (озеро); 3 – Ямкун (скважина), 4 – Зубковщина; 5 – Маккавеевский, 6 – Олентуйский; 7 – Солонечный; 8 – Мордойский.

Ключевой проблемой формирования углекислых вод остается выяснение источников углекислоты. Происхождение CO_2 в углекислых водах при величине $\delta^{13}C$ от -4 до -8 ‰ обычно объясняют поступлением из магматических очагов или мантии, как это принято, к примеру, по Кавказу [4 и др.] или Дальнему Востоку [7, 8]. Более легкий углерод связывают с процессами биохимического преобразования органического вещества водовмещающих пород, а более тяжелый – с термометаморфизмом карбонатных толщ. В числе вероятных причин высоких значений $\delta^{13}C$ углекислого газа в источниках Приэльбрусья (до -1.4 ‰) предполагается также низкотемпературное растворение осадочных карбонатов растворами, обогащенными магматогенной углекислотой [4, с. 116]. По-иному, а именно вследствие регионального метаморфизма в подвижных горно-складчатых регионах вне связи с магматическими очагами рассматривает генезис углекислоты Г.С. Вартамян [1]. Возможность формирования углекислых вод без привлечения внешних источников углекислоты, а

только в результате физико-химических взаимодействий воды с вмещающими горными породами, при том, как осадочными (аргиллит), так и магматическими (нефелиновый сиенит), показана методом термодинамического моделирования в работе [6].

Геолого-структурные особенности Восточного Забайкалья, магматическая деятельность на территории которого завершилась в мезозое, и региональный характер распространения углекислых вод, их приуроченность к различным морфоструктурным единицам и генетическим комплексам горных пород исключают возможность магматогенного и, по меньшей мере, для подавляющего большинства углекислых источников мантийного поступления углекислоты. Для выяснения особенностей карбонатной системы углекислых вод и возможного происхождения CO_2 выполнены изотопные исследования растворенных карбонатов. Осадки карбонатов получены осаждением хлористым кальцием. Изотопные анализы выполнены в лаборатории стабильных изотопов ДВГИ ДВО РАН на установке Finnigan-MAT 252. Погрешность анализа 1σ по кислороду $\pm 0,15$ и по углероду $\pm 0,1$ ‰. Результаты определений представлены в таблице.

Таблица

Изотопный состав растворенных гидрокарбонатов углекислых вод Восточного Забайкалья

Источник	Номер пробы	Дата отбора пробы	Вода			Гидрокарбонат		
			pH	CO ₂	HCO ₃ ⁻	δ ¹³ C _{PDB}	δ ¹⁸ O _{SMOW}	δ ¹⁸ O _{PDB}
				мг/л		‰		
Акшинский	АК-13-1	30.10.2014	6.65	964	2159	-5.4	17.4	-13.1
Бухтинский	УВ-11-03-1	28.03.2011	6.70	1760	2227	3.06	15,0	-15,5
Дарасун	ДР-13-1	30.10.2014	6.10	3641	1202	-6.0	12.6	-17.8
Зымка-Аршан	АЗ-13-1	22.06.2013	5.90	1965	1662	-0.9	15,7	-14.7
Зубковщина	УВ-14-1	28.08.2014	5.83	528	732	-4.7	16.9	-15.5
Килькинда	ОР-12-4	16.06.2012	5.89	1689	1244	-6.3	13,2	-17.2
Маккаевский	МК-13-1	29.10.2014	6.30	2794	1726	-4.2	18.4	-12.1
Мордойский	УВ-14-3	30.09.2014	5.25	2020	211	-10.7	18,3	-12.2
Шиванда	УВ-12-11-1	27.11.2012	-	-	-	-4.5	12.9	-17.5
Олентуйский	ОЛ-13-1	22.06.2013	5.76	1221	890	-4.1	15,5	-15.0
-"	УВ-14-2	28.08.2014	5.80	634	720	-5.2	17.1	-13.4
Солонечный	Сл-14-1	17.07.2014	5.92	1895	967	-2.0	17.9	-12.6
Ургучан	УВ-11-03-2	29.03.2011	6.34	1681	1373	-1.78	13,4	-17,0
-"	УРГ-14-1	12.07.2014	6.04	1519	955	-0.4	15.3	-15.1
Ямаровка	Ям-13-1	07.07.2013	5.83	2385	1226	-10.0	12.4	-18.0
Ямкун, скваж.	Ямк-10-1	12.08.2010	6.40	343.2	1183	-0.6	14,9	-15.5
-"	ЯМ-14-1	21.08.2014	6.53	268.4	1293	1.3	17.2	-13.3

Примечание. Прочерк – нет данных.

По полученным значениям $\delta^{13}\text{C}$ растворенных гидрокарбонатов, если исходить из коэффициента фракционирования углерода между CO_2 и HCO_3^- в 1.014 [9] и, как принято считать, состояния изотопного равновесия в системе, $\delta^{13}\text{C}$ углекислого газа должно составлять от -10.9 (источник Бухтинский) до -24.7 ‰ (ист. Мордойский). Эти значения соответствуют биохимическому генезису углекислоты, что в большинстве не

согласуется с геологической обстановкой, особенно в случае приуроченности минеральных источников к интрузивным образованиям. В то же время единичные данные по $\delta^{13}\text{C}$ CO_2 (-10.0 и -8.7 ‰ в источниках Мордойском и Ямаровка по [5]) свидетельствуют об отсутствии изотопного равновесия по углероду. Относительно образования CO_2 автор придерживается подходов, изложенных в [1] и [6].

Изотопный состав кислорода карбонатов и бикарбонатов на уровне типов природных вод, как было показано [3], изменяется согласно с диапазонами $\delta^{18}\text{O}$ самой воды. Так, в азотных термах Забайкалья изотопная плотность кислорода варьировала от -19.5 до -14.6 ‰, в углекислых водах – от -15.3 до -13.3 , в минеральных озерах – от -6.4 до -4.3 (по оз. Доронинское). В том же порядке происходит и утяжеление кислорода карбонатных компонентов (рис. 2). Рисунок наглядно иллюстрирует, что образование HCO_3^- , протекающее по реакции $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, и в рассматриваемых водах сопровождается фракционированием кислорода воды с переходом в HCO_3^- более тяжелого изотопа.

Отложение травертинов на углекислых источниках региона, кроме субтермального источника Ямкун, не происходит, по карбонатным минералам равновесие не достигается. Часто наблюдается незначительное образование гидроксидов железа.

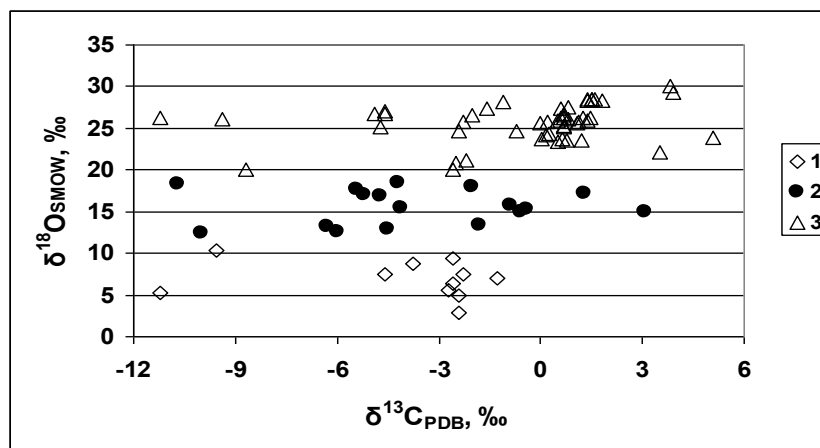


Рис. 2. Соотношение между изотопами растворенных гидрокарбонатных и карбонатных ионов. 1 – азотные термы, 2 – углекислые воды, 3 – минеральные озера.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-98015р_Сибирь_a) и междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 5 «Минеральные источники Байкало-Монгольского региона: гидрогеохимическая паспортизация и перспективы практического использования (бальнеология, геотермальное энергоснабжение, извлечение полезных компонентов)».

Литература

1. Вартанян Г.С. Месторождения углекислых вод горно-складчатых регионов // М.: Недра, 1977. 288 с.
2. Вах Е.А., Харитоновна Н.А., Вах А.С. Поведение редкоземельных элементов при формировании углекислых гидрокарбонатных минеральных вод Приморья // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. № 4. С. 48-57.
3. Замана Л.В. Изотопный состав природных вод Забайкалья // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, г. Владивосток, 06-11 сентября 2015 г. // Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2015. С. 65-70.
4. Лаврушин В.Ю. Подземные флюиды Большого Кавказа и его обрамления // М.: ГЕОС, 2012. 348 с.

5. Оргильянов А.И., Крюкова И.Г., Бадминов П.С. Лечебные углекислые минеральные воды Монголо-Байкальского региона // Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных регионов. II-я Международная научно-практическая конференция. Республика Тыва, г. Кызыл, озеро Дус-Холь, база отдыха «Силбиль», 1-4 июля 2015 г. // Кызыл, 2015. С. 103-108.
6. Павлов С.Х., Чудненко К.В. Углекислые воды – результат физико-химических взаимодействий в системе «вода-порода» // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, г. Владивосток, 06-11 сентября 2015 г. // Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2015. С. 159-162.
7. Челноков Г.А., Харитонов Н.А., Брагин И.В. Состав и генезис газов углекислых минеральных вод юга Дальнего Востока России // Известия вузов. Геология и разведка. 2013. № 5. С. 42-46.
8. Чудаев О.В. Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России // Владивосток: Дальнаука, 2003. 216с.
9. Юдович Я.Э., Кетрис М.П.. Соотношение изотопов углерода в стратиффере и биосфере: четыре сценария // Биосфера. 2010. Т. 2. № 2. С. 231-246.

ОПАСНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ НА ТРАССЕ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ВСТО-1: МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

В.Г. Кондратьев¹, В.А. Бронников²

¹ *Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, E-mail: v_kondratiev@mail.ru*

² *Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Восток», Братск, Россия, E-mail: 3201-bronnicovva@vsmn.transneft.ru*

Аннотация: Рассмотрены возможные риски недопустимых изменений проектного планово-высотного положения трубопровода и угрозы его функционированию на участках распространения льдистых многолетнемерзлых грунтов. Экспериментально показано, что охлаждение массива грунтов путем регулирования природных охлаждающих и отепляющих факторов может быть весьма эффективным в обеспечении стабильности подземного трубопровода в льдистых многолетнемерзлых грунтах, поскольку позволят существенно понизить температуру вмещающих грунтов и уменьшить ореол оттаивания их под нефтепроводом.

Abstract: The possible risks of harmful changes of project planning-altitude position of the pipeline and the threats to its operation in areas spread icy permafrost. It was shown experimentally that the cooling of the array of soil by adjusting the natural cooling and a warming factors can be very effective in ensuring the stability of the underground pipeline in icy permafrost soils, as will significantly lower the temperature of the surrounding soil and reduce the aura of thawing them under the pipeline.

Первый российский магистральный нефтепровод в криолитозоне, ВСТО-1, построенный в период с апреля 2006 г. по декабрь 2009 г. протяженностью 2691 км от Тайшета до Сковородино, почти на трети трассы пересекает многолетнемерзлые грунты, оттаивание которых может вызвать риски недопустимых изменений проектного планово-высотного положения трубопровода и угрозы его функционированию [1]. Особенно опасны участки с льдогрунтами, пластовыми и полигонально-жильными подземными льдами. Их насчитывается около 300.

Предлагаются различные способы решения этой проблемы: от вскрытия подземного трубопровода и замены под ним льдистых многолетнемерзлых грунтов на не льдистые, нанесения теплоизоляции на трубу до выноса трубопровода из грунта и размещения его на свайных опорах надземно. Все они весьма трудоемки и дороги, при этом могут возникнуть дополнительные проблемы, в частности, свайные опоры надземного трубопровода могут выпучиваться [7].

В этой связи нами в Олёкминском районе Якутии проводятся эксперименты по дополнительному охлаждению многолетнемерзлых грунтов путем регулирования

охлаждающих и отепляющих природных факторов таким образом, чтобы уменьшался приход тепла и увеличивался его расход, сохранял многолетнемерзлое состояние и дополнительно охлаждался массив многолетнемерзлых грунтов в основании нефтепровода. Теоретической основой натурных исследований являются разработки [2-4, 6], а также результаты математического моделирования [5].

Температурный режим горных пород в слое годовых колебаний, определяется структурой радиационно-теплового баланса поверхности, тепловым влиянием наземных покровов (снег, растительность, вода), теплотокотом из недр земли, а также процессами тепломассопереноса в массиве горных пород [3]. Анализ формирования радиационно-теплового баланса поверхности и температурного режима пород в слое годовых колебаний, позволяет сделать вывод о том, что, для сохранения многолетнемерзлого состояния массива грунтов [4] необходимо: 1) уменьшать поступление на его поверхность прямой и рассеянной солнечной радиации, например, затенением; 2) увеличивать альбедо поверхности окраской в светоотражающий цвет или покрытие её светоотражающим материалом; 3) увеличивать эффективное излучение дневной поверхности в зимний период, например, снегоочисткой охлаждаемого массива грунтов и части прилегающей территории; 4) увеличивать турбулентный теплообмен и испарение с дневной поверхности массива; 5) предотвращать инфильтрацию летних осадков и фильтрацию поверхностных или надмерзлотных вод в массив грунта.

Основываясь на этих предпосылках, мы приступили к экспериментам на магистральном нефтепроводе ВСТО-1. Были выбраны 2 экспериментальные площадки: № 1 – на нефтеперекачивающей станции «Олекминск» (НПС-14) и № 2 – на 1704 км линейной части подземного нефтепровода.

На площадке № 1 с ноября 2013 г. по сентябрь 2014 г. проверялись два способа охлаждения грунтов: снегоочистка в зимний период и покрытие поверхности полимерным скальным листом светло-серого цвета – в летний.

Зимой 2013-2014 гг. снежный покров лежал со 2 ноября (3 см) по 16 апреля (2 см). На экспериментальной площадке выполнялась снегоочистка с середины ноября по середину марта при выпадении снега толщиной не менее 5 см. С середины марта снегоочистка не производилась, поскольку среднесуточная температура воздуха устойчиво превышала температуру поверхности массива грунта и направление теплотокота изменилось. Скальным листом экспериментальная площадка была накрыта с мая по сентябрь 2014 г. На контрольной площадке снег не удалялся, поверхность не накрывалась скальным листом. Здесь к середине марта накопился снежный покров толщиной 40-41 см.

Наблюдения за температурой и глубиной оттаивания грунтов на экспериментальной и контрольных площадках (Табл. 1) показали, что на конец теплого периода (на 10.09.2014 г.) глубина сезонного оттаивания грунтов на экспериментальной площадке уменьшилась на 1,66 м или на 40,5%, а охлаждающий эффект уверенно (на 0,7–4,5 °С) прослеживается до глубины 3,5 м. Следует отметить, что покрытие площадки скальным листом было вынужденной мерой (белый щебень из Слюдянского месторождения мог поступить только летом), осуществленной к тому же с опозданием на 1,5 месяца. Тем не менее, результаты за 1 год эксперимента весьма обнадеживающие.

Таблица 1

Температура и глубина оттаивания грунтов на экспериментальной и контрольной площадках на НПС-14 на 10.09.2014 г.

Глубина, м	Экспериментальная площадка		Контрольная площадка		Разница	
	Температура, С°	Глубина оттаивания, м	Температура, С°	Глубина оттаивания, м	по температуре, С°	по глубине оттаивания, м
1	4,1	2,44	7,9	4,10	-3,8	1,66
1,5	3,0		7,5		-4,5	
2	1,6		5,7		-4,1	
2,5	-0,2		3,6		-3,8	
3	-0,3		2,0		-2,3	
3,5	-0,4		0,3		-0,7	
4	-0,3		0,0		-0,3	
5	-0,4		-0,2		-0,2	
6	-0,4		-0,2		-0,2	
7	-0,4		-0,3		-0,1	
8	-0,5	-0,2	-0,3			
9	-0,5	-0,2	-0,3			

В ноябре 2014 г. скальный лист был заменен на солнцезащитный навес высотой 1,5 м из металлического каркаса и покрытия из панелей-сэндвичей, что позволило еще сильнее охладить массив грунта зимой 2014-15г. Так в середине апреля 2015 г. (рис. 1) температура массива грунтов в интервале 1-5 м на экспериментальной площадке (скв 18) была на 2-4 °С ниже, чем на контрольной площадке (скв 37).

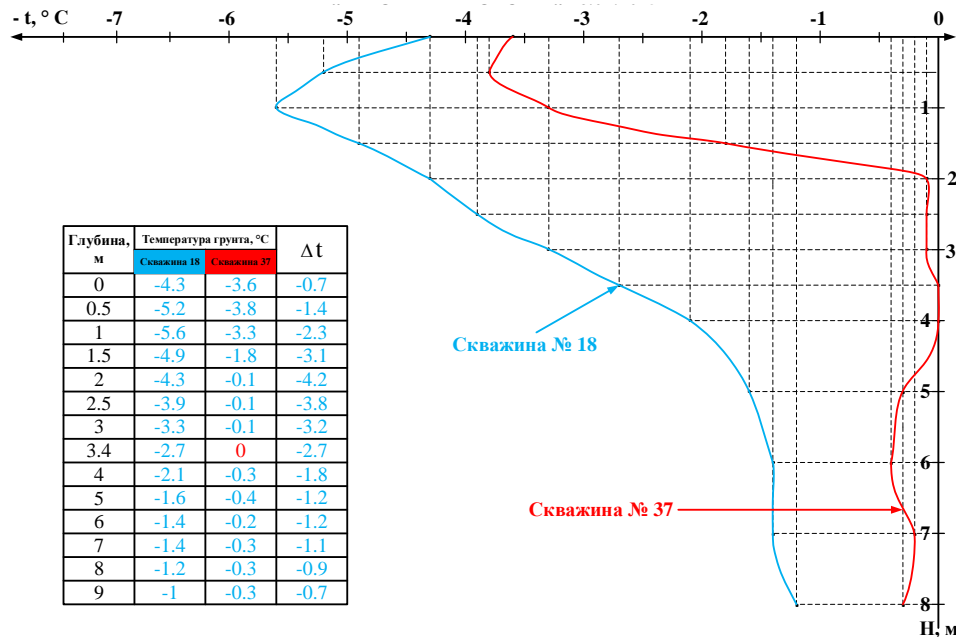


Рис.1. Температура грунтов на экспериментальной (скв 18) и контрольной (скв 37) площадках на НПС-14 МН ВСТО-1 на 16.04.2015 г.

На площадке № 2 в конце марта 2014 г. был сооружен солнцезащитный навес в виде деревянного каркаса из столбов, брусьев и досок, настила из профилированных металлических листов на обрешетке из досок и слое синтетической ткани. Оборудованы термоскважины глубиной 15 и 10 м под навесом и вне его на расстоянии 1, 3 и 10 м от подземного нефтепровода. Измерялась также глубина оттаивания грунтов металлическим щупом в контрольных точках в 1, 3 и 10 м от нефтепровода (табл. 2).

Таблица 2

Результаты измерения глубины оттаивания грунтов на площадках с навесом и без навеса на линейной части ВСТО-1, км 1704 в конце лета 2014 г.

Расстояние контрольной точки от трубы, м	Глубина оттаивания грунтов, м		Разница глубин оттаивания грунтов	
	под навесом	вне навеса	в м	в %
13 августа 2014 г.				
1	1,06	1,84	-0,78	42
3	0,89	1,77	-0,88	49
10	1,85	1,81	0,04	2
9 сентября 2014 г.				
1	1,31	2,10	-0,79	37
3	1,13	1,93	-0,80	41
10	2,27	2,34	0,07	3

Наблюдения показали, что действие навеса (затенение и предотвращение фильтрации летних осадков в грунт) на 37-49% сократило глубину оттаивания грунтов под ним. Интенсивное охлаждение массива грунтов происходило зимой 2014-15 гг., поскольку под навесом не формировался снежный покров, достигавший вне навеса 40-50 см. Распределение температуры грунтов до глубины 10 м в скважинах в 1, 3 и 10 м под навесом и вне его на 23 апреля 2015 г. показано на рис. 2, из которого следует, что за 1 год массив грунта в интервале 2-5 м под навесом охладился на 3-7 °С по сравнению с массивом грунта вне навеса.

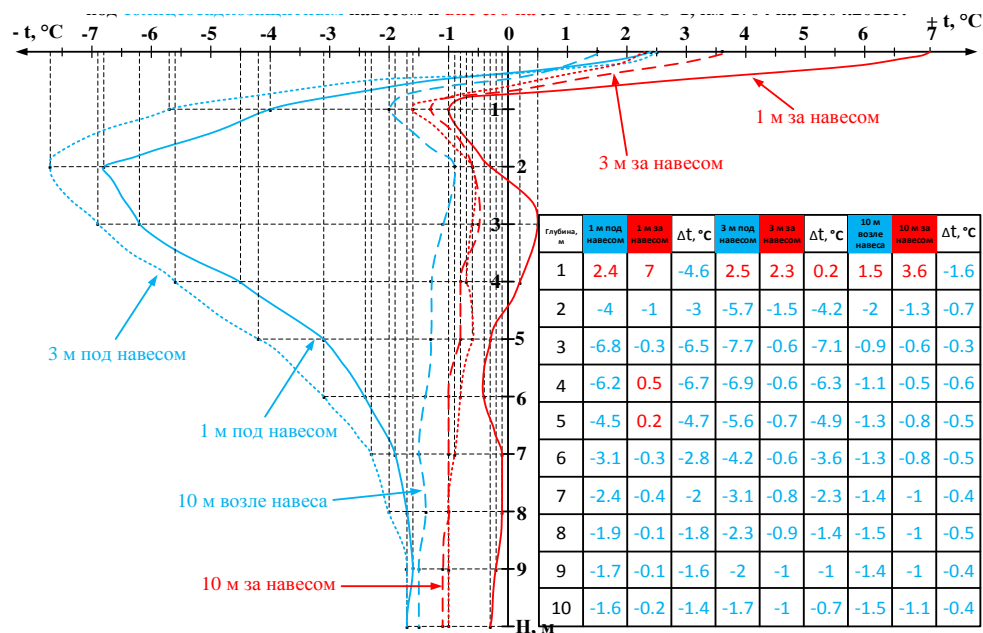


Рис.2. Температура грунтов под навесом и вне навеса в 1, 3 и 10 м от подземного нефтепровода на 23.04.2015 г.

Таким образом, проводимые эксперименты показывают, что охлаждение массива грунтов путем регулирования природных охлаждающих и обогревающих факторов может быть весьма эффективным в обеспечении стабильности подземного трубопровода в льдистых многолетнемерзлых грунтах, поскольку позволят существенно понизить температуру вмещающих грунтов и уменьшить ореол оттаивания их под нефтепроводом.

Литература

1. Бронников В.А., Ибрагимов Э.Р., Кондратьев В.Г. Проблемы инженерно-геокриологического обеспечения проектирования и строительства магистрального нефтепровода ВСТО-1 и пути их решения // Инженерные изыскания, № 13-14, 2014, с 43-52.
2. Бudyko М.И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., Гидрометеиздат, 1956. 255 с.
3. Достовалов Б.А., Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение. – М.: Изд-во МГУ, 1967. 404 с.
4. Кондратьев В.Г. Охлаждение массива многолетнемерзлых грунтов в основании дорог путем регулирования потоков холода и тепла // Грунтоведение. – СПб: Изд-во «Центр генетического грунтоведения», 2013 - № 1, с. 34-47.
5. Кондратьев В.Г., Перекупка А.Г., Примаков С.С., Петрова А.С. Мероприятия по изменению режима теплообмена на поверхности земли и их влияние на распределение температуры в грунте // Нефтяное хозяйство, октябрь 2012, с. 122-125.
6. Кудрявцев В.А., Ершов Э.Д. Принципы управления мерзлотными процессами // Мерзлотные исследования. – М.: Изд-во МГУ, 1969 – Вып. IX.
7. Хафизов Р.М. Ошибки при проектировании, погружении и испытаниях винтовых свай на полуострове Ямал // Инженерные изыскания, № 7, 2014, с. 24-31.

ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЯ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ

Г.Н. Копылова

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия,
E-mail: gala@emsd.ru*

Аннотация. Рассматривается современное состояние гидрогеосейсмологии – нового направления научных исследований, развивающегося на стыке гидрогеологии и сейсмологии и имеющего важное прикладное значение в области геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов и прогноза сильных землетрясений. На примере Камчатки приводится описание системы специализированных гидрогеологических наблюдений и основные результаты гидрогеосейсмологических исследований.

Abstract. The current state of hydrogeoseismology – the new area of scientific researches developing on a joint of hydrogeology and seismology and having important applied value for geophysical monitoring of seismoactive regions and the forecast of strong earthquakes is considered. On the example of Kamchatka the description of system of specialized hydrogeological observations and the main results of hydrogeoseismological researches is provided.

Гидрогеосейсмология – новое направление научных исследований, развивающееся на стыке гидрогеологии и сейсмологии с 70-х гг. XX в. Основной задачей гидрогеосейсмологии является изучение сейсмических явлений методами гидрогеологии, включая вопросы прогноза времени сильных землетрясений [1,11]. Главными научно-методическими задачами гидрогеосейсмологических исследований являются:

– создание специализированных сетей гидрогеологических наблюдений в сейсмоактивных районах, получение временных рядов гидродинамических и физико-химических параметров режима подземных вод; выделение и систематизация гидрогеологических эффектов, вызванных отдельными землетрясениями;

– изучение закономерностей проявления и процессов формирования эффектов сейсмичности в различных гидрогеологических системах (например, в системах скважина – водовмещающая порода, подземная вода – горная порода и др.);

– разработка методов сейсмического прогноза с использованием гидрогеологических данных.

Основным объектом гидрогеосейсмологии являются отклонения в режиме подземных вод (аномалии), возникающие перед, во время и после землетрясений. Особый интерес представляют гидрогеологические (гидрогеодинамические, гидрогеохимические и гидрогеотермические) предвестники землетрясений, проявляющиеся перед сильными землетрясениями и свидетельствующие о скором их возникновении. В [3] предложено называть изменения параметров режима подземных вод под влиянием землетрясений *гидрогеосейсмическими вариациями* и разделять их на гидрогеологические предвестники, косейсмические и постсейсмические эффекты. Такое разделение производится в соответствии с факторами сейсмического воздействия, вызывающих соответствующие отклики в режиме подземных вод. В качестве факторов сейсмического воздействия на гидрогеологические системы рассматриваются: 1 – процессы подготовки землетрясений, которые могут сопровождаться трещинной дилатансией, изменением фильтрационных связей в водовмещающих породах и их квазиупругой деформацией при возникновении асейсмических движений в очаговой области, предшествующих землетрясению; 2 – изменение статического напряженного состояния водовмещающих пород при образовании разрывов в очагах сильных землетрясений с величинами магнитуд 4-5 и более, которое наблюдается на расстояниях не более десятков – первых сотен км от эпицентра; 3 – динамическое воздействие сейсмических волн на природные гидрогеологические и геотехнические системы, в частности, на системы скважина – водовмещающая порода.

В [3] приводится типизация гидрогеосейсмических вариаций в режиме скважин и источников с использованием данных специализированных наблюдений в сейсмоактивных регионах России и мира.

В мировой научной литературе вопросам гидрогеосейсмологии также уделяется внимание. В обобщающей работе Ванга и Манги [12] содержатся данные об изменениях режима скважин, источников, гейзеров, грязевых вулканов, поверхностных водотоков в США, Китае, на о. Тайвань и в Японии. В этой работе также рассматривается явление разжижения водонасыщенных грунтов в приповерхностной зоне при сейсмических сотрясениях. В [12] показано, что наблюдаемое многообразие и особенности эффектов сейсмичности в различных флюидных системах, связаны, главным образом, с динамическим воздействием сейсмических волн и определяются соотношением величин магнитуды землетрясения и его гипоцентрального расстояния. Значительно меньше достоверных данных имеется об эффектах в подземных водах, вызванных изменением статического напряженного состояния водовмещающих пород и процессами подготовки землетрясений.

Система специализированных гидрогеологических наблюдений на Камчатке и основные результаты. На Камчатке гидрогеосейсмологические исследования проводятся с 1977 г. Большой вклад в создание специализированной наблюдательной сети и методики исследований внесли сотрудники Института вулканологии ДВНЦ АН СССР (В.М. Сугробов, Р.А. Шувалов), Камчатской опытно-методической сейсмологической партии (с 2005 г. Камчатский филиал Геофизической службы РАН, КФ ГС РАН) (Ю.М. Хаткевич, Г.В. Рябинин, А.А. Смирнов, С.В. Болдина), ОАО «Камчатгеология» (Н.Н. Смолина).

Наблюдения за вариациями уровня воды с периодичностью 5 мин – 1 ч проводятся КФ ГС РАН и ОАО «Камчатгеология» на 6-ти пьезометрических скважинах глубиной 100-800 м с использованием цифрового регистратора Кедр ДМ, ультразвукового датчика уровня воды, глубинного зонда для измерений температуры и электропроводности воды и датчиков атмосферного давления и температуры воздуха (ООО Полином, г. Хабаровск). Система регистрации и обработки данных обеспечивает точность измерений вариаций уровня воды ± 0.1 см. Результаты измерений передаются в центры обработки данных по каналам сотовой связи с периодичностью 6-12 часов. Глубинный зонд для измерения температуры и электропроводности воды также установлен на самоизливающейся скважине Морозная 1.

Проведение уровнемерных измерений с высокой точностью и периодичностью 5-10 мин. позволило получить новые данные о гидрогеосейсмических вариациях уровня воды на стадиях подготовки и реализации сильных землетрясений. Были обнаружены гидрогеодинамические предвестники, косейсмические скачки порового давления при образовании разрывов в очагах местных сильных землетрясений, разнообразные постсейсмические изменения, вызванные прохождением сейсмических волн от местных и от сильных телесейсмических событий.

На четырех пунктах – Пиначево, Морозная, Хлебозавод и Верхняя Паратунка, включающих 9 самоизливающихся скважин и 3 источника, проводятся наблюдения за химическим составом воды и газа с периодичностью 1 раз в 3-6 суток. При посещении пунктов производится отбор проб воды и газа, замеры дебита объемным способом и измерения температуры воды. В составе подземной воды в лабораторных условиях определяются концентрации HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H_4SiO_4 , H_3BO_3 . В составе растворенного и свободного газа определяются методом газовой хроматографии O_2 , N_2 , Ar , CH_4 , He , H_2 , углеводородные газы. Данные многолетних наблюдений содержатся в пополняемых базах данных в КФ ГС РАН и ОАО «Камчатгеология».

Наиболее важными результатами многолетних исследований являются:

1 – обнаружение гидрогеологических предвестников, проявляющихся в течение месяцев – недель в аномальных изменениях уровня воды, минерального и газового состава подземных вод преимущественно перед сильными землетрясениями с магнитудами $M \geq 6.6$ на расстояниях до 200-300 км от пунктов наблюдений [2,4,9];

2 – разработка и практическая реализация методов использования выявленных закономерностей в проявлении гидрогеологических предвестников в системе среднесрочного прогнозирования сильных землетрясений в Камчатском регионе с выдачей регулярных заключений о сейсмической опасности по гидрогеологическим данным в Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС) [2,4,9];

3 – развитие научных представлений о гидрогеодинамических и гидрогеохимических процессах формирования различных типов гидрогеосейсмических вариаций в системах скважина – водовмещающая порода с учетом комплекса локальных гидрогеологических условий, технического строения скважин и параметров землетрясений; как показано в [5,6,8,10] особенности проявления гидрогеодинамических и гидрогеохимических откликов скважин и источников определяются комплексом локальных условий, включающих упругие и фильтрационные свойства водовмещающих пород и степень их изолированности, строение скважин и состав порового флюида;

4 – создание феноменологических моделей формирования гидрогеосейсмических вариаций уровня вод в отдельных наблюдательных скважинах с учетом локальных гидрогеологических условий и технического строения скважин [2,6,8-10];

5 – разработка научного обоснования для использования данных специализированных равномерных наблюдений в системе геофизического мониторинга для точечной количественной или качественной оценки изменений напряженно-деформированного состояния водовмещающих пород в процессе подготовки и реализации землетрясений и извержений вулканов [5,7].

Гидрогеологические предвестники. Впервые яркие проявления предвестников были зарегистрированы в изменениях химического состава воды самоизливающихся скважин на пунктах Пиначево и Морозная перед землетрясениями 06.10.1987 г., $M=6.6$ и 02.03.1992 г., $M=6.9$ [4]. Перед землетрясением 1992 г. в составе воды скв. Морозная-1 наблюдалось пропорциональное увеличение катионов Na^+ и Ca^{2+} и перераспределение анионов за счет относительного роста концентрации SO_4^{2-} и уменьшения концентрации HCO_3^- . Минерализация воды увеличилась на 25%. В течение двух месяцев перед землетрясением наблюдалось увеличение амплитуд колебаний концентраций свободных газов на скв. ГК-1, Пиначево. Также имели место постсейсмические изменения гидрогеохимических показателей в результате сейсмических сотрясений [4,8].

Гидрогеохимический предвестник в форме понижения концентрации хлор-иона в воде скв. ГК-1 проявлялся перед шестью сильными землетрясениями с $M=6.6-7.8$ из 9-ти произошедших в 1987-1999 гг. на расстояниях до 300 км от скважины. Отсюда оценка вероятности связи такого предвестника и сильных землетрясений составляет $p=6/9=0.7$.

Перед Кроноцким землетрясением 05.12.1997 г., $M=7.8$ в скважинах Е-1 и ЮЗ-5 проявлялся гидрогеодинамический предвестник в течение трех недель в виде синхронного понижения уровня воды в обеих скважинах [6].

В скв. Е-1 регулярно проявляется предвестник в форме увеличения скорости понижения уровня воды перед землетрясениями с $M \geq 5.0$ на расстояниях до 350 км [2]. По данным наблюдений 1996-2012 гг. оценка величины вероятности связи предвестника и последующих землетрясений составила $p=26/58=0.45$, отношение времени тревоги к общему времени наблюдений – 0.33, эффективность предвестника для прогноза $I=1.4$. Для землетрясений с $M \geq 5.9$ параметры сейсмопрогностической полезности этого предвестника возрастают: $p=8/11=0.73$ и $I=2.2$.

На основе выявленных гидрогеологических предвестников предложены методы среднесрочного прогноза времени возникновения сильных землетрясений на Камчатке с заблаговременностью месяцы – недели [2, 4], которые используются в системе прогнозирования сейсмической опасности в Камчатском крае.

Перспективы развития гидрогеосейсмических исследований на Камчатке связаны с дальнейшим накоплением достоверных данных о гидрогеосейсмических вариациях, в первую очередь, о гидрогеологических предвестниках и закономерностях их связи с параметрами сильных землетрясений. Не менее значимым направлением является исследование процессов формирования различных типов гидрогеологических откликов на сейсмические воздействия с использованием гидродинамического и физико-химического моделирования.

Литература

1. Киссин И.Г., Ясько В.Г., Пиннекер Е.В. Подземная гидросфера и сейсмические процессы / Основы гидрогеологии. Т. 4. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах. Новосибирск: Наука, 1982, с. 57-78.
2. Копылова Г.Н. Изменения уровня воды в скважине Елизовская-1, Камчатка, вызванные сильными землетрясениями (по данным наблюдений в 1987-1998 гг.) // Вулканология и сейсмология. 2001. № 2, с. 39-52.

3. Копылова Г.Н. Сейсмичность как фактор формирования режима подземных вод // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2006. № 1. Вып. № 7, с. 50-66.
4. Копылова Г.Н., Сугробов В.М., Хаткевич Ю.М. Особенности изменения режима источников и гидрогеологических скважин Петропавловского полигона (Камчатка) под влиянием землетрясений // Вулканология и сейсмология. 1994. № 2, с. 53-70.
5. Копылова Г.Н., Смолина Н.Н. Изменения уровня воды в скважинах Камчатки в период Олюторского землетрясения 20.04.2006 г., $M_w=7.6$ // Вулканология и сейсмология. 2010. № 3, с. 36-49.
6. Копылова Г.Н., Болдина С.В. О механизме гидрогеодинамического предвестника Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г., $M_w=7.8$ // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31. № 5, с. 104-114.
7. Копылова Г.Н., Стеблов Г.М., Болдина С.В., Сдельникова И.А. О возможности оценок косейсмической деформации по данным уровневых наблюдений в скважине // Физика Земли. 2010. № 1. С. 51-61.
8. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Аномальные изменения химического состава подземных вод в связи с Камчатским землетрясением 02.03.1992 г. ($M_w=6.9$) // Геофизические исследования. 2012. Т. 13. № 1. С. 39-49.
9. Копылова Г.Н., Болдина С.В. О связи изменений уровня воды в скважине Е-1, Восточная Камчатка, с активизацией вулкана Корякский в 2008-2009 гг. и сильными ($M \geq 5$) землетрясениями // Вулканология и сейсмология. 2012. № 5. С. 41-54.
10. Копылова Г.Н., Копылова Ю.Г., Гусева Н.В. О генезисе и механизмах формирования гидрогеохимических аномалий в изменениях состава подземных вод под влиянием сейсмичности // Матер. региональной научн. конф. «Вулканизм и связанные с ним процессы», посвященной Дню вулканолога // Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. С. 181-186.
11. Султанходжаев А.Н., Зиган Ф.Г. Методические рекомендации к гидрогеосейсмологическим исследованиям. Ташкент: ФАН, 1980, 52 с.
12. Wang C.-Y., Manga M. Earthquakes and Water. Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2010, 225 p. DOI 10.1007/978-3-642-00810-8.

СОДОВЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮГА-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ

О.Е. Лепокурова

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Томск, Россия, E-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Аннотация. Дается определение понятия «содовые воды», приводятся условия локализации подземных содовых вод на юго-востоке Западной Сибири и некоторые их химические особенности.

Abstract. Definition of the term "soda water", the conditions of localization of underground soda waters on the South-East of Western Siberia and some of their chemical features are given.

Принадлежность вод к содовым несколько затруднена, поскольку разными учеными понимается по-своему. Собственно содовый тип выделили в свое время лишь Ю.П. Никольская (1961) при классификации химического состава вод озер и Е.В. Посохов (1969), относящий к нему воды, в которых «доминирующими из солей...будут гидрокарбонаты натрия...» (с. 3-4). Гидрокарбонатные натриевые (или гидрокарбонатно-натриевые) воды по преобладающему аниону и катиону выделяют В.А. Александров (1932), С.А. Щукарев (1934), Н.И. Толстихин (1934), В.А. Сулина (1948). Под разными наименованиями встречаются также в классификациях Ч. Пальмера (1911) как щелочные воды (первый класс), О.А. Алекина (1948) как первый тип вод ($\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), М.Г. Валяшко (1939) как карбонатный тип.

С.Л. Шварцев [7], в соответствии с развиваемой им концепцией эволюционного развития системы вода-порода, предложил для обозначения типичных содовых вод зоны гипергенеза термин щелочной карбонатно-кальциевый (содовый) геохимический

тип подземных вод. Формирование данного типа вод на начальном этапе обусловлено равновесием с кальцитом. Собственно автором и делается вывод, что «...карбонатообразование и содообразование – два тесно связанных и взаимообусловленных явления единого процесса выветривания горных пород в условиях насыщения водного раствора кальцитом» (с. 261). Наряду с кальцитом этот тип вод тесно ассоциирует с минералами группы монтмориллонита и гидрослюдой. Воды щелочные (рН от 7,4 до 8,6) с общей минерализацией 0,6–1,5 г/л, содержат часто повышенные количества сульфатов и хлоридов. Исходя из такой классификации, к щелочному карбонатно-кальциевому геохимическому типу, например, будут относиться широко распространенные на севере Алтае-Саянского горного обрамления пресные гидрокарбонатные кальциевые подземные воды трещинных отложений, отлагающие при выходе на поверхность травертины [8].

Автор будет придерживаться разработанным С.Л. Шварцевым критериям отнесения вод к геохимическим типам и, в целом, считать названия содовый, гидрокарбонатный натриевый и щелочной карбонатно-кальциевый синонимами [10]. Однако необходимо уточнить, что в нашем случае речь идет не только о зоне гипергенеза, но и о более глубоко залегающих водах, поэтому и с более высокими значениями минерализации и рН вод.

Содовыми водами напрямую и опосредованно в регионе занимались многие ученые ТПУ, ТГАСУ и ТФ ИНГГ СО РАН: Г.М. Рогов, В.К. Попов, Д.С. Покровский, П.А. Удодов, С.Л. Шварцев, Г.А. Плевако, Н.М. Рассказов, В.Г. Иванов, А.Д. Фатеев, Е.М. Дутова и многие другие; из последних – Е.В. Домрочева, О.Е. Лепокурова, О.Г. Токаренко.

Регион юго-востока Западной Сибири выбран неслучайно. Во-первых, содовые воды здесь представлены достаточно широко и разнообразно. Во-вторых, здесь как нигде прослеживается влияние на формирование состава вод более полной системы вода - порода (алюмосиликатные) - газ (метан, углекислый газ) - органическое вещество (уголь, болото). Поэтому ожидаются интересные результаты. Условия распространения (рис. 1) и некоторые особенности состава содовых вод (табл. 1) рассмотрим ниже, отдельно для Западно-Сибирского артезианского и Кузнецкого адартезианского бассейнов.

Юго-восточная часть Западно-Сибирского артезианского бассейна в гидрогеологическом отношении является раскрытой. Здесь отсутствует региональный мел-палеогенновый водоупор (рис. 1, разрез АБ), поэтому наиболее заметно проявилось влияние инфильтрационных вод. Граница пресных вод опускается на глубину до 1,5 км. Содовые воды распространены в осадочных обломочных породах (песчаники и алевролиты) мелового возраста континентального генезиса. Питания вод происходит с Алтае-Саянского горного обрамления, где содовые воды встречаются даже в приповерхностных условиях в трещинах интрузивных пород (в основном гранитах и гранодиоритах). В Чулымском бассейне содовые воды встречаются на глубине от первых десятков и первых сотен метров до 2 км. Максимальная мощность распространения данных вод приурочена к склону артезианского бассейна, постепенно уменьшаясь на северо-западе, т.е. в Среднеобском бассейне.

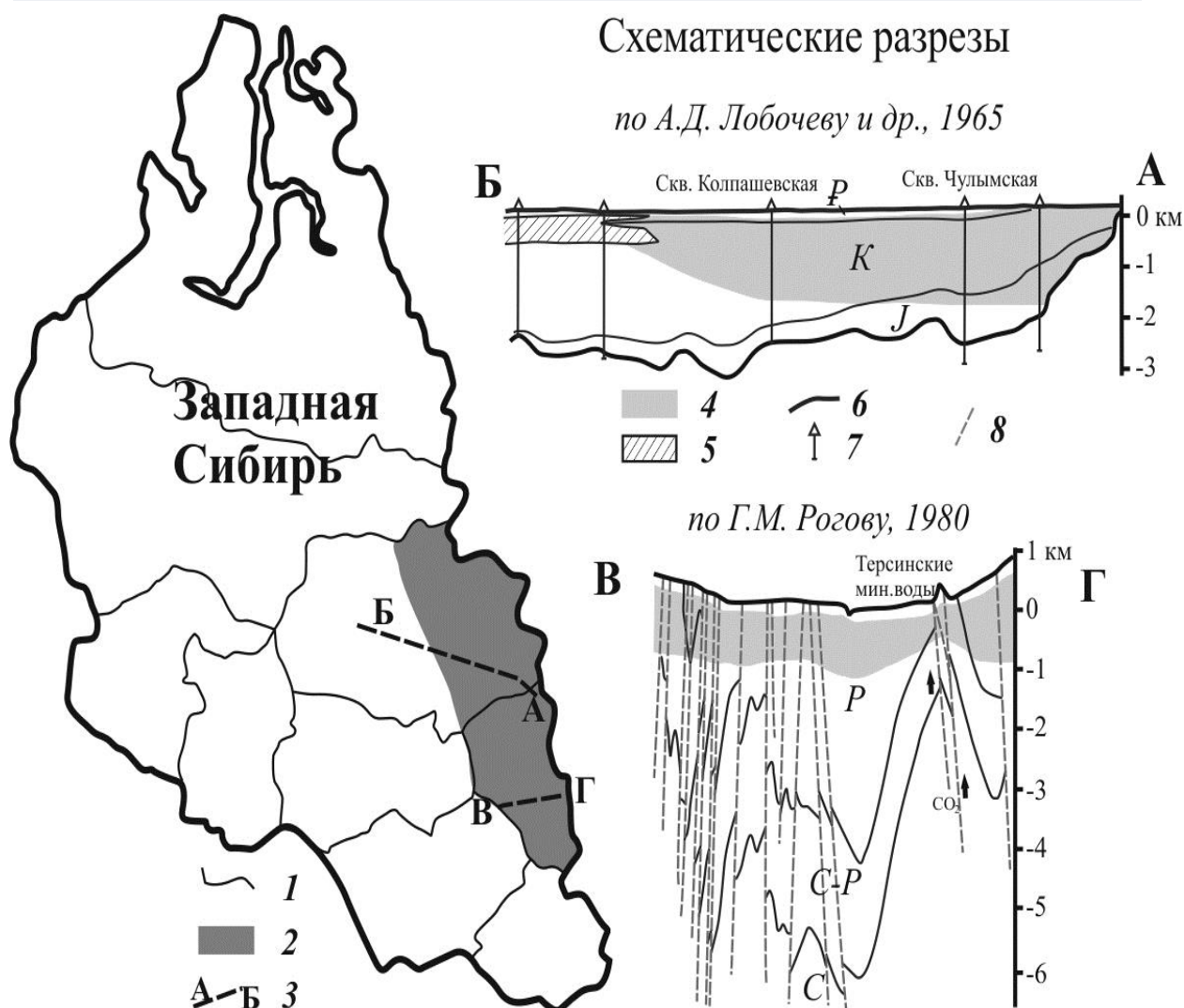


Рис. 1. Обзорная карта и схематические разрезы [1, 6]: 1 – административная граница областей; 2 – район работ; 3 – линия разреза; 4 – область распространения гидрокарбонатных натриевых (содовых) вод; 5 – региональный водоупор; 6 – стратиграфические границы; 7 – скважины; 8 – разломы.

В Чулымском бассейне на глубинах от 600 до 1300 м в меловых отложениях иллекской свиты развиты уникальные содовые воды: весьма пресные (соленость 0,25–0,6 г/л), но сильнощелочные (рН 9,1–10,3), с очень легким изотопным составом водорастворенного углерода (–30,3‰). Из скважины Чулымской (1266–1277 м) добывается первая минеральная вода в Томской области под торговым названием «Омега» с высоким содержанием кремния (H₄SiO₄ до 50 мг/л) [9].

В Среднеобском бассейне мощность распространения содовых вод намного меньше до полного выклинивания в местах появления регионального мел-палеогенового водоупора. В Колпашевском районе в скв. 2ч (рис. 1, разрез АБ) содовая минеральная вода вскрыта в меловых отложениях покурской свиты на глубине 744–760 м. Вода маломинерализованная (до 1,1 г/л), слабощелочная (рН 7,9) с высоким содержанием хлора [4]. Используется как питьевая лечебно-столовая под названием «Сибирская курортная».

Таблица 1

Химический состав некоторых содовых вод юго-востока Западной Сибири (в числителе – пределы содержания, в знаменателе – среднее, прочерк – нет данных), мг/л

Параметры	Содовые воды Кузбасса зоны замедленного водообмена [11]	Содовые воды Кузбасса нижней части зоны замедленного водообмена [2]	Терсинские углекислые минеральные воды [3]	Борисовские азотно-метановые минеральные [5]	Пресные щелочные Чулымского бассейна [9]	Колпашевские минеральные воды, скв. 2 ^ч [4]
Вмещающие породы	Угленосно-терригенные пермо-карбоновые отложения			Песчано-глинистые отложения мелового возраста		
Глубина отбора, м	<u>30–1197</u> 538	<u>190–1495</u> 645	370	575	1266–1277	744–760
pH	<u>7,2–9,8</u> 8,2	<u>7,2–10,0</u> 8,5	6,4–6,9	8,2	9,1–10,3	7,9
∑ ионов	<u>436–4627</u> 1364	<u>1499–25139</u> 10276	4054– 5809	2875	261–404	815– 1111
Окисляемость	<u>0,2–7,1</u> 2,5	<u>0,5–19,2</u> 5,0	–	10	1,1–1,6	–
HCO ₃ ⁻	<u>258–3289</u> 863	<u>630–15494</u> 6110	3002– 3953	2013	73–209	370–568
CO ₃ ²⁻ (CO ₂)	<u>0,3–742,8</u> 33,4	<u>8,4–1285</u> 266	(1656– 3060)	54	19–82	–
Cl ⁻	<u>0,5–248</u> 30,5	<u>21–5494</u> 779	111– 192	92	1,5–17,7	106–354
SO ₄ ²⁻	<u>0,2–596</u> 28,5	<u>0,2–75</u> 16,5	0,5–14	1,3	2,0–20,4	0–2,5
Ca ²⁺	<u>1,0–165</u> 34	<u>0,2–60,5</u> 18	235– 307	2	0,4–5	6–8
Na ⁺	<u>44–1200</u> 317	<u>426–7230</u> 2976	732– 1054	862	85–99	236–380
Mg ²⁺	<u>0–77,0</u> 11,6	<u>1,2–79,3</u> 18	50–119	0,6	0,1–2	0–2,4
K ⁺	<u>0,3–100</u> 6,5	<u>1,0–41</u> 14,8	11–20	1,3	0,3–0,6	2–3,7
SiO ₂	<u>4,1–42,5</u> 21,5	<u>5,8–44,6</u> 20,1	51,4– 117,7	7,7	16,1–31	–
N проб	90	35	94	1	13	7

В Кузнецком адартезианском бассейне в условиях лесостепного ландшафта содовые воды широко развиты, даже уже в приповерхностных условиях. В отличие от выше описанного района, мощность распространения содовых вод в Кузбассе хорошо выдержана по всему разрезу (рис. 1, разрез ВГ) и составляет максимально 2000 м [11]. В основном они встречаются начиная с глубин 100–200 м и приурочены к зоне

замедленного водообмена в угленосно-терригенных пермских отложениях [6, 2]. Характеризуются минерализацией от 0,4 до 5 г/л, рН от 7,2 до 9,8, иногда высокими содержаниями хлора и сульфата, в газовом составе преобладает метан. Некоторые воды используются в качестве минеральных. Например, Борисовская лечебно-столовая минеральная вода, имеет азотно-метановый газовый состав, аналогична по своим лечебным качествам северокавказским водам "Ессентуки" [5].

При работах на Нарыкско-Осташкинской площади Ерунаковского района в 2012–2014 гг были обнаружены уникальные содовые воды необычно высокой солености (до 25 г/л). Группой авторов [2] данные воды были отнесены к нижней части зоны замедленного водообмена. Кроме больших значений минерализации, воды отличаются уникально тяжелым изотопным составом водорастворенного углерода (до +30,3‰), что требует дальнейшего детального изучения.

Кроме того, в регионе на фоне широкого распространения метановых газов ниже зоны газового выветривания встречаются и углекислые газы (рис. 1, разрез ВГ). В частности в зоне сочленения Кузнецкой котловины с Кузнецким Алатау к крупному региональному разлому приурочено Терсинское месторождение углекислых минеральных вод. Данные углекислые содовые воды являются холодными (Т на устье 12–13 °С), солоноватыми, с общей минерализацией 2,0–5,5 г/л, слабокислыми (рН 6,2–7,0). Ближайшим аналогом служат теплые (30–33°С) воды Боржоми (Кавказ) [3].

Заключение

Таким образом, на юго-востоке Западной Сибири широко и разнообразно проявляются содовые воды: от ультрапресных (0,2 г/л) до соленых (25 г/л), от слабокислых (рН 6,2) углекислых до сильнощелочных (10,3), с аномально тяжелым изотопом растворенного углерода (+30,3‰) и со сверхлегким (-30,3‰), с высоким содержанием органического вещества и с низким. Распространены они в осадочных мезозойских отложениях артезианского склона (ЗСАБ) и палеозойских отложений межгорного бассейна (Кузбасс) на глубинах от 100–200 до 2000 м. Объединяет их всех равновесное состояние с монтмориллонитом, гидрослюдой и кальцитом, что позволяет отнести их по классификации С.Л. Шварцева к щелочному кремнистому карбонатно-кальциевому геохимическому типу вод или, при наличии газообразной СО₂, – к углекисло-кремнистому карбонатно-кальциевому. Изучение общих закономерностей формирования данного геохимического типа вод в регионе будет дальнейшим этапом исследований.

Автор благодарит С.Л. Шварцева за научные консультации и Е.В. Домрочеву за часть представленного материала.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области). – М.: Недра, 1970. 368 с.
2. Домрочева Е.В., Лепокурова О.Е., Сизиков Д.А. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) // Изв. ТПУ. 2014. Т. 325. №1. С. 94–101.
3. Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Шварцев С.Л. Химический состав и генезис углекислых минеральных вод Терсинского месторождения (Кузбасс) // ДАН. 2011. Т. 436. № 6. С. 1–5.
4. Лепокурова О.Е., Зятева О.Ф. Химический состав минеральной воды «Омега» (Томская область) // Изв. ТПУ. 2011. Т.319. №1. С. 172–177.
5. Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Копылова Ю.Г. Геохимия Борисовских минеральных вод // Материалы научной конференции «Современные проблемы геохимии». – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2007. С.103-105.
6. Рогов Г.М., Попов В.К. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса. – Томск: Изд-во Томского университета, 1985. 191 с.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра. 1998. 288 с.

8. Шварцев С.Л., Лепокурова О.Е., Копылова Ю.Г. Геохимические механизмы образования травертинов из пресных вод на юге Западной Сибири // Геология и геофизика, 2007, т.48, №8. С.852-861.
9. Шварцев С.Л., Лепокурова О.Е. Уникальные щелочные воды в Чулымском бассейне (Западная Сибирь) // ДАН. 2014. Т.459. №3. С. 357–362.
10. Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2007. 389 с.
11. Шварцев С. Л., Хрюкин В. Т., Домрочева Е. В. и др. Гидрогеология Ерунаковского района в связи с проблемой добычи угольного метана // Геология и геофизика. 2006. Т.47. №7. С.881-891.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

В.М. Матусевич¹, В.К. Попов², Л.А. Ковяткина¹

¹Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия, E-mail: vyru@mail.ru
²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. С началом планомерного освоения нефтегазового потенциала Западной Сибири, открытием первых крупных месторождений связано всестороннее изучение химического и газового состава, температуры, уровней, давлений и дебитов подземных вод в глубоких скважинах. По мере накопления данных формируется новая отрасль гидрогеологии, ее разделы. Общие представления о гидрогеологических условиях ЗСМБ трансформируются в новые теории. Пересмотрено строение ЗСМБ с позиций геодинамики, разработаны поисковые критерии регионального и локального прогноза нефтегазоносности по гидрогеологическим данным, на основании теории ореолов рассеяния водорасторенного вещества сформулированы методические основы поисков «пропущенных» залежей, разрабатываются концептуальные вопросы техногенных преобразований гидрогеосферы в нефтегазоносных районах.

Abstract. The systematic study of the oil and gas potential of Western Siberia, the opening of the first fields to promote the study of chemical and gas composition, temperature, level, pressure and flow of underground water in deep wells. With the accumulation of data, formed a new branch of hydrogeology. Common understanding of the groundwater transformed to the new theories. Revised structure of the pool from the point of geodynamics, developed the hydrogeological search criteria for regional and local forecast oil and gas potential. Scattering theory substances with water flows helped to open new oil fields. Develop the concept of man-made changes in the groundwater of oil and gas fields.

Основополагающие гипотезы и теории в нефтегазовой гидрогеологии сложились во второй половине 20-ого века и связаны с именами крупных ученых - нефтяников и гидрогеологов. Этапы становления и направления в этой отрасли отражены во многих публикациях того времени и современности [1-7].

Отправной точкой для изучения подземных вод глубоких горизонтов, их условий формирования, состава, влияния на нефтегазообразование и миграцию углеводородов в ЗСМБ послужило начало поисково-разведочных работ на нефть и газ и сопутствующие (попутные) поиски других полезных ископаемых.

Геохимические и геотермические исследования дополнили картину поисков залежей УВ в геологическом пространстве. Теории гидрогеохимических и гидрогеотермических показателей регионального и локального прогноза нефтегазоносности, доказанные опытным путем, способствовали выявлению многих нефтяных пластов и месторождений. Ореолы рассеяния органического вещества и микроэлементов в водной среде позволили открыть сотни «пропущенных» при

бурении залежей, смещенные водными потоками от сводовых частей ловушек на крылья [5].

В свете начинающей господствовать в 21-ом веке теории глубинного образования нефти подземные водные флюиды в комплексе с термобарическими условиями вносят свой вклад, как в формирование, так и в эмиграцию УВ с больших глубин в технически доступные пласты. Более того, в глубоких скважинах в низах осадочного чехла и в фундаменте обнаружены высокопроницаемые пласты, пористость которых во многом обязана своим зарождением химической активности водных растворов, их «всюдности». Без участия воды не работает ни одна теория и технология разработки залежей УВ. Все эти вопросы лежат в поле интересов отрасли гидрогеологии, получившей название «нефтегазовая гидрогеология».

Фундаментальные вопросы нефтегазовой гидрогеологии заложены в трудах А.А.Карцева, В.Н.Корценштейна, Г.М.Сухарева, Л.М.Зорькина, М.И. Субботы, Л.Н.Капченко, С.Б. Вагина, В.М. Швеца, Е.А.Барс, Ю.П.Гаттенбергера, А.Р.Ахундова, А.М.Никанорова, В.П.Зверева и многих других.

Нефтегазовая гидрогеология оформилась в особую отрасль и благодаря трудам В.А.Сулина (1935,1948), заложившим гидрогеохимическое направление в этой науке.

По мере развития нефтегазовой гидрогеологии в ее недрах формировались региональные научные школы, в том числе сибирская, представителями которой являются: А.С. Анциферов, Р.Н.Абдрашитова, М.Б. Букаты, А.И.Вожов, В.П.Данилова, А.А.Дзюба, Л.А.Ковяткина, А.Р. Курчиков, О.И.Леухина, В.М. Матусевич, Д.А. Новиков, Е.В.Пиннекер, А.Г.Плавник, Р.Г.Прокопьева, Б.П.Ставицкий, Н.Ф.Чистякова, С.Л.Шварцев, А.Д. Назаров, О.В.Шиганова и другие. В данной статье освещается преимущественно вклад в теорию нефтегазовой гидрогеологии представителей Тюменского и Томского «крыльев» этой школы.

С началом планомерного изучения нефтегазового потенциала Западной Сибири, открытием первых крупных месторождений связано всестороннее изучение химического и газового состава, температуры, уровней, давлений и дебитов, органического вещества и микрофлоры подземных вод в глубоких скважинах, их взаимоотношения с нефтематеринскими породами и углеводородами. Широко обсуждаются вопросы влияния подземных вод на формирование и разрушение залежей, их энергетики.

Предтечей нефтегазовой гидрогеологии Западной Сибири на наш взгляд является выдающийся ученый-гидрогеолог А.М. Овчинников, который в 60-ом году на 1-ом гидрогеологическом совещании в Томске показал значение гидрогеохимии и палеогидрогеологии при поисках полезных ископаемых, представил схему классификации водонапорных систем. В 60-ые годы А.А.Карцев публикует первые обобщающие работы по нефтегазовой гидрогеологии.

Уже в 50-ых годах прошлого века был опубликован целый ряд работ, посвященных оценке перспектив нефтегазоносности ЗСМБ по гидрогеологическим данным, среди них работы О.В.Равдоникас, Н.М.Кругликова, В.Ф.Никонова, А.А.Розина, Б.В.Маврицкого. Конкретизируются гидрогеохимические показатели нефтегазоносности в работах того периода Н.Н.Ростовцева. Наиболее бурный период расцвета нефтегазовой гидрогеологии, как и одноименной отрасли наблюдается в 60-80-ые годы.

Работы А.Э.Конторовича (1963), Б.П.Ставицкого (1964), В.М.Матусевича (1966) обобщают весь накопленный материал по химическому и газовому составу подземных вод, микрокомпонентам нефтегазоносных районов Западной Сибири. Благодаря широкомасштабным исследованиям В.М.Матусевичем были получены данные не только по ионно-солевому составу, но и микроэлементам, и водорастворенным

органическим веществам глубоких горизонтов. В монографии «Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна» представлены уникальные данные по изучению окислительно-восстановительного потенциала вод и экспериментальные исследования диффузионно-осмотических процессов. Эта информация не потеряла своей актуальности и в настоящее время.

Монография «Гидрогеология СССР. Западно-Сибирская равнина. Том 16», изданная в 1970 г., в комплекте с картами к ней и по сей день является настольной книгой всех ученых и специалистов по вопросам, касающимся подземных вод мегабассейна.

В 80-ые годы набирают силы и сторонников флюидогеодинамические представления в формировании и развитии водонапорных систем ЗСМБ. В отличие от артезианской теории формирования подземных вод глубоких горизонтов В.М.Матусевичем выдвинута элизионная концепция, в частности объясняющая различие состава и минерализации вод, инверсии и аномалии в разрезе ЗСМБ.

Существенное развитие получила позиция Н.Б.Вассоевича о стадийности нефтегазообразования. Главная зона нефтеобразования (ГЗН), согласно теории органического образования и накопления нефти подтверждена максимальными концентрациями микроэлементов и органического вещества в подземных водах. Установлено, что ГЗН занимает «плавающее» положение в разрезе, наибольшие глубины для нее характерны в северных регионах (до 4,5 -5,5 и более километров), а южнее интервалы ГЗН в основном находятся в диапазоне 2-3 км. Это объяснимо недостаточным прогревом горных пород, нестабильностью теплового потока за счет вариаций климата в позднечетвертичное время. Обоснование этого положения и использование гидрогеотермических данных для прогноза нефтегазоносности ЗСМБ с помощью математической модели А.Р.Курчикова представлено в его монографиях и статьях с соавторами, в частности, с И.И.Нестеровым, С.Б.Ставицким и другими, уникальной является монография А.Р.Курчикова «Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности» (1992).

Стадийность нефтеобразования и углефикации с позиций геохимии подземных вод в работах В.М.Матусевича, В.К.Попова рассматривается через призму трансформации органического вещества на разных стадиях литогенеза. В мезокатагенезе наиболее активно протекают не только процессы преобразования органического вещества, но и взаимодействия подземных вод с вмещающими породами и органическим веществом, за счет чего происходит максимальное обогащение вод этими компонентами.

В 80-ых годах В.М.Матусевичем пересмотрена гидрогеологическая стратификация разреза ЗСМБ, выделены 3 наложенных гидрогеологических бассейна с семью этажно расположенными комплексами, в дальнейшем дополненные восьмым ГГК за счет деления триаса и палеозоя на основе данных глубокого бурения (В.М.Матусевич, 1984; В.М.Матусевич, Л.А.Ковяткина, 2013, 2014). Согласно этой концепции на территории Западно-Сибирской равнины был выделен надпорядковый элемент - Западно-Сибирский мегабассейн (ЗСМБ), как сложная система, состоящая из самостоятельных гидрогеологических бассейнов: кайнозойского, мезозойского и палеозойского. В пределах всего разреза мегабассейна выделено 7 гидрогеологических комплексов (ГГК): олигоцен-четвертичный, турон-палеогеновый, апт-альб-сеноманский, неокомский, верхнеюрский, средне-нижнеюрский и триас-палеозойский. Степень изученности комплексов крайне неодинакова, а триас-палеозойский гидрогеологический комплекс до настоящего времени характеризуется по отрывочным сведениям единичных глубоких и сверхглубоких скважин.

По мере углубления поисково-разведочных на нефть и газ скважин появляются все новые данные о составе и строении глубоких горизонтов осадочного чехла и фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы. Бурение и испытание скважин, а также комплекс 2D- и 3D-геофизических исследований, направленных на получение информации о нефтегазоносности пород, их перспективности на углеводородное сырье, позволяют интерпретировать их для выявления водоносности пород, условий формирования подземных вод и их состава, регионального прогноза нефтегазоносности, в том числе и доюрского основания ЗСМБ.

Неоценимый вклад в общую теорию гидрогеологии и нефтегазовую гидрогеологию ЗСМБ внесли Томские ученые. Работы С.Л.Шварцева, его соратников и учеников на протяжении полувека приносят новые идеи и результаты их осуществления. Невозможно представить формирование пресных подземных вод в зоне гипергенеза, равно как и катагенетические процессы в глубоких горизонтах земной коры без его равновесно-неравновесной теории взаимодействий в системе «вода-порода-газ-органическое вещество».

Революционная идея С.Л.Шварцева о формировании гранитного слоя в континентальной коре позволяет по - новому представить кристаллизацию минералов в гранитоидах, как глобальный эволюционный процесс преобразования базальтов, невозможный без участия воды, контролирующей равновесно - неравновесное состояние термодинамической многокомпонентной системы «вода-порода». Основная направленность эволюции этой системы связана с непрерывным растворением алюмосиликатов кальция, магния, железа и образовании алюмосиликатов натрия и калия, кварца инфильтрационными водами. Главный процесс преобразования горных пород водой на континентах направлен на образование гранитов. В океанических условиях на больших глубинах взаимодействие воды с породами направлено в сторону серпентинизации пород, этим С.Л.Шварцев объясняет отсутствие гранитного слоя в океанах.

С этих позиций можно по-новому рассматривать происхождение пустот «магматических» горных пород в «доюрском» основании ЗСМБ, их заполнение флюидами и формирование водоносных горизонтов и залежей нефти.

Разработка месторождений нефти и газа, эксплуатация водозаборов для целей ППД, подземное захоронение стоков и излишков попутных вод на нефтяных месторождениях, обеспечение нефтегазовых промыслов качественной питьевой водой диктуют специалистам и ученым необходимость изучения техногенных преобразований гидрогеологических систем, их влияния на экологические условия нефтегазовых регионов.

Идеи Е.В.Пиннекера, Б.И.Писарского, Ю.П.Гаттенбергера, А.А.Карцева о техногенезе подземных вод послужили основой для их апробации и развития применительно к условиям Западной Сибири, где создан крупнейший нефтегазовый комплекс мирового масштаба. Техногенные аспекты в ЗСМБ привлекают внимание ученых по всей России. Наши изыскания в этой области обсуждаются на конференциях и в статьях с 70-ых годов до настоящего времени. Отметим здесь некоторые из них, имеющие прямое отношение к нефтегазовой гидрогеологии. В 1997 году представлена схема классификации техногенных гидрогеологических систем ЗСМБ, с этого момента рассматриваются вопросы взаимодействия пластовых и закачиваемых вод, их влияние на фильтрационно-емкостные свойства пород, их кольматацию. Техногенное поле как фактор формирования геологической среды, типизация геологической среды нефтегазовых месторождений, зональность техногенеза отражены в работах последних лет (2010-2015). В последних работах этого направления создана концепция стадийного

развития природно-техногенных гидрогеологических систем (ПТГГС), применимая к системам любого типа, в том числе и для нефтегазовых месторождений.

Литература

1. Абукова Л.А., Вагин С.Б. Основные этапы развития нефтегазовой гидрогеологии / Фундаментальные проблемы нефтегазовой гидрогеологии. Международная конференция, посвященная 80-летию А.А. Карцева, г. Москва, 2005) <http://ipng.ru/publications/labs/251>.
2. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. Гостоптехиздат, 1963.
3. Матусевич В.М., Рыльков А.В., Ушатинский И.Н. Геофлюидальные системы и проблемы нефтегазоносности Западно-Сибирского мегабассейна. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. – 225 с.
4. Матусевич В.М., Попов В.К. Стадийность нефтеобразования с позиций геохимии подземных вод./Органическая геохимия вод и поисковая геохимия.- М.:Наука, 1982- с.79-83.
5. Матусевич В.М., Попов В.К. Микроэлементы в подземных водах – показатели нефтегазоносности // Известия Вузов. Нефть и газ, 1979, №1. – С.3-8.
6. Тюменская сверхглубокая скважина. Результаты бурения и исследования: Сборник научных докладов/Под ред. В.Б. Мазура. – Пермь: КамНИИКИГС, 1996. – 376 с.
7. Шварцев С.Л. Почему нет гранитного слоя в океанической коре?/ Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых.-Томск: изд-во НТЛ, 2012.- 495с.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ И КАРТИРОВАНИЯ ЗОНЫ АКТИВНОГО ВОДООБМЕНА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

К.Е. Морару

*Институт геологии и сейсмологии Академии Наук, Кишинев, Молдова,
E – mail: cmoraru@yahoo.com*

Аннотация. Рассматривается зона активного водообмена подземных вод. Обсуждаются новые принципы изучения и картирования этой зоны в пределах платформенных гидрогеологических условий. Предложен комплекс методов оценки и распространения зоны активного водообмена в условиях неопределенности гидрогеологической параметризации. На примере подземных вод юго-запада Причерноморского артезианского бассейна доказана эффективность и значимость предложенного комплекса методов.

Abstract. The groundwater active recirculation zone is analyzed. In the frame of platform hydrogeological conditions new principles of study and mapping are discussed. In the situation of hydrogeological parameters uncertainty the complex of methods for groundwater active recirculation zone evaluation and location are proposed. On the example of the case study (south – west of the Pre-Black Sea artesian basin) the effectivity and importance of proposed methods have been proud.

Существование вертикальной гидродинамической зональности подземных вод является неоспоримым фактом и относится к базовым закономерностям распространения подземных вод в верхней (водонасыщенной) части земной коры. Впервые об этой закономерности писал В.И. Вернадский [2] в своей знаменитой работе «История природных вод». Именно гидродинамическая зональность впервые была охарактеризована Б.Л. Личковым [13, 14, 15] в виде двух зон: а) верхней зоны, которая ограничивается глубиной эрозионного вреза местной гидрографической сети и б) нижней зоны, подземные воды которой залегают ниже базиса эрозии и неподвижны в течение тысячелетий, т.к. не имеют наружного стока. Три гидродинамические зоны выделил Ф.А.Макаренко [17]: 1) интенсивного стока с возобновлением вод в течение п-дней; 2) замедленного стока с возобновлением вод за п-сезонов и 3) относительно застойных вод с возобновлением стока в течение тысячелетий.

В бывшем СССР Н.К. Игнатович [11] практически обосновал положение о существовании трех гидрогеологических зон: активного водообмена, затрудненной циркуляции (миграции) и застойного режима. Зона активного водообмена по Игнатовичу (1944) - это верхняя часть гидрогеологического разреза, включающая грунтовые воды и верхние горизонты артезианских вод, участвующих в водообмене с атмосферой и питании речных вод. Этот же автор [11] на большом фактическом материале по Русской (Восточно-Европейской) платформе определяет главные особенности зоны активного водообмена.

Научный и практический интерес к гидродинамическим зонам продолжал развиваться, и почти одновременно с работой Н.К. Игнатовича [11] появляются в печати публикации К.В. Филатова К.В. [25] и З.А. Макеева [18]. М.А. Гатальский [4] отмечает, что Н.К. Игнатович не указал метода определения границ выделенных им гидродинамических зон. В связи с этим автор [4] вводит понятие о коэффициенте гидрогеологической закрытости структур. Следует отметить, что предложенный автором [4] коэффициент закрытости (K_z) имеет дискуссионный характер.

В работах [1, 26] подробно и профессионально анализируются вопросы теории и практики гидродинамической зональности подземных вод до периода 1973 г. В противовес классическим представлениям о гидродинамической зональности Г.Ю. Валуконис и А.Е. Ходьков [26] предлагают новую схему вертикальной зональности подземных вод. Е.В. Пиннекер [22] по поводу классификации Г.Ю. Валукониса и А.Е. Ходькова отмечает, что «схема носит умозрительный характер. В 1969 г. Л.Г. Заварзин [8] в зависимости от механического напряжения на горные породы различает 4 гидродинамические зоны. Ю.А. Ежов и Ю.П. Вдовин [7] предлагают 3 гидродинамические зоны в зависимости от пластовых давлений: гидростатическую (нисходящее и горизонтальное движение воды), переходную (восходящие потоки воды) и метастатическую (восходящие потоки воды). В том же 1970 году И.К. Зайцев [9], с точки зрения палеогидрогеологии, выделяет два гидродинамических этажа: 1) верхний этаж, который включает зоны свободного и затрудненного водообмена; 2) нижний этаж - включает зону весьма затрудненного водообмена.

В 1978 г. С.А. Шварцев [27] впервые в бывшем Советском Союзе обобщил данные по гидрогеохимии зоны гипергенеза. В этой работе отмечается, что в области гидрогеохимии крайне мало обобщающих работ, а для зоны интенсивного (активного) водообмена они практически отсутствуют. Идеи С.А. Шварцева развиты и уточнены многими исследователями. Среди них можно отметить крупную работу Е.М. Дутовой, посвященную гидрогеохимии зоны гипергенеза Алтае-Саянской складчатой области [6].

Понятие геохимия подземных вод низких температур (low temperature groundwater geochemistry) очень популярно в зарубежных странах [28, 29] и во многих университетах на геологических факультетах читается предмет с аналогичным названием. Зона низких температур подземных вод является аналогом зоны активного водообмена.

Из многообразия предложенных классификаций гидродинамической зональности подземных вод наиболее практичной и обоснованной является классификация Игнатовича Н.К. [69] (или Игнатовича – Личкова – Макаренко). Современные представления о зоне активного водообмена недостаточно ясны (Куренной В.В., 2010 г. [12]). Всеволожский В.А. [3] отмечает, что методы определения границ этой зоны еще не совершенны. Количество обобщенных работ по зоне активного водообмена небольшое, хотя значение подземных вод этой зоны огромное (Шварцев С.Л. [27]). Автор данной работы предлагает комплекс методов для оконтуривания и картирования зоны активного водообмена подземных вод платформенных территорий.

1. Теоретические основы комплекса методов оценки и распространения зоны активного водообмена в условиях неопределенности гидрогеологической параметризации. В настоящее время не существует единой методики выделения гидродинамических зон, в частности зоны активного водообмена. Предлагается следующий комплекс методов, которые применяются совместно [20].

А) Гидрогеохимический метод. В виде обобщенного показателя гидрогеохимического состояния подземных вод выбрана величина минерализации. В настоящее время существует ряд классификаций подземных вод по величине минерализации. Предлагается использовать классификацию В.И. Вернадского (1933 – 1936), с изменениями В.А. Приклонского (1933, 1949), по которой воды делятся на 4 класса: пресные - величина минерализации до 1.0 г/л; солоноватые - 1.0 – 10.0 г/л (1.0 - 3.0 г/л и 3.0 - 10.0 г/л по Приклонскому); соленые - 10.0 – 50.0 г/л; рассолы - > 50.0 г/л. Зона активного водообмена преимущественно содержит пресные воды с минерализацией до 1.0 г/л. Данные о химическом составе подземных вод (тип воды, поэлементный состав и др.) также используются в пределах этого метода.

Б) Гидрогеотермический метод. Подземные воды образуют с окружающей средой системы физико-химического равновесия, главные из которых представлены парами: «вода–порода», «вода–газы», «вода–растворенное вещество» и «вода–живой мир» [2, 23]. Вода, как химическое вещество, в системах равновесия функционально усиливает или уменьшает свое участие в химических реакциях в зависимости от величины ее (или системы) температуры.

В системе «вода–порода» главным образом происходит растворение водовмещающих пород или образование новых минералов. Анализ данных по растворимости твердых веществ в воде при различных температурах показывает, что растворимость в воде до температуры среды около 20°C происходит в малых количествах, а при температурах более 20°C количество растворенного вещества резко увеличивается [16]. Анализ величин растворимости природных газов (N, H₂, O₂, CH₄, H₂, CO₂ и C₂H₆) в воде в интервале температур от 0°C до 100°C [174] позволяет выявить, что наибольший спад растворимости природных газов в воде происходит в интервале температур от 0.0 до 20°C. Таким образом, пограничной температурой для главных систем равновесия является значение 20°C. Это значение температуры предлагается использовать для оконтуривания нижней границы зоны активного водообмена.

В) Тритий в подземных водах. Известно, что распределение трития в подземных водах является прямым показателем их связи с атмосферными осадками и поверхностными водами [5, 10, 21]. В составе дождевой воды тритий выпадает на поверхность земли, попадает в поверхностные и подземные воды. Существуют различные модели миграции трития в подземных водах [10]. Нами принимается простое и эффективное предположение: присутствие трития в подземных водах указывает на их связь с поверхностью земли и наоборот – его отсутствие является индикатором не-существования такой связи. Нижнюю границу зоны активного водообмена можно выделить по нулевым (отсутствие трития) или близким к нулевым содержаниям трития.

Г) Гелий в подземных водах. Распределение содержания гелия в подземных водах контролируется следующими факторами: положением тектонических разломов, фоновыми концентрациями этого элемента в пределах водоносного горизонта, положением кристаллического фундамента и процессами нисходящей инфильтрации по вертикали атмосферных осадков в подземных водах. Последний фактор имеет непосредственное отношение к формированию зоны активного водообмена. Отклонение содержания гелия от фонового содержания в сторону уменьшения

однозначно свидетельствует о смешении вод водоносного горизонта с водами вышележащих горизонтов или с метеорными водами, которые, как правило, содержат низкие концентрации гелия или гелий в них отсутствует вообще. Лучше всего данное явление выражается через коэффициент контрастности поля гелия [19]. Контрастность поля гелия может выразить пространственное положение зоны активного водообмена.

Д) Гидрогеологическая стратиграфия. В платформенных условиях водоносные горизонты, как правило, соответствуют определенным стратиграфическим единицам. Структурно водоносные горизонты разделяются между собой водонепроницаемыми (или относительно непроницаемыми) слоями. При небольшом угле залегания водоносного горизонта (или ближе к горизонтальному положению) одинаковые гидрогеохимические свойства характерны для больших территорий. Репрезентативным примером могут быть Мемфисские слои, Миссисипская депрессия (США) [30].

Распространение и положение зоны активного водообмена структурно связано и приурочено к определенным водоносным горизонтам или к их частям. Потому гидрогеологическая стратиграфия косвенно характеризует положение в пространстве зоны активного водообмена.

Грунтовые воды, заключенные в первые от поверхности водоносные горизонты и имеющие сложный гидродинамический режим, являются по определению составной частью зоны активного водообмена.

2. Применение комплекса методов оценки и распространения зоны активного водообмена для подземных вод юго-запада Причерноморского артезианского бассейна. В тектоническом отношении, по возрасту складчатости фундамента, вся исследуемая территория подразделена на область с докембрийским складчатым основанием (окраина Восточно-Европейской платформы) и область с герцинским складчатым основанием (Скифская плита). В гидрогеологическом отношении исследуемая территория представляет юго-западную часть Причерноморского артезианского бассейна первого порядка, а географически это территория Республики Молдова.

В результате применения предложенной методики геометрические параметры зоны активного водообмена юго-запада Причерноморского артезианского бассейна (на примере территории Молдовы) характеризуются следующими особенностями: а) мощность зоны активного водообмена колеблется неравномерно в интервале 10.0 – 550.0 м от поверхности земли. В зону активного водообмена вовлечены: на севере территории – четвертичные, неогеновые и мел-силурийские водоносные горизонты; в центре территории – четвертичные и неогеновые водоносные горизонты; на юге – четвертичные и неогеновые водоносные горизонты (до нижнего сармата); б) мощность зоны активного водообмена увеличивается в юго-западном и южном направлениях и контролируется геологическим строением и гидрогеологическими условиями межпластовых водоносных горизонтов; в) в плане распространение зоны активного водообмена совпадает с местоположением областей питания подземных вод; г) территории, занятые зоной активного водообмена, характеризуются наибольшей плотностью водозаборных скважин для питьевого водоснабжения; д) в процентном отношении от общей площади распространения водоносных горизонтов зона активного водообмена имеет следующие количественные значения: меловой горизонт – 55%, нижний сармат – 64%, средний сармат – 71%, верхний сармат - понт – 91% и четвертичные водоносные горизонты – 100%.

Заключение

Для платформенных территорий в условиях неопределенности гидрогеологической параметризации предложен комплексный подход для планового и вертикального оконтуривания границ зоны активного водообмена, который состоит из

последовательности использования следующих методов: (а) Гидрогеологическая стратификация, (б) Гидрогеохимический метод, (в) Гидрогеотермический метод, (г) Тритий в подземных водах и (д) Метод гелиевых исследований. Зона активного водообмена подземных вод юго-запада Причерноморского артезианского бассейна оконтурена как по вертикали, так и в плане с использованием комплекса предложенных методов. В ее состав входят грунтовые и межпластовые воды четвертичного, понтического, мэотического, верхне-, средне-, нижнесарматского, мелового и силурийского возрастов.

Литература

1. Валукоис Г.Ю., Ходьков А.Е. Геологические закономерности движения подземных вод, нефти и газов. Л.: Изд. Ленинград. у-та, 1973. -304 с.
2. Вернадский В.И. История минералов земной коры, т. II. История природных вод, ч. 1, вып. 1 - 3. – М.: Изд. ОНТИ, 1933 - 1936. - С. 403 - 562.
3. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. М.: МГУ, 2007. – 440 с.
4. Гатальский М.А. Подземные воды и газы палеозоя северной половины Русской платформы. М.: «Гостоптехиздат», 1954. – 172 с.
5. Дубинчук В.Т. Что такое возраст подземных вод. // Бюл. МОИП, т. 54, вып. 3. – М., 1979.
6. Дутова Е.М. Гидрогеохимия зоны гипергенеза Алтае-Саянской складчатой области: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук: / Е.М.Дутова – Томск, 2005. - 46 с
7. Ежов Ю.А., Вдовин Ю.П. К вопросу о вертикальной гидродинамической зональности земной коры. // Советская геология, № 8, 1970. -С. 66 - 74.
8. Заварзин Л.Г. О зависимости гидродинамической зональности подземных вод от механических напряжений. // В кн.: Давление и механические напряжения в развитии состава, структуры и рельефа литосферы. Л., 1969. - 237 с.
9. Зайцев И.К. Гидродинамика артезианских бассейнов в современную и минувшие геологические эпохи. // В кн.: Методика палеогидрогеологических исследований. Ашхабад, 1970. - С. 53 - 62.
10. Зеленин И.В. и др. Взаимосвязь подземных и поверхностных вод Молдавии. Кишинев: «Штиинца», 1984. . - 152 с.
11. Игнатович Н.К. Гидрогеология Русской платформы. М.: Госгеолиздат, 1948. - 333 с.
12. Личков Б.Л. Изучение подземных вод в связи с задачами Единой гидрометеорологической службы. // Изв. Гидролог. и-та, № 34, 1931.
13. Куренной В.В. Научно-методические основы структурно-гидрогеологического анализа и оценки условий локализации ресурсов подземных вод:автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук: / В.В.Куренной – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2010. - 50 с.
14. Личков Б.Л. Основные черты классификации подземных вод. // В кн.: Исследования подземных вод, т. 2. Л., 1933.
15. Личков Б.Л. К вопросу о значении местных базисов эрозии в гидрогеологии. // Труды Лаб. Гидрогеол. проблем АН СССР, т. 3, 1948. - С. 19 - 27.
16. Лурье Ю.Ю. Расчетные и справочные таблицы для химиков. М.: «Госуд. науч.-технич. изд-во хим. лит-ры», 1947. - 331 с.
17. Макаренко Ф.А. и др. Труды Сочинской экспедиции И-та геол. наук АН СССР. Т. 3, 1937 – 1939.
18. Макеев З.А. О глубинном распределении и передвижении подземных вод. // Труды Лаб. Гидрогеол. проблем АН СССР, т. 3, 1948. - С. 72 - 79.
19. Морару К.Е. Гидрогеохимия гелия и его роль как индикатора взаимосвязи водоносных горизонтов (на примере Молдавского артезианского склона): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: / К.Е.Морару – М.: МГРИ, 1987. - 16 с.
20. Морару К.Е. Гидрогеохимия зоны активного водообмена юго-запада Причерноморского артезианского бассейна (геоэкологические аспекты): автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук: / К.Е.Морару – М.: ИГЭ РАН, 2013. - 52 с.
21. Морковкина И.К., Романов В.В. Применение природного трития для изучения подземных вод. // В кн.: Радиоизотопные методы исследований в гидрогеологии. Киев: «Наукова думка», 1975.
22. Основы гидрогеологии.Гидрогеодинамика. /Отв. ред. Зекцер И.С.– Новосибирск: «Наука», 1983.-241 с.
23. Самарина В.С. Гидрогеохимия. Л.: ЛГУ, 1977. - 360 с.
24. Справочник гидрогеолога. / Ред. Альтовский М.Е. – М.: Госуд. науч.-технич. изд-во лит-ры по геологии и охране недр, 1962. - 616 с.

25. Филатов К.В. К вопросу генезиса подземных гравитационных вод депрессии. Очерки по региональной гидрогеологии СССР. // Изв. МОИП, вып. 12, 1947.
26. Ходьков А.Е., Валукоис Г.Ю. Формирование и геологическая роль подземных вод. Л.: Изд. Ленинград. у-та, 1968. - 216 с.
27. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: «Недра», 1978. - 287 с.
28. Guangzhi Tu. Low-Temperature Geochemistry. – Science Pr., 1996.
29. Landmir D. Aqueous Environmental Geochemistry. – Prentice Hall, 1997.- 600 p.
30. Moraru C. and Anderson J.A Comparative Assessment of the Ground Water Quality of the Republic of Moldova and the Memphis, TN area of the United States of America.- Memphis, the University of Memphis, 2005.- 187 p.

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОХИМИИ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ СИБИРИ

Д.А. Новиков

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Новосибирск, Россия, E-mail: NovikovDA@ipgg.sbras.ru*

Аннотация. Арктические районы осадочных бассейнов Сибири являются уникальными с гидрогеологической точки зрения. Здесь бессолевого типа разреза меняется на соленосный по направлению от полуострова Ямал через структуры Енисей-Хатангского регионального прогиба к Анабаро-Хатангскому междуречью, где развиты солянокупольные структуры. Выявлены обширные области распространения инверсии гидрогеохимического поля, не характерные для большинства осадочных бассейнов мира. С гидрогеохимической точки зрения здесь развиты практически все геохимические типы подземных вод от пресных до сверхкрепких рассолов с величиной общей минерализации более 300 г/л.

Abstract. Sedimentary basins of Siberian arctic have unique hydrogeology. Here, non-salt type of the section changes to salt one from the Yamal peninsula through the structures of the Yenisei- Khatanga regional trough to the Anabar-Khatanga interfluve, where salt-dome structures exist. Widespread areas of hydrogeochemical field inversion have been revealed being not typical for most of the sedimentary basins in the world. From hydrogeological point of view, almost all geochemical types of groundwaters exist here from fresh to ultra-strong brines with the TDS of more than 300 g/L.

С начала поисково-разведочных работ на нефть и газ в осадочных бассейнах Сибири накоплен огромный фактический материал, отражающий химический и газовый состав подземных вод. При этом надо отметить, что самые северные районы, к которым относится исследуемый район (рис. 1), характеризуется большой неоднородностью гидрогеологической изученности, которая снижается от меловых к юрским комплексам. Отложения триаса и палеозоя практически не изучены. Гидрогеохимическим исследованиям арктических районов Сибири посвящены многочисленные работы А.С. Анциферова, В.И. Вожова, Г.Д. Гинсбурга, Ю.Г. Зимина, Г.А. Ивановой, М.К. Калинко, А.А. Карцева, А.Э. Конторовича, Н.М. Кругликова, А.Р. Курчикова, В.М. Матусевича, Д.А. Новикова, Б.П. Ставицкого, О.Н. Яковлева и других.

В настоящей работе впервые проведено обобщение уникального гидрогеохимического материала по арктическим районам Сибири и осадочным бассейнам Арктики в целом. Особенности гидрогеологического строения и гидрогеохимии Северо-Аляскинского, Бофорт-Маккензи, Свердрупского, Западно-Гренландского, Восточно-Канадского и других рассматривались по опубликованным и фондовым работам Н. Baadsgaard, S. Bachu, Z. Chen, С.А. Connolly, К. Dewing, М. Gascoyne, S.E. Grasby, J.S. Hanor, В. Hitchon, Y. Lee, F.J. Longstaffe, J.A. Nunn, С.М. Sauveplane, R.L. Stotler, J.R. Underschultz, L.M. Walter и других. Достоверным фактическим материалом охарактеризовано более 3500 скважин, расположенных в

пределах Западно-Сибирского, Енисей-Хатангского, Анабаро-Хатангского и других артезианских бассейнов Арктики.

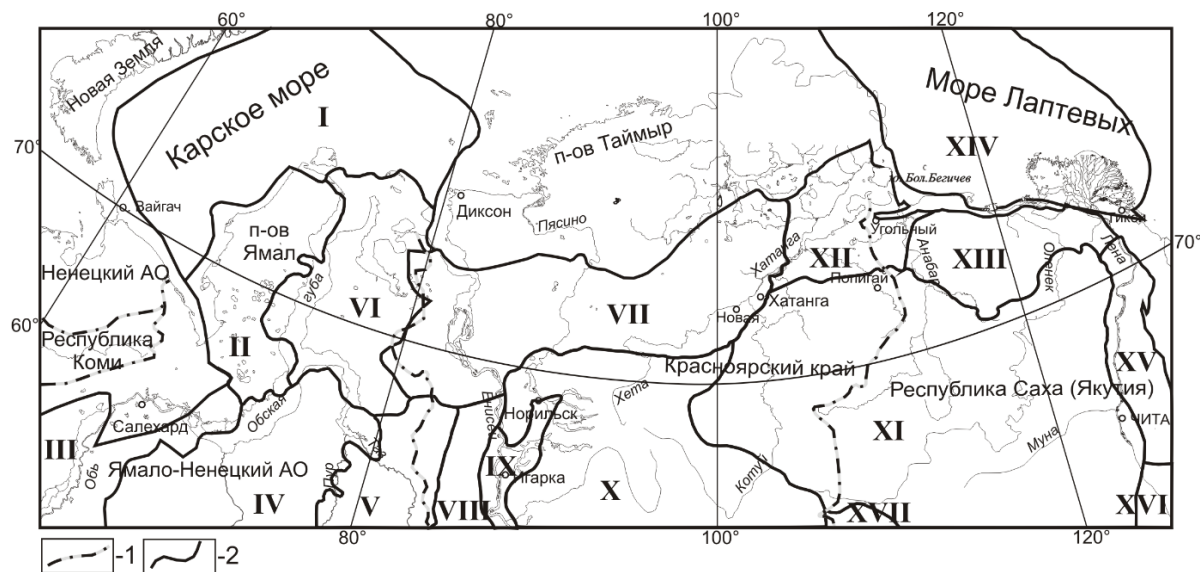


Рис. 1. Местоположение района исследований.

1 – административные границы; 2 – границы НГО: I – Южно-Карская, II – Ямальская, III – Приуральская, IV – Надым-Пурская, V – Пур-Тазовская, VI – Гыданская, VII – Енисей-Хатангская, VIII – Елогуй-Туруханская, IX – Турухано-Норильская, X – Северо-Тунгусская, XI – Анабарская, XII – Анабаро-Хатангская, XIII – Лено-Анабарская, XIV – Лаптевская, XV – Предверхожанская, XVI – Вилюйская, XVII – Сюджерская.

Исследованиями прошлых лет установлены ряд крайне интересных закономерностей гидрогеологии и гидрогеохимии осадочных бассейнов Сибири. Западно-Сибирский мегабассейн отличается невысокой минерализацией подземных вод и рассолов (в исследуемом регионе до 70 г/дм³ в районе Известинского, Комсомольского и Губкинского месторождений Надым-Тазовского междуречья и до 55 г/дм³ в пределах Малыгинской группы месторождений на севере полуострова Ямал), бессольфатностью, значительным содержанием в пластовых водах мезозойского этажа растворенных ОВ и газов углеводородного состава, изменениями гидрогеохимических типов и минерализации подземных вод по площади и в разрезе. При этом каждая из рассматриваемых водонапорных толщ мезозоя характеризуется рядом гидрогеохимических особенностей, обусловленных палеогидрогеологической историей, последующими процессами метаморфизации состава подземных вод, а также вертикальной миграцией рассолов из палеозойского фундамента в осадочный чехол в районах отсутствия мощной вулканогенно-осадочной толщи триаса, которая выступает своеобразной опресненной «гидрогеохимической подушкой». В верхней части гидрогеологического разреза на полуострове Ямал выявлены уникальные криопэги – рассолы с величиной общей минерализацией до 130 г/дм³, обязанные своему появлению процессам криогенной метаморфизации. В целом, пестрота состава подземных вод, наблюдаемая в низах осадочного чехла, уменьшается вверх по разрезу, и в апт-альб-сеноманском комплексе происходит существенное выравнивание гидрогеохимических условий и нивелирование минерализации подземных вод в интервале 15 – 20 г/дм³. Для примера, величина общей минерализации подземных вод неокомского гидрогеологического комплекса фонового состава составляет от 2 до 20 г/дм³ (рис. 2) при доминировании хлоридного натриевого и хлоридно-гидрокарбонатного натриевого типов. На ряде площадей в пределах Надым-Пурской и

Пур-Тазовской НГО в гидрогеохимическом поле выявлены аномалии, сопровождающие процесс межпластовых перетоков из ниже залегающих юрских отложений.

В пределах мезозойских комплексов Енисей-Хатангского бассейна наиболее соленые воды с величиной общей минерализации более 20 г/дм³ выявлены на Пеляткинской (24,8 г/дм³ в апт-альб-сеноманском комплексе), Суходудинской (23,3 г/дм³ в ниже-среднеюрском комплексе) и Ванкорской площади (23,0 г/дм³ в верхнеюрском комплексе). В соответствии с гидродинамическими и гидрогеотермическими условиями водоносных комплексов юрских и меловых отложений, здесь выявлены следующие гидрогеохимические закономерности: вдоль северо-восточной границы распространены гидрокарбонатные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией до 5 г/дм³, сменяющиеся по мере продвижения к центральным и юго-западным областям хлоридными натриевыми водами с минерализацией до 15-20 г/дм³. Гидрогеохимическая картина свидетельствует о дифференциации водоносных комплексов юры и мела. В разрезе можно выделить различные типы вертикальной гидрогеохимической зональности от прямой доминирующей в пределах Мессояхской наклонной гряды до инверсионной.

Далее на восток бессоловой тип разреза характерный для Западно-Сибирского и Енисей-Хатангского бассейнов в пределах Анабаро-Хатангского междуречья сменяется на соленосный, что прямо сказывается на гидрогеохимическом поле и характере вертикальной гидрогеохимической зональности. Здесь широко развиты солянокупольные и штоковые структуры, характерные для многих солеродных бассейнов мира, что в сочетании с ранее открытыми на прилегающей суше месторождениями и зафиксированными в обнажениях нефтегазопроявлениями, свидетельствует о высокой перспективности данного региона, в том числе и на обнаружение крупных по запасам месторождений, связанных с известными здесь большими по размерам поднятиями.

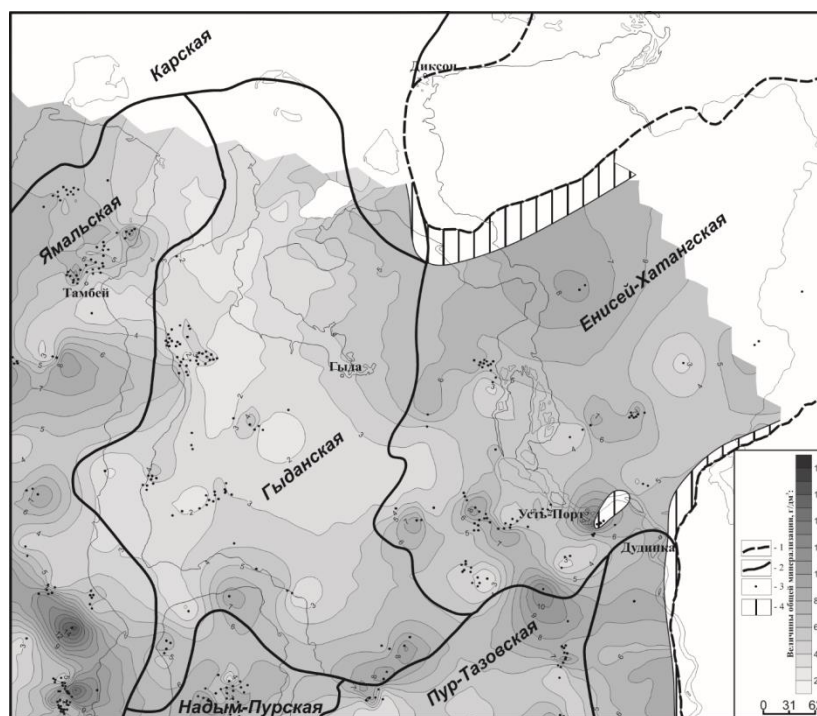


Рис. 2. Карта общей минерализации подземных вод неокомского гидрогеологического комплекса арктических районов Западно-Сибирского бассейна. Границы: 1 – распространения осадочных отложений; 2 – нефтегазоносных областей; 3 – скважины; 4 – область промерзания неокомских отложений

В настоящее время рассолы в Анабаро-Хатангском бассейне выявлены в пределах семи гидрогеологических комплексов: нижне-среднеюрских, триасовых, пермских, каменноугольных, девонских, венд-кембрийских и рифейских отложений. Они имеют хлоридный натриевый состав с величиной общей минерализации варьирующей в интервале 52,3 – 350 г/дм³. Рассолы с повышенным содержанием кальция и минерализацией 54,6 – 144,6 г/дм³ установлены в пределах рифейских отложений на Костроминской площади, кембрийских на Северо-Соулемской и пермских отложений на Улаханской и Северо-Соулемской площадях. В граничных районах Тунгусского и Котуйского криоартезианских бассейнов, прилегающих с юга к исследуемой территории, в рифейских отложениях содержатся преимущественно рассолы с минерализацией до 140-200 г/дм³. В регионе установлены два типа вертикальной гидрогеохимической зональности. Инверсионный приурочен к районам распространения солянокупольных структур на полуострове Юрюнг-Тумус, Южно-Тигянской структуре, Ильинской и других. Рассолы с наибольшей минерализацией до 350 г/дм³ выявлены в водоносных горизонтах гидрогеологического комплекса триасовых образований. Далее вниз по разрезу происходит ее существенное снижение. Высокоминерализованные рассолы выявлены в приконтурных зонах соляных диапиров и являются следствием выщелачивания солей современными и древними инфильтрогенными водами. Воды схожего хлоридного натриевого состава и минерализации до 250 г/дм³ также выявлены в пределах хорошо изученного арктического бассейна Свердруп (арктические районы Канады), где широко проявилась солянокупольная тектоника. Прямой (нормальный) тип вертикальной гидрогеохимической зональности установлен в пределах структур с отсутствием соляных диапиров.

Сравнительный анализ изученных подземных вод и рассолов показал, что соленые подземные воды с величиной общей минерализации до 70 г/дм³ как показывает детальный анализ результатов гидрогеохимического опробования и палеогидрогеологических реконструкций не связаны с галогенными формациями и относятся по генезису к седиментогенным водам в различной мере смешанным с литогенными (элизионными), высвобождающимися из уплотняющихся глинистых осадков сопровождая процесс их термодегидратации при минералогической перестройке. Группа проб с величиной общей минерализации 250 – 350 г/дм³ характеризует генетический тип рассолов выщелачивания каменной соли. Такими же геохимическими параметрами характеризуются рассолы из схожих геологических условий районов проявления соляного тектогенеза в осадочных бассейнах Северного моря, Свердруп и многих других. Третья группа точек представлена хлоридными кальциевыми рассолами с величиной общей минерализации более 200 г/дм³. Такие рассолы выявлены в водоносных горизонтах древней Сибирской платформы, Анабаро-Хатангского бассейна, Анабарского и Канадского кристаллических щитов и их склонов. Также установлена группа солоноватых и соленых вод пестрого химического состава с величиной общей минерализации до 10 г/дм³. Эти воды повсеместно распространены в водоносных горизонтах зоны активного газоводообмена (гипергенеза), а также выявлены в приконтурных зонах углеводородных залежей (конденсатогенные воды). Помимо пестрого химического состава и невысокой минерализации конденсатогенные воды также отличаются высокой газонасыщенностью до 2 л/л и более.

Установлено, что с ростом степени метаморфизации рассолов значительно меняется их состав. Так, в изучаемом регионе наиболее метаморфизованные рассолы с повышенным содержанием кальция (отношение Ca/Cl до 0,33 и выше) выявлены в водоносных горизонтах кембрия, венда и рифея Сибирской платформы (рис. 3).

Подземные же воды и рассолы Западной Сибири и других осадочных бассейнов с отсутствием галогенных формаций находятся на начальной стадии метаморфизации состава у которых отношение Ca/Cl обычно не превышает 0,20, а более высокие значения соотносятся с водами активного газоводообмена в их пределах. Инфильтрогенные рассолы выщелачивания в пределах солянокупольных структур Анабаро-Хатангского бассейна в генетическом плане схожи с современными рассолами выщелачивания солянокупольных структур в осадочных бассейнах Северного моря, Свердруп и других.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-05-00868 А).

РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАБОТАХ В.А.КИРЮХИНА

Л.П. Норова

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: LarisaNorova@rambler.ru*

Аннотация. Владимир Андреевич Кирюхин (1930-2011) - российский ученый, участник и продолжатель Санкт-Петербургской (Ленинградской) школы, который внес значительный вклад в учение о подземных водах. Статья посвящена нескольким важным этапам развития региональных гидрогеологических исследований, в работах В.А. Кирюхина.

Abstract. Vladimir A. Kiryuhin (1930-2011) - Russian scientist, party and successor of St. Petersburg (Leningrad) school, who made a significant contribution to the study of groundwater. The article is devoted to several important stages of development of the regional hydrogeological studies in the works of VA Kiryukhina.

Период накопления фактического материала. Трудовая жизнь Владимира Андреевича Кирюхина (более шестидесяти лет) была связана с одной из ведущих кафедр Горного университета – гидрогеологии и инженерной геологии. В 1948 году он поступил в Ленинградский горный институт (ЛГИ) на геологоразведочный факультет (фото 1), после окончания которого (1953) был принят в аспирантуру.

В 1959 году прошла защита кандидатской диссертации. В работе были описаны структурно-гидрогеологические условия Тургайского прогиба, дана прогнозная карта водоносности пород, состава подземных вод, установлена область питания. По результатам работ были определены условия водоснабжения (за счет подземных вод) новых совхозов в связи с освоением целины.

С тех пор региональная гидрогеология стала основным предметом научной деятельности Владимира Андреевича. Проводились гидрогеологические исследования в Восточной Сибири (1957-58) в бассейнах рек Ангары и Подкаменной Тунгуски с целью выявления признаков нефтегазоносности. В 1959-61 гг. Владимир Андреевич руководил Средне-Амурской партией ВСЕГЕИ, которая изучала гидрогеологические условия Средне-Зейской и Средне-Амурской впадин в связи с проблемой заболачивания территорий (попутно решались и другие задачи: водоснабжение и условия формирования пресных вод, выяснение причин их ожелезнения и высоких содержаний кремниевой кислоты). В 1962-66 гг. проводилось изучение оловорудных месторождений на хребте Мяо-Чан (междуречье Амура и Амгуни). По результатам исследований выявлены поисковые критерии, особенности миграции рудных элементов, показатели связи лито- и гидрохимического рассеяния, особенности гидрогеохимического режима рудных месторождений. В 1968-69 гг. подобного рода

исследования проводились в условиях развития многолетней мерзлоты на Нежданинском золоторудном месторождении в бассейне р. Хандыга (Якутия). Комплексирование лито- гидро- и геохимических методов поисков показало их эффективность для диагностики рудных тел. В 1970-71 гг. гидрохимические исследования выполнялись в районе Гиссарского хребта (Средняя Азия) с целью оценки перспективности территории на урановые, сурьмяные и др. оруденения, а также



Фото 1. В.А. Кирюхин – студент ЛГИ

с целью опробования азотных терм и изучения высотной гидродинамической и гидрохимической зональности. В 1972-74 гг. Владимир Андреевич изучал условия водоснабжения города Советская Гавань на Сихотэ-Алине. Были опробованы источники азотных терм в разных районах юга Дальнего Востока (Кульдур, Аненские и др.).

В 60-70-е годы XX века во ВСЕГЕИ значительное внимание уделялось методике составления мелкомасштабных гидрогеологических карт под редакцией И.К. Зайцева, Н.И. Толстихина и Е.А. Баскова. В этих работах В.А. Кирюхин принимал непосредственное участие, обеспечив составление картографических материалов по югу Дальнего Востока.

В результате за этот период был накоплен огромный фактический материал для научного осмысления и обобщения полученных данных.

Региональная тематика в научном творчестве В.А.Кирюхина во второй половине XX века. Докторскую диссертацию Владимир Андреевич защитил в 1975 г. по теме: «Формирование подземных вод юга Дальнего Востока», в которой автором был решен целый комплекс гидрогеологических проблем, том числе: структурно-гидрогеологическое районирование изученной территории, гидродинамическая, гидрогеохимическая и газовая зональности подземных вод, основные этапы палеогидрогеологического развития, условия формирования азотных и углекислых вод, типизация ореолов и потоков рассеяния рудных месторождений, формирование ресурсов подземных вод и условия водоснабжения крупных населенных пунктов. В 1976 г. ему была присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук, ученое звание профессора. С этого времени он начал выполнять функции заведующего кафедрой гидрогеологии Горного института.

В этот период кафедрой проводились важные гидрогеологические исследования в районах железорудных месторождений Курской магнитной аномалии (сотрудники

кафедры гидрогеологии произвели оценку возможности использования дренажных вод горнодобывающих предприятий КМА для хозяйственно-питьевых целей), Ангаро-Илимского междуречья, месторождений алмазов Восточной Сибири и Архангельской области и месторождений калийных солей Соликамской впадины. Разнообразные весьма активные гидрогеологические исследования проводила кафедра гидрогеологии на Северо-Западе страны. В 1982-90 гг полевые работы выполнялись в связи с решением проблем водоснабжения г. Благовещенска, гидрохимическими поисками золоторудных месторождений в различных районах Дальнего Востока (низовья рек Амур, Амгунь, верховья р. Зея и пр.). Все эти годы совершались также научно-ознакомительные поездки в пределах страны и зарубежья.

Большое внимание в рассматриваемый период уделялось внимание изданию учебной литературы. Проблемы региональной гидрогеологии в том или ином объеме рассматривались во многих работах В.А. Кирюхина. В мировой литературе впервые в мире появился учебник «Региональная гидрогеология» (авторы - В.А. Кирюхин, Н.И. Толстихин), дающий цельное описание гидрогеологии нашей планеты. В ней сформулированы основные проблемы теории региональной гидрогеологии и методики региональных гидрогеологических исследований, рассмотрены закономерности распространения и формирования подземных вод на континентах и на дне Мирового океана. Дополняли и расширяли учебник по региональной гидрогеологии учебные пособия, в том числе «Гидрогеология зарубежной Европы», «Гидрогеология дна Мирового океана», «Гидрогеология вулканогенов» (в подготовке этих пособий участвовал Н.И. Толстихин»). Следует отметить, что Владимир Андреевич в период с 1953 по 1992 г. работал вместе Н.И. Толстихиным.

Проблемы региональных гидрогеологических исследований обсуждались на научных конференциях, проводимых по линии географического общества, научно-технического Горного общества. Начиная с 1992 г, после кончины Н.И. Толстихина, были организованы «Толстихинские чтения» - регулярные конференции специалистов по гидрогеологии и инженерной геологии.

Основные труды В.А. Кирюхина в начале XXI века. В последние годы жизни Владимир Андреевич работал на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии в качестве профессора. В этот период были опубликованы: новый учебник по региональной гидрогеологии (2005); книга о жизни и творчестве Нестора Ивановича Толстихина (2006), новая редакция учебника по общей гидрогеологии (2008), монография «Гидрогеология вулканогенов» с А.В. Кирюхиным и Ю.Ф. Манухиным (2010) и целый ряд научных статей [1-4]. В ряде публикаций и учебном пособии (2004) он охарактеризовал структуру и содержание региональной инженерной геологии (РИГ)[5]. Согласно представлениям Владимира Андреевича, структура РИГ должна включать три составляющие - теоретическую, методическую и прикладную области ее знания. Теоретическая часть РИГ может быть разбита на пять основных блоков: 1) понятийно-смысловой; 2) формирование геосистем; 3) геодинамический; 4) экзогенный; 5) экологический. При этом автор отметил, что в понятийно-смысловом блоке наиболее сложным и наименее разработанным является звено – инженерно-геологические законы РИГ, не решены проблемы выявления инженерно-геологических закономерностей. Рассматривая “идеологию” инженерно-геологического районирования, в публикациях констатировалось несколько существенных недостатков ее реализации.

Характеризуя научную деятельность В.А. Кирюхина важно отметить широкий диапазон тематик докладов, которые им сделаны на различных конференциях, в том числе: о роли погребенных долин в динамике и аккумуляции подземных вод [6], гидрогеологическое значение структур, возникающих при падении небесных тел [7] и др.

Владимир Андреевич начинал работу над монографией «Четвертичная (антропогенная) гидрогеология». Проспект монографии включал 12 глав, которые были объединены в два раздела [8].

Первый раздел «Главные события четвертичного периода» раскрывает основные признаки четвертичной гидрогеологии. Владимир Андреевич отмечал, что в четвертичный период произошли значительные изменения условий питания, движения и режима подземных вод. Формирование зоны пресных вод, многолетней мерзлоты и активное техногенное воздействие на водоносные системы создали новый облик подземной гидросферы, который она ранее никогда не имела. Эти изменения касаются не только водоносных систем четвертичных отложений, но и проникают гораздо глубже на глубины сотни метров в подстилающие их коренные породы.

Раздел 2 раскрывает особенности четвертичной гидрогеологии складчатых областей, артезианских бассейнов, вулканогенов, дна Мирового океана, урбанизированных территорий, сельскохозяйственных земель и др. В этом разделе предполагалось рассмотреть вопросы формирования ресурсов и состава пресных вод, виды загрязнения пресных подземных вод (химическое, нефтяное, радиоактивное, микробиологическое и тепловое), участие подземных вод в физико-геологических геологических процессах, в формировании и разрушении месторождений полезных ископаемых, в образовании ореолов и потоков рассеяния месторождений полезных ископаемых.

В заключительной главе «Человек и планета Земля – пределы взаимодействия» подняты проблемы антропогенного воздействия на атмосферу, поверхностную гидросферу, подземную гидросферу, литосферу и биосферу; изменения условий жизни на планете; озоновый слой; состав атмосферного воздуха, его температура, изменение климата, изменение биопланктона и морских организмов, изменение ландшафта, растительности и почвенного слоя; уменьшение разнообразия живых организмов; изменение режима, баланса и состава речных и подземных вод; природные и техногенные изменения геофизических полей и др.

Владимир Андреевич акцентировал внимание на важной роли подземной гидросферы в четвертичный период. Ее защитные и ресурсные функции стали жизненно необходимыми для всей живой природы. Значение и своеобразие процессов, произошедших в это время, требуют специального рассмотрения. Этому разделу гидрогеологии автор предложил дать самостоятельное название – четвертичный или антропогенный. Развитие этого научного раздела позволило бы глубже понять те перемены, которые происходят в результате все возрастающего напора антропогенных процессов.

Планируемая монография, несомненно, вызвала бы какие-либо замечания, дискуссии. Она в значительной мере могла отразить тот опыт, который накоплен хорошо известной Санкт-Петербургской школой и заняла бы достойное место в системе гидрогеологических знаний.

В заключение можно сказать, что В.А.Кирюхин относится к числу замечательных людей XX-ого века – крупный ученый, организатор, великий труженик, продолжатель Ленинградской научной школы. Надо, что бы жизнь таких людей и деятельность были широко известны, служили примером, особенно для молодежи, в руки которой переходит будущее. Творчество таких ученых во многом определяет отдельные этапы развития той или иной науки и поэтому публикации о них имеют большое научное значение.

Литература

1. Кирюхин А.В. Гидрогеология вулканогенов/А.В. Кирюхин, В.А. Кирюхин, Ю.Ф. Манухин. Монография. СПб.: Изд-во Наука. 2010.-395с.
2. Кирюхин В.А. Нестор Иванович Толстихин (жизненный и творческий путь)/Под ред.Ю.Ф. Манухина. СПб.: Изд-во НИИЗК СПбГУ. 2006.-140 с.
3. Кирюхин В.А. Общая гидрогеология: Учебник / Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб. 2008.-439 с.
4. Кирюхин В.А. Региональная гидрогеология: Учебник для ВУЗов. СПб.: СПГГИ (ТУ).2005.-344 с.
5. Кирюхин В.А. Региональная инженерная геология (Теоретические основы)/В.А. Кирюхин, Л.П. Норова. Санкт-Петербург, РИЦ СПГГИ (ТУ). 2004.-89 с.
6. Кирюхин В.А. Роль погребенных палеодолин в изменении гидрогеологических и инженерно-геологических условий/В.А. Кирюхин, Л.П. Норова. Журнал Инженерная геология. №1, март. 2009.- с. 56-59.
7. Кирюхин В.А. Эколого-гидрогеологические последствия образования импактных структур/В.А. Кирюхин, Л.П. Норова. Журнал Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009, №6.- С.490-494.
8. Кирюхин В.А. Четвертичная гидрогеология может стать самостоятельным направлением гидрогеологических исследований./Доклады IX международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» 14-17 апреля 2009 года. М.: РГГРУ. 2009.-с.116-118.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ТИПЫ ВОД

А.Ю. Озерский

*ОАО "Красноярская горно-геологическая компания", г. Красноярск, Российская Федерация,
E-mail: ozerski@krasgeo.ru*

Аннотация. Характеризуются специфические гидрохимические типы вод: гидроксильные, нитратные и фторидные. Рассматриваются концентрации и источники происхождения гидроксила, нитратов и фторидов в водных объектах.

Abstract. Specific hydrochemical types of water such as hydroxyl, nitrate and fluoride are characterized. Concentrations and sources of the origin of hydroxyls, nitrates and fluorides in water bodies have been describe.

Введение

В классификациях химического состава подземных вод, разработанных в первой половине двадцатого столетия (Н.И. Толстихин, 1935, 1966; О.А. Алекин, 1953 и др.), первым и основным шагом было подразделение подземных вод по преобладающему анионному составу. Анионы, по сравнению с катионами, являются более стабильными компонентами подземных вод и несут в себе информацию об их генезисе, условиях их формирования и гидрогеохимической зональности. Подземные воды были подразделены на три типа (по Н.И. Толстихину [13]) или класса (по О.А. Алекину [1]): гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные, что отвечало условиям XX века.

С течением времени усиливалось воздействие человека на подземные воды, что привело к внедрению в подземную гидросферу новых химических веществ. Одновременно возрос уровень изученности, в том числе за счет совершенствования лабораторных методов исследования воды. В наши дни уже стало понятным, что наблюдаемое разнообразие подземных вод уже не укладывается в три названные выше типа. Сейчас мы можем уверенно говорить о правомерности включения в число главных («главнейших» по О.А. Алекину) анионов гидроксила, нитрата и фтора и наименования соответствующих им типов подземных вод.

1. ГИДРОКСИЛЬНЫЕ ВОДЫ. Ионы гидроксила обуславливают щёлочность воды. В большинстве случаев, относящихся к природным водам, основная масса ионов

гидроксиды обязаны своим происхождением гидролизу угольной кислоты. Именно поэтому при химическом анализе воды на карбонаты и гидрокарбонаты анализируется именно рН и вся щёлочность воды аналитиками относится к карбонатному и к гидрокарбонатному ионам. Щёлочность, полученная титрованием фенолфталеинового индикатора, относится к карбонатам, после чего с метиловым оранжевым анализируется количество HCO_3^- . При этом авторы этого метода анализа сами совершенно справедливо указывают, что он достоверен в интервале рН от 4 до 9 [11]. В действительности, при высоких значениях водородного показателя, генезис OH^- далеко не всегда обусловлен ионами угольной кислоты. Известно, что щёлочность воды могут также создавать ионы H_3SiO_4^- , H_2BO_3^- , HS^- и др., однако, эти ионы не могут дать высоких концентраций гидроксильного иона. Более того, существуют щелочные геохимические условия, при которых поступление в воду диоксида углерода минимально или вовсе исключено. Именно в таких условиях формируются гидроксильные воды, которые в наши дни, вследствие применения несовершенного метода анализа, аналитиками и, вслед за ними, гидрогеологами ошибочно принимаются за карбонатные воды. При этом никто из исследователей даже не пытается пересчитать значения рН в молярную форму и, включив $[\text{OH}^-]$ в число анионов, проверить электронейтральность состава воды. Из-за того, что ион OH^- ошибочно принимают за CO_3^{2-} , аналитики неверно рассчитывают минерализацию воды, так как эквивалентная масса гидроксидов в 1,7 раза легче, чем у карбонатного иона.

Тем не менее, гидроксильные воды реально существуют как в природных, так и в техногенных условиях. Например, в Иордании известны родники Магарин (Maqarin), выходящие из осадочных пород, содержащих *портландит* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ [17]. Растворение этого минерала приводит к формированию "гиперщелочных" [17] гидроксильных кальциевых вод:

$$M_{0,75-1,24} \frac{\text{OH}75 - 85 \text{SO}_4 8 - 14 \text{Cl}5 - 9}{\text{Ca}78 - 89 \text{Na}9 - 17\text{K}2 - 12} \text{pH} 12,3 - 12,8.$$

Формирование гидроксильных вод известно также в техногенных условиях, возникающих в золошлакоотвалах от сжигания бурых углей Канско-Ачинского угольного бассейна [4]. Эти бурые угли характеризуются высоким содержанием кальция, поэтому в золе от их сжигания образуется свободный оксид кальция, содержание которого в золе достигает 12%. При гидравлическом удалении золошлаковых отходов в отвалы происходит образование гидроксида кальция и формирование гидроксильных кальциевых вод. Например, пульпа системы гидрозолоудаления Красноярских ТЭЦ имеет вид:

$$M_{0,9} \frac{\text{OH}92 \text{Cl}4 \text{SO}_4 3}{\text{Ca}93 \text{Na} + \text{K}7} \text{pH} 12 - 13.$$

Примерно такой же состав имеют подземные воды, циркулирующие в техногенном золошлаковом горизонте золоотвалов теплоэлектростанций, работающих на канско-ачинских и некоторых других бурых углях.

Таким образом, гидроксильный состав природных и техногенных вод характерен для высоко щелочных вод, рН которых превышает 10...11. При изучении таких вод необходимы специальные виды анализа, позволяющие различать карбонатную и гидроксильную щёлочность водной среды.

2. НИТРАТНЫЕ ВОДЫ. Нитратные воды в окружающей природе были известны свыше полувека назад [12], но встречались они крайне редко и были слабо изучены. Впервые нами нитратные воды были встречены еще в далеком 1978 году при изучении грунтовых вод на юго-западе Татарии [10]. В грунтовых водах, в основном в пределах населенных пунктов, были обнаружены воды специфического состава (NO_3^- —

HCO_3 и $\text{HCO}_3\text{-NO}_3$), который не укладывался в классические типы, перечисленные выше. Содержание нитратов в грунтовых водах было очень высоким и достигало 800 мг/л.

В те годы среди гидрогеологов нашей страны нитратные воды были мало известными, хотя в Западной Европе уже появились научные статьи, описывающие начальную стадию процесса формирования нитратного загрязнения. В СССР научная диссертация, посвященная нитратам в подземных водах, впервые была защищена только в 1981 году [2].

Еще в начале 1990-х гг. В. П. Закутин с соавторами писали, что концентрации нитратов от 45 до 225 мг/дм³ и более отмечаются в крупнейших бассейнах подземных вод. В основном, распределение концентраций нитрат-иона в каждом из бассейнов позволяет с уверенностью говорить о преобладании в выборке содержаний нитрат-иона не более 9 мг/дм³ [5].

Формирование нитратных вод обусловлено исключительно техногенными причинами – поступлением нитратов в водоносные горизонты за счет внесения азотных удобрений, неорганизованных утечек из различных (аграрно-промышленных и бытовых) отстойников хозяйственно-фекальных отходов, промышленных отстойников с солями азотной кислоты а также за счет организованного нагнетания в недра веществ, содержащих нитраты. Во всех этих случаях происходят глубокие изменения исходного химического состава подземных вод, сопровождающиеся сменой их исходного химического типа, то есть процесс, названный Ф. И. Тютюновой «*полной техногенной метаморфизацией*» [14].

С внесением азотных удобрений связывается формирование нитратных или нитратно-гидрокарбонатных подземных вод в ряде европейских стран и в России. Скорость увеличения концентраций нитратов в подземных водах под сельскохозяйственными угодьями С. Р. Крайнов оценивал в 0,1...6 мг/дм³ в год, при этом в экстремальных случаях подземные воды под сельхозугодьями могут содержать до 10 000 мг/дм³ [8].

Частным случаем аграрного происхождения нитратов являются утечки заводов минеральных удобрений. В зависимости от интенсивности водообмена нитраты способны проникать на значительные глубины до 250 м. В пределах территорий заводов удобрений концентрация нитратов составляет 2250 мг/дм³, а в некоторых случаях оно достигает 76 000 мг/дм³ [6].

Интенсивное сельскохозяйственное азотное загрязнение подземных вод наблюдается на участках животноводческих комплексов, при этом наиболее сильное воздействие связано со свиноводческими и птицеводческими комплексами, где нитраты образуются за счет окисления аммония, поступающего в воды со стоками. Концентрации аммония в этих условиях достигают 1 430...80 000 мг/дм³ [6].

При утечках отстойников хозяйственно-фекальных отходов формируются ареалы нитратных вод, связанные с городской и сельской деревянной застройкой, а также с накопителями фекальных отходов животноводческих комплексов. В этих условиях помимо нитратов в формировании химического типа воды принимают участие также и техногенные хлориды. Для коммунально-селитебных комплексов наибольшие концентрации нитратов характерны для свалок твердых бытовых отходов до 1 000 мг/дм³.

К сожалению, в большинстве случаев, нитраты и другие соединения азота изучаются только в связи с загрязнением подземных вод, что делается российскими экологами путем сопоставления обнаруженных концентраций с питьевыми(?) ПДК. Полные гидрохимические анализы в таких условиях делаются нечасто, что не дает

возможности для полной ионной характеристики вод с высокими содержаниями нитратов.

Наиболее интенсивная полная техногенная метаморфизация природных вод и образование нитратных вод связано с утечками из промышленных отстойников или нагнетанием нитратных стоков в недра. Особенно ярко этот процесс наблюдается в радиохимическом производстве. Например, стоки предприятия «ПО «Маяк» в Челябинской области, содержащие нитраты в концентрации до 77,8 г/л, сбрасывались в озеро Карачай (или Водоем-9), вода которого имела состав [3]:

$$M_{4,7-120} \frac{\text{NO}_3 42 - 94 \text{CH}_3\text{COO}1 - 45 \text{HCO}_3 3 - 9 \text{SO}_4 1 - 3 \text{Cl}}{\text{Na} 95 - 99 \text{Ca} 0 - 2}.$$

В стоках, поступавших в оз. Карачай по меньшей мере до середины 1990-х годов, нитраты не были единственным техногенным анионом. Вторым главным техногенным анионом был ацетатный ион, поступавший в бассейн в течение примерно сорока лет.

Поступление нитратных стоков в расположенную под озером зону трещиноватости вызвало формирование вокруг отстойника ареала нитратных вод с составом [3]:

$$M_{68,2} \frac{\text{NO}_3 90 \text{HCO}_3 8 \text{SO}_4 1 \text{Cl}}{\text{Na} 95 \text{Ca} 3 \text{Mg} 2}.$$

Поскольку азотная кислота используется на всех радиохимических производствах нашей страны, при каждом из них имеются ореолы нитратных вод, связанные либо с утечками из промбассейнов (как на ПО «Маяк»), так и с организованной закачкой жидких радиоактивных отходов в недра (гг. Северск, Железногорск, Димитровград и др.).

Самым редким и мало изученным является формирование нитратных вод при использовании в горных работах аммиачно-селитренных взрывчатых веществ. Так, например, в 2014 г. при гидрогеологическом изучении действующего золоторудного карьера на Дальнем Востоке России были обнаружены нитратно-гидрокарбонатные воды:

$$M_{0,19-0,27} \frac{\text{HCO}_3 51 - 68 \text{NO}_3 21 - 37 \text{Cl} 3 - 7 \text{SO}_4 4 - 5}{\text{Ca} 31 - 58 \text{Mg} 26 - 29 \text{Na} 10 - 24 \text{K} 1 - 9 \text{Fe} 1 - 9}.$$

При этом было выявлено, что нитраты в концентрациях 40-50 мг/л распространены по меньшей мере до глубины 280 м, что превышает глубину карьера.

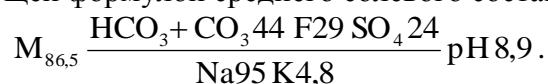
3. ФТОРИДНЫЕ ВОДЫ. Хотя фтороносные воды достаточно широко распространены, фтор-ион крайне редко входит в группу главных ионов, что обусловлено его сложными миграционными особенностями. Большое число элементов (Ca, Mg, Na, Fe, B, Al, Si и др.) способно к образованию комплексных соединений с фтором. При этом основными конкурентами фтора при образовании комплексов с этими элементами являются OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , органические вещества. Фторид кальция труднорастворим (растворимость CaF_2 при 20°C равна 0,016 г/л), поэтому накопление фтора в подземных водах лимитируется присутствием ионов кальция. Крайней степенью благоприятности для накопления фтора обладают высокощелочные натриевые бескальциевые воды [7]. В таких водах содержания фтора увеличиваются с ростом их минерализации, поэтому и в таких водах фтор остается в числе второстепенных ионов.

В маломинерализованных фтороносных водах содержания фтора обычно составляют первые единицы мг/л, достигая 30 мг/л [7]. Аномально высоких концентраций фториды достигают в высокощелочных натриевых водах и рассолах в зоне Восточно-Африканского рифта. Здесь концентрации фтора в горячих термальных

источниках достигают 330 мг/л, а в воде оз. Магади (Кения) – 1980 мг/л [15]. Однако, минерализация в этом озере достигает 321 г/кг, в воде преобладают ионы Na^+ и CO_3^{2-} [16], поэтому и здесь фтор не входит в число главных ионов.

Возможности для формирования фторидных вод возникают только в условиях постоянного поступления в водную среду ионов фтора за счет растворения водовмещающих минералов, содержащих фтор. Так, С. Р. Крайнов описал фторидно-кремнистые натриевые трещинные воды Ловозерского массива щелочных пород с содержаниями фтора от 140 до 13000 мг/л и минерализацией 3,9...65 г/л [7]. В этих условиях фторидные воды формируются за счет растворения минерала *виллиомита* NaF , имеющего растворимость при 20°C 42,8 г/л.

В техногенных условиях возможности для формирования фторидных вод возникают при производстве первичного алюминия. При выплавке этого металла используется *криолит* Na_3AlF_6 (растворимость 0,42 г/л), при растворении которого до насыщения в воде возникают высокие концентрации фтора. Криолит содержится в шламовых отходах, которые гидравлическим способом сбрасываются на шламовые поля. Шламовые воды представляют высококонцентрированный технический раствор, химический состав которого формируется за счет растворения десятиводного сульфата натрия и криолита. В шламовых полях Красноярского алюминиевого завода вода характеризуется следующей формулой среднего солевого состава:



При инфильтрации шламовых вод в подстилающий природный водоносный горизонт, воды которого содержат кальций, происходит резкое снижение концентраций фтора до 6-13 мг/л, при этом фтор выбывает из числа главных ионов [9]. В связи с этим фторидные воды, связанные с производством алюминия имеют локальное распространение, их ореолы приурочены к полям шламовых отходов.

Литература

1. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., Гидрометеиздат, 1953. – 296 с.
2. Бондарук Н. Т. Нитраты в природных водах и породах Молдавии. Автореферат дис. канд. геол.-мин. наук. Л., ЛГУ, 1981. – 22 с.
3. Водоем-9 – хранилище жидких радиоактивных отходов и воздействие его на геологическую среду. – Под ред. Дрожко Е. Г., Самсонова Б. Г. – М., Гидроспецгеология, 2007. – 250 с.
4. Гаврилин К.В. Канско-Ачинский угольный бассейн / К. В. Гаврилин, А. Ю. Озерский. – М., Недра, 1996. – 272 с.
5. Закутин В.П. Нитратное загрязнение вод территории СНГ и сопредельных стран / В. П. Закутин, Д. А. Фетисенко и др. // Водные ресурсы. 1994, Т. 21, № 23. – С. 374-380.
6. Клёцкина О. В. Азотное загрязнение подземных вод и управление их качеством в промышленных районах / О.В. Клёцкина, И.И. Минькевич // Вестник Пермского университета. – 2013, вып. 4 (21), с. 8-17.
7. Крайнов С.Р. Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии / С.Р. Крайнов, Ю.В. Шваров и др. – М., Недра, 1988. – 254 с.
8. Крайнов С.Р. Геохимико-экологическое состояние подземных вод России (причины и тенденции изменения химического состава подземных вод) / С. Р. Крайнов, В. П. Закутин // Геохимия, 1994, № 3, с. 32-39.
9. Озерский А.Ю. Влияние твердых отходов производства первичного алюминия ОАО "РУСАЛ Красноярск" на качество подземных вод / А. Ю. Озерский, Г. Ф. Ботвич // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Инженерные исследования. – 2008, № 3. – С. 98-102.
10. Подземные воды Татарии. Под ред. М. Е. Королева. – Казань, Изд-во Казан. ун-та, 1987. – 189 с.
11. Резников А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. 3-е изд. М., Недра, 1970. – 488 с.
12. Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии. Под ред. О. К. Ланге. М., Гостоптехиздат, 1961. – 73 с.
13. Толстихин Н.И. О классификации природных вод по химическому составу и их нумерации // Изв. Забайкальского филиала геогр. о-ва, 1966, т. 2, вып. 3, с. 13-27.

14. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. – М., Наука, 1987.– 335 с.
15. Essentials of Medical Geology. Revised Edition 2013th. O. Selinus, B. Alloway, J. Centeno, R. Finkelman, et al. – Springer, 2013. – 805 p.
16. Eugster H. P. Chemistry and origin of the brines of lake Magadi, Kenya // Mineral. Soc. Amer. Spec. Pap. 3, 1970. P. 213-235.
17. Steefel C. I., Lichtner P. C. Multicomponent reactive transport in discrete fracture II: Infiltration of hyperalkaline groundwater at Maqarin, Jordan, a natural analogue site // Journal of Hydrology, 1998, 08, 209(1), pp. 200-224.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТОМСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

В.Е. Ольховатенко

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия,
E-mail: igg@tsuab.ru*

Аннотация. Освещаются геоэкологические проблемы, обусловленные развитием опасных природных и техноприродных процессов, методы их изучения и инженерной защиты территории.

Abstract. Geoecological problems caused by the development of dangerous natural and techno-natural processes, the methods of study and the engineering protection of the territory are highlighted here.

Развитие на территории г. Томска опасных природных и техноприродных процессов приводят к нарушению динамического равновесия в эксплуатации природно-технических систем и возникновению чрезвычайных ситуаций.

Выполненные нами исследования [1] показали, что наибольшую опасность при застройке территории г. Томска представляют оползни, эрозионные процессы, оврагообразование и подтопление территорий. Оползнеопасными в г. Томске являются территории Лагерного Сада, мкр. «Солнечный», Каштачной и Воскресенской гор.

Преимущественным развитием на территории Лагерного Сада пользуются оползни вязкопластического течения и сдвига. Основной причиной развития оползней является обводнение грунтового массива за счет подземных вод неоген-палеогенового водоносного горизонта. Комплексным проектом противооползневых мероприятий предусматривалось устройство вертикального дренажа, уполаживание склона, строительство дренажных прорезей, удерживающих сооружений, контрбанкета, упорядочение поверхностного стока. Для осушения неоген-палеогенового водоносного горизонта была запроектирована дренажная горная выработка (ДГВ). К настоящему времени не все запроектированные мероприятия выполнены в полном объеме. В период изысканий и проектирования не учитывались возможные изменения напряженно-деформированного состояния грунтов склона в процессе эксплуатации ДГВ. Оценка степени опасности и уровня риска от воздействия ДГВ на геологическую среду не осуществлялось, что привело к формированию ослабленных зон на участках провалов грунтов. Прокладка ДГВ в юго-восточном направлении осложняется наличием тектонических разломов, которые послужили причиной поступления напорных вод из нижележащего горизонта. Отсутствие нормальной эксплуатации и своевременного ремонта приводит к разрушению конструкций ДГВ, снижению эффективности осушения. Это в свою очередь способствует замачиванию грунтов, снижению их прочностных характеристик и устойчивости склона.

Обследование ДГВ показало, что значительная часть фильтров не работает из-за их кальматации, что приводит к повышению уровня подземных вод. Общей проблемой

территории Лагерного Сада является отсутствие мониторинга за природно-техническими системами и изменением напряженно-деформированного состояния грунтового массива. Концентрация напряжений в грунтах по оси штольни, их увлажнение при повышении уровня подземных вод может послужить причиной активизации оползневых процессов на рассматриваемой территории.

Оползневые процессы на территории мкр. «Солнечный» связаны со строительством двух 10-ти этажных жилых домов на оползнеопасном склоне. Наряду с природными факторами на развитие оползневых процессов большое влияние оказали техногенные факторы:

- пригрузка склона при строительстве 10-ти этажных домов;
- техногенное обводнение грунтового массива;
- замачивание грунтов за счет скопления воды в котловане, вырытом для строительства детского сада;
- отсутствие дренажно-ливневой канализации.

Геологическое строение территории характеризуется распространением слаболитифицированных горных пород четвертичного и неоген-палеогенового возраста, преимущественно-глинисто-суглинистого состава, что и предопределило ход оползневого процесса. Существенный вклад в него внесли подземные воды, разгрузка которых осуществляется у подножия склона. Гидродинамическое давление подземных вод и широко развитая суффозия привели к изменению напряженно-деформированного состояния грунтового массива и снижению прочностных показателей. Это, в свою очередь, стало причиной глубинной ползучести глинистых грунтов. На данной стадии (первой стадии развития оползней) в теле грунтового массива образовались области концентрации касательных напряжений. В пределах потенциальной поверхности скольжения происходили деформации вдоль линии ползучести, происходило перераспределение касательных напряжений, что вызвано изменением коэффициента бокового давления. Фаза глубинной ползучести, по-видимому, длится довольно продолжительное время, а затем переходит в сравнительно быструю фазу разрушения. По всей вероятности, этому способствовало замачивание грунтов, а также резкое увеличение касательных напряжений, в грунтовом массиве, которые превышали сопротивление грунтов сдвигу. Коэффициент мобилизационного сопротивления сдвигу превысил его значение на пределе разрушения. В процессе последующего оползания грунтового массива к подножию склона были перекрыты все выходы подземных вод на дневную поверхность. Фильтрация из основного водоносного горизонта оказалась затруднена, что привело к подпору грунтового массива подземными водами в нижних частях склона, это, в свою очередь, послужило причиной дальнейшего развития оползневого процесса. Именно таким представляется механизм формирования древних (первичных) оползней.

Выявленные закономерности развития опасных процессов и составленная карта зонирования территории г. Томска по степени опасности и уровню риска использованы при решении следующих градостроительных проблем:

- прогнозной оценке геоэкологических и инженерно-геологических условий строительства объектов;
- разработке мероприятий по инженерной защите территорий, расположенных в зонах риска;
- подготовке комплексной целевой программы мониторинга природно-технических систем.

Прогнозная оценка осуществляется с использованием многочисленных данных о составе, состоянии и физико-механических свойствах выделенных в разрезе стратиграфо-генетических комплексов, литологических типов и инженерно-

геологических видов пород, для которых установлены нормативные и расчетные значения характеристик. Для оценки общих инженерно-геологических условий используется информация о геологическом строении, подземных водах, геоморфологии, климатических условиях и гидрографии. По карте риска устанавливается принадлежность территории к различным зонам: очень опасной, опасной, условно опасной и безопасной, которые характеризуются различным состоянием геологической среды. Обязательное условие для выполнения прогнозных оценок - знание об уровне инженерной защиты территорий, который может быть удовлетворительным или неудовлетворительным. Различные сочетания состояния геологической среды и уровня инженерной защиты позволяют дать оценку устойчивости природно-технических систем. На территории г. Томска неустойчивые природно-технические системы расположены в юго-восточной и северо-западной частях Лагерного сада, мкр. «Солнечный», в пределах Воскресенской горы, на территории Каштака, Спичфабрики и в других микрорайонах города. Развитие опасных процессов здесь приводит к нарушению динамического равновесия в эксплуатации природно-технических систем и возникновению чрезвычайных ситуаций. Для обеспечения нормального функционирования таких систем потребуется выполнять комплекс мероприятий по инженерной защите территорий. Вторым важным направлением практического использования результатов исследований являются рекомендации по корректировке генерального плана застройки города с учетом развития опасных природных и техноприродных процессов, при этом необходимо учитывать: тип, площадь, и уровень риска для городской застройки; границы опасной, условно опасной и безопасной зон; ограничения на выделение земельных участков.

Одна из важных рекомендаций при корректировке генерального плана г. Томска – изъятие из застройки участков с активно развивающимися оползневыми процессами, где состояние геологической среды опасно, а природно-техническая система неустойчива. От этого должна зависеть и стоимость земель, выделяемых под застройку. На откорректированном плане должны быть показаны территории, где запрещается любое строительство, и те, где требуется предварительная инженерная защита.

Выполненные на территории г. Томска исследования позволили разработать мероприятия по её инженерной защите от опасных природных и техноприродных процессов. При этом учитывались следующие инженерно-геологические и геоэкологические особенности территории:

- характер, размеры и динамика опасных процессов, а также их влияние на существующие здания и сооружения;
- состояние геологической среды;
- уровень инженерной защиты территории;
- состояние и устойчивость природно-технических систем;
- степень опасности и уровень риска при застройке.

В соответствии с этим при защите территории г. Томска рекомендуется использовать как превентивные, так и капитальные мероприятия. Превентивные мероприятия включают: запрещение любого строительства на очень опасных и опасных участках, где требуется комплексная инженерная защита, и которые могут использоваться как парковая зона отдыха населения; строительство объектов в пределах условно опасных зон возможно при условии предварительной инженерной подготовки территории; исключение утечек из водонесущих коммуникаций; запрещение подрезки склонов; запрещение движения транспорта в непосредственной близости от оползнеопасных территорий; организация мониторинга природно-технических систем.

Капитальные мероприятия предусматривают разработку и введение методов инженерной защиты территорий, находящихся в зонах риска. Особенное внимание должно уделяться организации мониторинга за природно-техническими системами на территориях развития природных и техно-природных процессов.

Литература

1. Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Лазарев В.М.. Опасные природные и техноприродные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. – Томск. Печатная мануфактура, 2005. – 152 с.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД Г.ЗАКАМЕНСК И ОКРУЖАЮЩЕЙ ЕГО ТЕРРИТОРИИ

А.М. Плюснин

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт
Сибирского отделения Российской академии наук, г.Улан-Удэ, Россия,
E-mail: plyusnin@gin.bsnet.ru*

Аннотация. Город Закаменск располагается в высокогорных ландшафтах. Город построен для разработки месторождений вольфрама и молибдена. В результате 65-летней деятельности горно-обогатительного комбината на территории города сформировался обширный очаг загрязнения грунтовых вод тяжелыми металлами, фтором, сульфат-ионом. После рекультивации территории очаг загрязнения сохраняется уже более двух лет. Для ликвидации экологической напряженности необходимо произвести дренаж загрязненных вод и исключить подпитку сточными водами.

Abstract. The city of Zakamensk is located in mountainous landscapes. The city is built for mining of tungsten and molybdenum. As a result 65-year-old activity of mining and processing plant on the territory of the city has formed a large area of groundwater pollution by heavy metals, fluoride, sulfate ion. After reclamation of the area a source of pollution persists for more than two years. For the elimination of environmental stress is necessary to make the drainage of polluted water and eliminate recharge of wastewater.

С 1934 г. на территории г. Закаменск и прилегающей территории работало горнодобывающее предприятие Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат. На территории, прилегающей к бывшим обогатительным фабрикам и городу Закаменску, для которого комбинат был градообразующим предприятием, были расположены массивы техногенных песков – отходов обогатительного производства, общая масса которых составляла более 40 млн. т. В рамках федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал» на территории размещения отходов производства в течение 2012-2014 гг. проведены рекультивационные работы – хвосты переработки компактно заскладированы, поверхность, ранее занимавшаяся песками, была выровнена, перекрыта почвами и засеяна травянистой растительностью, высажены саженцы деревьев и кустарников. Прямое негативное воздействие отходов производства сейчас оказывается только на поверхностные и грунтовые воды, формирующие ресурсы и химический состав на территории излияния рудничных вод из горных выработок; на участках, где происходит взаимодействие конденсационных и поверхностных вод со вскрышными породами и хвостами переработки руд в местах их складирования. Но на территории г. Закаменска грунтовые воды все еще содержат значительные количества различных токсичных веществ из-за загрязненной зоны аэрации и малой интенсивности водообмена в этом районе.

В региональном геоморфологическом плане территория г. Закаменска приурочена к Селенгино-Витимской зоне линейного коробления мезозойского заложения, с умеренной неотектонической активизацией недр (Уфимцев, 1991). В орографическом отношении исследуемая площадь расположена в пределах северного склона Джидинского хребта, южного склона Ключевского хребта и заключенной между этими хребтами долиной реки Джиды. Рельеф территории города Закаменск долинный (абсолютные отметки 1040-1100 м) и низкогорный (до 1400 м), а в ближайших окрестностях среднегорный (1700-1800 м). Территория относится к системе отрогов Джидинского хребта.

Основное количество жилых и производственных построек располагается в долине нижнего течения р. Модонкуль, непосредственно выше ее впадения в р. Джиду. Днище долины р. Модонкуль в черте города имеет, в основном, четкие тыловые закраины с горными склонами различной крутизны. Только в устьевых частях боковых притоков (ручьи Инкур, Зун- и Барун-Нарын) закраины перекрыты аккумулятивными увалами (конусами выноса) высотой до 20-30 м над урезом реки. Ширина днища около 1,0 км. В ее пределах выделяется пойма и террасы высотой 2-3, 5-6, 8-10 м. Пойма шириной 0,1-0,2 км заболочена и преобразована антропогенными процессами. Тыловая часть поймы на отрезке ниже устья руч. Инкур до устья руч. Барун-Нарын укреплена дамбовыми сооружениями для защиты от наводнений. Ниже устья руч. Барун-Нарын пойма с примыкающей пойменной террасой высотой 2-3 м перекрыта техногенными наносами, которые поступали сюда по канаве аварийных сбросов от обогатительной фабрики. Часть наносов в паводки уносилась водой дальше вниз по течению реки, в ее устьевой части сформировался конус выноса техногенных песков. Мощность рыхлых отложений в долине р. Модонкуль достигает 60-80 м.

Для геологического строения территории г. Закаменска характерна его приуроченность к границе двух региональных геологических структур, представленных карбонатно-терригенными толщами нижнего палеозоя и интрузивами гранитоидов Модонкульского массива. Граница между ними приурочена в районе города к днищу долины руч. Барун-Нарын. Вдоль нее развита зона пород, характерных для крупных региональных долгоживущих разломов - пластины пород ультраосновного состава, мелкие тела гранитоидов среди интенсивно смятых и рассланцованных осадочно-вулканогенных пород.

Главной водной артерией является река Джиды. Ширина русла реки изменяется от 40-50 м до 150-200 м, глубина от 0,3-0,5 м до 1,5-2 м. Скорость течения довольно постоянна на протяжении года и составляет 1,3-1,5 м/с. Режим реки характеризуется значительными годовыми колебаниями расходов и уровней - максимальные летние расходы в сотни и тысячи раз превышают зимние. Среднемесячные паводковые расходы составляют 100-150 м³/с, а среднемесячные меженные расходы не превышают 0,2-0,3 м³/с. Среднегодовой расход за многолетний период составил 37,4 м³/с. Ледостав на реке заканчивается в середине ноября, таяние ледового покрова начинается в середине апреля. Максимальная толщина льда составляет 1,1-1,2 м, на перекатах река местами полностью перемерзает. Средний подрусловый поток р. Джиды по данным Шульги Ф.И. (1970) составляет 23,7 л/сек. Река Модонкуль является наиболее крупным правым притоком р. Джиды, ее длина составляет 20 км, уклон поверхностного потока - 0,032. Среднегодовой модуль поверхностного стока колеблется от 4 до 6 л/сек/км². Ширина русла речки изменяется от 2-3 м до 15-20 м, глубина от 10-15 см до 0,8-1,0 м. Скорость течения колеблется от 1,0-1,2 м/с в засушливый период до 1,8-2,0 м/с после ливневых дождей. Среднегодовой расход р. Модонкуль за многолетний период составил 0,705 м³/с.

Грунтовые воды современного аллювия распространены в долине р. Джиды и её притоков. Водовмещающими породами являются валуны, галечники, гравий, пески, супеси, причём для аллювия характерна невыдержанность литологического состава и по простиранию, и по мощности. В верховьях крупных притоков р. Джиды, имеющих характер бурных горных речек, аллювий представлен крупнообломочными слабо окатанными и плохо сортированными отложениями с дресвой. Ниже по течению крупноглыбовые отложения сменяются обычно гравийно-галечными и песчаными разностями. Мощность аллювия изменяется от 3-5 м в верховьях рек до 50-60 м в устье р. Модонкуль.

Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения распространены в долине р. Джиды, по долине р. Модонкуль и в падах Барун- и Зун-Нарын. На большей части своего распространения они перекрыты современными аллювиальными отложениями. По литологическому составу это преимущественно серые, желтовато-серые разнородные пески с параллельной, реже косой слоистостью, с прослоями и линзами илов и глин, иногда галечника и гравия. Они залегают чаще всего на кристаллических породах и на плиоценовых аллювиальных отложениях. Мощность нижне-среднечетвертичных озерно-аллювиальных отложений достигает 30 м (Гидрогеологическая..., 1974.) Произведено измерение содержания естественных радиоактивных элементов по профилям, заложенным в районах планируемого размещения очистных сооружений, расположения отвалов горных пород извлеченных из штольни и в местах, где ранее хранились хвосты переработки фабрик ДВМК (рис.1). Измерение содержания естественных радиоактивных элементов в поверхностных отложениях отвалов пород и на рекультивированных землях в районе обогатительных фабрик ДВМК показали, что количество урана изменяется в пределах 1,7-9,6 г/т, тория 3,4-18,1 г/т и калия 1,0-2,9 %. Величина эффективной удельной активности ($A_{эфф.}$) природных радионуклидов изменяется в пределах 80-264 Бк/кг.

Грунтовые воды плиоценовых отложений гидравлически связаны с водами современных аллювиальных отложений и с трещинными водами «долинных» базальтов, а поэтому положение их уровней чаще всего совпадает. На некоторых участках плиоценовые отложения перекрываются практически водонепроницаемыми массивными базальтами или выдержанным слоем плотных илов, тогда воды их обладают местным напором, достигающим 35 м

Для выявления влияния рассматриваемых техногенных объектов на состояние поверхностных вод нами произведено их опробование выше, ниже и по направлению распространения потока. Установлено, что все обследованные поверхностные водотоки подвержены воздействию техногенных процессов, протекающих на поверхности и в недрах. Это проявляется в трансформации их химического состава в сторону формирования высокоминерализованных вод, как правило, сульфатного анионного состава. Во всех пробах поверхностных вод выявлены очень высокие содержания фторид-иона, его максимальные содержания достигают десятков миллиграммов на литр. Несомненно, в этом районе это один из наиболее измененных под воздействием техногенеза параметров поверхностных вод. Установлена также значительная концентрация железа, поток рассеяния которого далеко удаляется от природно-техногенной системы комбината по рекам Мыргеншено и Джиды. Река Модонкуль загрязнена изливающимися из штольни «Западная» рудничными водами. Поток рассеяния цинка протягивается до г. Закаменск, его высокие содержания обнаружены в реке в районе городского водозабора. Второй очаг загрязнения реки связан с

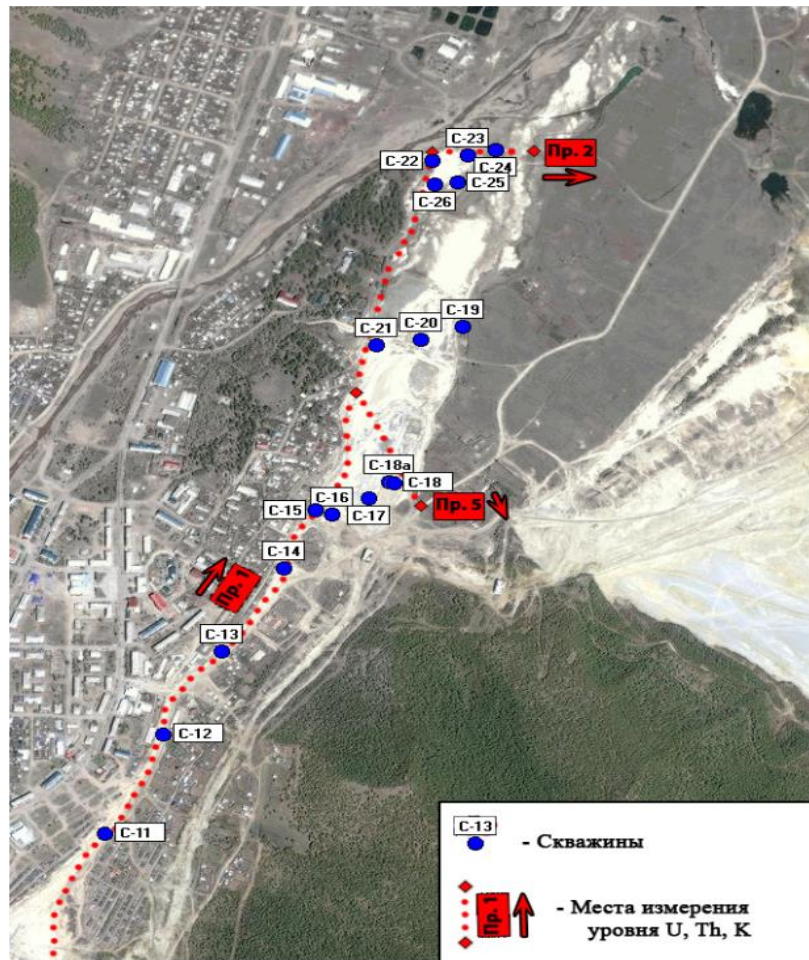


Рис.1. Космоснимок восточной части г. Закаменск с местами расположения наблюдательных скважин и точками измерения радиоактивных элементов

воздействием хвостов переработки руд, хранящихся в пади Барун-Нарын. Но наиболее загрязнены поверхностные воды дренирующие отвалы вскрышных пород карьера Первомайского месторождения, так в рч. Гуджирка установлены очень высокие содержания марганца, цинка, меди, кадмия, никеля, кобальта, концентрация которых достигает десятков мг/л (Смирнова, Плюснин, 2013.).

Для выяснения влияния техногенных объектов на подземный сток нами произведено бурение 24 скважин по направлениям возможного распространения потока подземных вод от основных источников загрязнения (рис.1). В пределах города Закаменск в нижней части долины рч. Инкур, где размещалось хвостохранилище насыпного типа и длительное время территория была перекрыта техногенными песками грунтовые воды характеризуются значительной минерализацией, местами общая минерализация превышает 1 г/л. Для них характерно преобладание в анионном составе сульфат-иона, они загрязнены фторид-ионом, железом. На участке в районе штольни «Западная» пройдено 8 скважин, четыре из них оказались сухими, в четырех вскрыты грунтовые воды. Вскрытые скважинами грунтовые воды характеризуются высокими содержаниями нитрата, сульфата, фторида, железа, марганца, цинка. В верхней части долины р. Мыргеншено в месте впадения в нее рч. Гуджирка, дренирующего отвалы вскрышных пород карьера Первомайского месторождения пройдено четыре скважины. Минерализация подрусловых вод превышает 1 г/л, в них обнаружены очень высокие содержания фторида (более 100 мг/л), сульфата, марганца, железа, цинка.

Таблица 1

Химический состав грунтовых вод на территории г. Закаменск, подверженной воздействию отходов Джидинского вольфрам-молибденового комбината

№ скв	M _{общ}	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cl	F	Cu	Zn	Cd	Fe	Mn	Ni	Co
	мг/л						мкг/л						
C-13	1508	134	216	636	21	66.8	12,1	164	32,0	4,7	27420	83,7	144
C-14	908	100	97	381	21	41.5	6,1	7,2	1,1	11,6	15270	7,4	7,3
C-15	600	125	4	251	22	23.5	3,9	<5	<1	7,6	5430	6,0	<5
C-16	825	131	2	386	19	41.8	3,8	9,8	<1	18,5	20320	14,1	17,7
C-17	1439	91	4	791	20	82.9	9,2	88,0	3,9	7790	10020	69,9	101
C-18a	1811	45	227	944	20	49.8	20,3	163	12,0	7190	5100	49,4	50,2
C-19	1085	192	3	548	10	34.5	5,1	77,4	<1	254	14420	12,4	7,9
C-20	740	103	123	206	38	45.9	<2	8,2	<1	21,7	6775	<5	<5
C-21	732	134	138	95	31	91.1	<2	<5	<1	14,2	2620	<5	<5
C-22	392	88	100	74	14	9.6	3,3	56,0	<1	45,9	1422	<5	<5
C-23	296.3	115.93	8	62	15	13.6	<2	<5	<1	13,6	1720	<5	<5
C-24	527.6	73.22	8	236	18	33.0	<2	<5	<1	8,4	850	7	<5
C-25	466.9	61.02	5	203	19	37.1	<2	<5	<1	2,7	318	10,2	<5

Подземные воды в местах хранения отходов и на рекультивированных землях в районе обогатительных фабрик загрязнены продуктами разложения недоизвлеченной в технологическом процессе сульфидной, флюоритовой минерализации. Источниками загрязнения служат горные выработки, отвалы вскрышных пород, хвосты переработки руды. Среди загрязнителей подземных и поверхностных вод наиболее высокими содержаниями выделяются фтор, железо, марганец, цинк, медь, кадмий, алюминий и другие тяжелые металлы. Водоносный горизонт грунтовых вод подвергается негативным воздействиям техногенных процессов, протекающих на поверхности. В результате инфильтрации поверхностных вод, обогащенных продуктами окисления сульфидных минералов, изменился химический тип грунтовых вод с гидрокарбонатного до сульфатно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного.

В устье реки Модонкуль наблюдается разгрузка грунтовых вод в местных понижениях, вода в источниках содержит значительные концентрации цинка, марганца, железа, фтора. Наблюдается гидрогенное минералообразование. Нами идентифицированы водные сульфаты меди, цинка, железа, алюминия, кальция, алюмофториды с переменным количеством связанной воды.

Результаты мониторинга грунтовых вод показывают устойчивый характер загрязнения, который сохраняется в течение всех сезонов года. Ореолы загрязнения медленно перемещаются к местам разгрузки. Для ликвидации очагов загрязнения грунтовых вод необходимо проведение гидротехнических мероприятий, которые должны включать дренаж загрязненных вод и очистку их в прудах накопителях. В местах подтока загрязненных стоков необходимо организовать их перехват и очистку в специально построенных сооружениях. Для устранения негативного влияния вскрышных пород их необходимо изолировать от воздействия атмосферных осадков и подтока к месту их расположения грунтовых вод.

Литература

2. Гидрогеологическая карта СССР. М 1:200000. Серия Западно-Забайкальская. Лист М-48-XIV. 1974. – 63 с.
3. Смирнова О.К., Плюснин А.М. Джидинский рудный район (проблемы состояния окружающей среды)- Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – 181 с.
4. Уфимцев Г.Ф. Горные пояса континентов и симметрия рельефа Земли. Новосибирск: Наука, 1991. – 169 с.
5. Шульга Ф.И. Гидрогеологические условия центральной части Джидинского рудного района. Улан-Удэ. 1970. – 153 с.

**ПОДЗЕМНЫЙ СТОК В ТАЁЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ:
МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИХ ПРИЧИНЫ**

О.Г. Савичев¹, В.А. Льготин²

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: OSavichev@mail.ru*

² *Акционерное общество «Томскгеомониторинг», Томск, Россия, E-mail: lv@tgm.ru*

Аннотация. Проведён расчёт среднемесячных и среднегодовых значений подземного стока в таёжной зоне Западной Сибири, выполнен статистический анализ полученных данных и материалов наблюдений за уровнями подземных вод верхней гидродинамической зоны на участках вне явного антропогенного влияния. Установлено, что в регионе в последние десятилетия происходило статистически значимое увеличение подземной составляющей речного стока и уровней подземных вод. Увеличение подземного стока удовлетворительно объясняется смещением сроков установления снегового покрова и снеготаяния, снижением испарения с поверхности водосборов при уменьшении температур воздуха в летний период и увеличением температуры в остальные месяцы года даже при отсутствии изменений годового атмосферного увлажнения.

Abstract. Calculation of monthly average and mid-annual values of a ground flow in a taiga zone of Western Siberia is carried out. The statistical analysis of the received data and materials of supervision over levels of ground waters of the top hydrodynamical zone on sites outside of obvious anthropogenous influence is executed. In region last decades there was statistically significant increase in a underground component of a river drain and levels of ground waters. The increase in a ground flow well speaks displacement of terms of an establishment of a snow cover and snow melting, decrease in evaporation from a surface of river basins at reduction of temperatures of air during the summer period and increase in temperature in other months of year even at absence of changes of annual atmospheric humidifying.

Введение

Проблема глобальных изменений окружающей среды и климата в настоящее время является одной из важнейших проблем, рассматриваемых науками о Земле, поскольку от её решения в значительной степени зависит выбор стратегии развития как отдельных стран, так и всего международного сообщества [1, 8]. С учетом этого становится очевидной актуальность оценки изучения состояния крупных геосистем и выявления причин, их обусловивших. Необходимость в подобных исследованиях существует и в Западной Сибири, в пределах которой рядом авторов были отмечены статистически значимые изменения гидрометеорологических и гидрогеологических условий [2, 3, 4, 7, 10, 11], что и определило цель рассматриваемой работы – анализ причин этих изменений.

Объектом исследования послужили подземные воды верхней гидродинамической зоны в таёжной зоне Западной Сибири – территории, административно соответствующей преимущественно Томской области (с привлечением данных по

Ханты-Мансийского автономному округу, Новосибирской и Кемеровской областям, Алтайскому краю), а географически – бассейну реки Обь на участке её среднего течения. Регион характеризуется исключительно высокой заболоченностью и перспективен с точки зрения добычи нефти и газа, что дополнительно усиливает актуальность гидрогеологических исследований.

Исходные данные и методика исследования

Исходной информацией для проведения исследований послужили: 1) материалы наблюдений Росгидромета за расходами и уровнями воды средних рек с 1937 по 2012 гг.; 2) данные об уровнях и температуре подземных вод четвертичных и палеогеновых отложений, полученные с 1970 по 1995 г. Томской геолого-разведочной экспедицией (ТГРЭ), а с 1996 по настоящее время – АО «Томскгеомониторинг» на режимных скважинах государственной наблюдательной сети; 3) материалы наблюдений Росгидромета за температурой приземных слоев воздуха и атмосферными осадками с 1970 по 2008 г.

Методика исследования включала в себя, во-первых, статистический анализ данных об уровнях подземных вод, в том числе проверку нулевых гипотез о: 1) случайности рядов наблюдений с помощью критерия Питмена π и с использованием линейной модели вида $Y=a \cdot t+b$, где Y – исследуемая величина; t – календарный год; a и b – эмпирические константы; 2) их однородности с помощью критериев Уилкоксона W и Фишера F . Вывод о неслучайном изменении или нарушении однородности рядов делался при уровне значимости $\alpha=5\%$ в случае, когда расчетная статистика (π , F) по модулю превышала соответствующее критическое значение ($\pi_{кр}$ или $F_{кр}$) или (для W) выходила за допустимые границы (W_1 , W_2). Более подробно используемая методика изложена в [4].

Во-вторых, проводились генерирование и последующий статистический анализ рядов среднемесячных, среднесезонных и среднегодовых значений подземного стока. Определение подземного стока основывалось на двух ключевых допущениях: 1) водный сток незарегулированных рек в период зимней межени при отсутствии некомпенсируемых объемов сбросов и забора природных вод в целом эквивалентен подземному стоку с водосборной территории; 2) зависимости между уровнями подземных вод и подземным стоком, найденные для зимней межени, в целом сохраняются в течение всего года [4]. С учётом этих допущений для таёжной зоны в бассейне р. Обь при упрощении уравнения установившейся фильтрации в безнапорном пласте были получены зависимости между подземным стоком, уровнями подземных и речных вод вида:

$$Q_{gw} = a_1 \cdot (H_g^2 - H_r^2) + a_2 \cdot H_g + a_3, \quad (1)$$

где Q_{gw} – приток подземных вод в речную сеть; H_r и H_g – уровни речных и грунтовых вод; a_1 , a_2 , a_3 – параметры, которые были оценены методом наименьших квадратов по данным за зимний меженный период, когда известны все остальные компоненты. Одновременно с расчетами подземного стока по зависимости вида (1) было проведено расчленение речных гидрографов линейной интерполяцией по уравнению:

$$Q_{gw} = \begin{cases} Q_{am}, n = 12, n < 4 \\ Q_{III} + \frac{Q_{XII} - Q_{III}}{12 - 3} \cdot (n - 3), \end{cases} \quad (2)$$

где Q_{am} – среднемесячный расход воды реки; Q_{III} и Q_{XII} – среднемесячные расходы воды за март и декабрь соответственно (в эти месяцы обычно наблюдается

устойчивый ледяной покров на реках и снежный покров на водосборах региона); n – номер расчетного календарного месяца. Статистический анализ полученных рядов выполнялся аналогично анализу уровней подземных вод.

В-третьих, проводился корреляционный и регрессионный анализ рядов среднемесячных и среднегодовых значений температуры приземных слоев воздуха и подземных вод, уровнями и температурой подземных вод и расходов подземных вод с целью выявления возможных связей между ними. В качестве критерия наличия подобных связей использовалось условие $R^2 > 0.36$, где R^2 – квадрат корреляционного отношения [9].

Затем на основе полученных результатов осуществлялся заключительный четвертый этап – построение и анализ модели формирования суммарного и подземного водного стока средней реки (с площадью водосбора от 2000 до 50000 кв²). Выбор средних рек обусловлен тем, что они в наибольшей степени отражают зональные закономерности изменения климатических, гидрологических и гидрогеологических условий. Математическая модель формирования водного стока при отсутствии водопритока из смежных водосборов включает в себя следующие блоки:

$$Y_t = X_t - E_t \pm \Delta U_t, \quad (3)$$

где Y_t – слой суммарного водного стока (поверхностного $Y_{s,t}$ и подземного $Y_{g,t}$) за период времени t (за месяц Y_m или год Y_y); X_t – слой атмосферного увлажнения; E_t – слой испарения с поверхности водосбора с учетом конденсации влаги (за месяц E_m или год E_y); ΔU_t – изменение влагозапасов в водосборе (за месяц ΔU_m или год ΔU_y) [9]. В среднемноголетнем разрезе (для статистически однородного периода по условиям формирования и изменения стока) в первом приближении обычно предполагается, что величина ΔU_y менее 1 мм/год, что в случае годового расчетного интервала позволяет упростить выражение (3), а уравнение годового водного баланса представить в виде:

$$Y_y \approx X_y - E_y. \quad (4)$$

Месячное «эффективное» атмосферное увлажнение X_m определяется как сумма значений слоя дождей и водоотдачи из сезонного снежного покрова, сформировавшегося в холодный период года. Водоотдача из снега рассчитана с использованием температурных коэффициентов. Месячное испарение с поверхности водосбора E_m при оценке современного состояния окружающей среды в тёплый период года определяется по методу М.И. Будыко, а при прогнозной оценке водного баланса – по методу В.С. Мезенцева. Более подробное описание модели приведено в [5, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

Изменения уровней подземных вод. Рассмотренные в работе скважины являются наблюдательными и не находятся в зоне явно выраженного антропогенного влияния. Часть их вскрывает грунтовые воды, для которых свойственны весенне-осеннее питание при инфильтрации талых и дождевых вод и преимущественно террасовый вид режима, а остальные скважины – напорные воды весенне-осеннего питания. Анализ данных показал, что среднегодовые значения уровней грунтовых вод в таёжной части Западно-Сибирского артезианского бассейна в целом постепенно увеличиваются (в среднем на 0,21 м за последние 40-лет, рис. 1). Наиболее выражены тенденции роста в правобережной части бассейна р. Обь, в зоне средней тайги. При этом необходимо отметить, что на прилегающих территориях лесостепной и степной зон и горных районов в естественных или близких к ним условиях за последние сорок лет отмечены тенденции и увеличения, и уменьшения уровней грунтовых и слабонапорных вод в 1980-2000-е гг., достигающего в ряде случаев 1 м и более [2, 7].

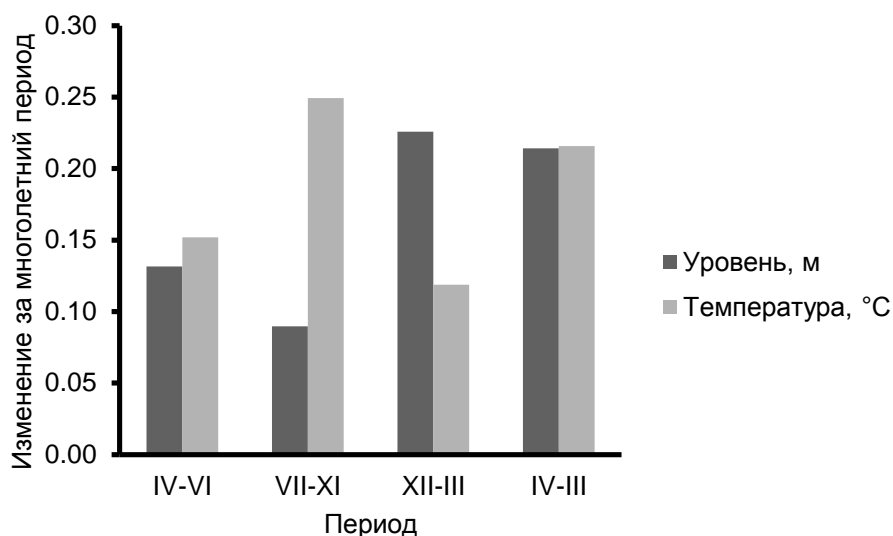


Рис. 1. Многолетние изменения (приращения относительно значений значений, полученных в период до середины 1980-х гг.) среднесезонных и среднегодовых значений уровней и температуры подземных вод в таёжной зоне Западной Сибири [2]

Таким образом, в Западной Сибири в условиях избыточного увлажнения во многих случаях наблюдается повышение уровней подземных вод, а в условиях недостаточного увлажнения – их снижение. Эти изменения в пространственном разрезе пока носят мозаичный характер и связаны, предположительно, как с соответствующим изменением общего увлажнения рассматриваемого региона, так и с внутригодовым перераспределением атмосферных осадков и изменением временных границ периода снеготаяния, следовательно, условий инфильтрации снеготалых вод в почвогрунты [7].

Изменения подземного стока. Сравнение значений подземного стока, вычисленного по формулам (1, 2), свидетельствует о сопоставимости указанных методик, что позволило использовать более простой способ (2) и получить многолетние ряды подземной составляющей стока ряда средних рек Сибири. Их статистический анализ позволил сделать вывод об определённом увеличении в 1970-2000-е гг. годового подземного стока в таёжной зоне Западной Сибири (табл. 1). В лесостепной и степной зонах, а также в горных районах подобные тенденции также прослеживаются, но часто выражены слабее. В целом, указанные изменения пока не привели к существенному изменению нормы суммарного (поверхностного и подземного) стока на большей части Сибири, что в общем соответствует выводам, полученным в [4, 7, 10].

Таблица 1

Результаты проверки на однородность и случайность рядов наблюдений за модулем подземного стока [10]

Река	Пункт	Период	A , л/(с·км ²)	σ , л/(с·км ²)	a^* , л/(год·с·км ²)
Шегарка	с. Бабарыкино	1953-1993	0.36	0.11	0.006
		1953-1979	0.30	0.09	0.007
		1980-1993	0.40	0.11	–
Чая	с. Подгорное	1953-2005	0.98	0.19	0.006
		1953-1979	0.89	0.16	–
		1980-2005	1.07	0.18	0.012
Парабель	с. Новиково	1958-2005	1.27	0.21	–

Река	Пункт	Период	A , л/(с·км ²)	σ , л/(с·км ²)	a^* , л/(год·с·км ²)
		1958-1979	1.25	0.24	–
		1980-2005	1.30	0.17	–
Васюган	с. Средний Васюган	1953-2005	1.42	0.57	0.013
		1953-1979	1.28	0.34	–
		1980-2005	1.58	0.71	0.047
Тым	с. Напас	1937-1993	2.79	0.42	0.015
		1937-1979	2.75	0.44	0.026
		1980-1993	2.92	0.31	–
Конда	с.Болчары	1936-1996	1.88	0.97	0.018
		1936-1979	1.77	0.95	–
		1980-1996	2.19	0.98	–
Полуй	с. Полуй	1954-1996	2.70	0.35	0.013
		1954-1979	2.59	0.39	–
		1980-1996	2.87	0.21	–
Чулым	с. Тегульдет	1948-1993	1.25	0.29	0.007
		1948-1979	1.17	0.22	–
		1980-1993	1.45	0.33	0.048
Кия	г. Мариинск	1936-1993	2.16	0.52	0.014
		1936-1979	2.05	0.49	0.013
		1980-1993	2.49	0.50	–

Примечание: a – коэффициент регрессии в уравнении $Y=a \cdot t+b$, где Y – модуль подземного стока; t – календарный год; b – эмпирическая константа

Моделирование изменений подземного стока. Моделирование природно-антропогенных воздействий на водный сток и режим заключалось в использовании заданных значений морфометрических и климатических характеристик, приведенных в табл. 2. Их выбор был сделан из следующих соображений: 1) в настоящее время в таежной зоне Западной Сибири продолжается интенсивное заболачивание при одновременном уменьшении доли незаболоченных лесов; 2) сейчас в регионе наблюдается определенное уменьшение температуры атмосферного воздуха в летние месяцы и увеличение в остальную часть года; 3) в долгосрочной перспективе дальнейшее потепление может сопровождаться увеличением количества атмосферных осадков в рамках концепции повторения периодов жаркого и влажного климата; 4) альтернативный вариант развития событий – формирование холодного и относительно сухого климата, проявления которого в рассматриваемом регионе также были отмечены в прошлые геологические периоды [5].

Таблица 2

Результаты расчета водного стока рек таежной зоны Западной Сибири и его внутригодового распределения [5]

Вариант расчёта	Водосбор реки					
	Тым	Кеть	Васюган	Парабель	Чая	Шегарка
<i>a</i>) измеренный сток; измеренные влагозапасы в снежном покрове	101	75	41	43	34	13
<i>b</i>) расчетные влагозапасы в снежном покрове; уменьшение	101	75	41	43	34	13

Вариант расчёта	Водосбор реки					
	Тым	Кеть	Васюган	Пара- бель	Чая	Шегар- ка
лесистости водосбора на 20%; увеличение заболоченности водосбора на 20%						
<i>c)</i> расчетные влагозапасы в снежном покрове; уменьшение лесистости водосбора на 20%; увеличение заболоченности водосбора на 10%; увеличение озёрности водосбора на 10%	101	75	41	43	34	13
<i>d)</i> расчетные влагозапасы в снежном покрове; уменьшение среднемесячной температуры атмосферного воздуха на 1°C в июне – августе и увеличение на 1°C в остальные месяцы	225	91	146	254	130	79
<i>e)</i> расчетные влагозапасы в снежном покрове; увеличение среднемесячных значений температуры атмосферного воздуха и месячных сумм атмосферных осадков на 5%	213	84	132	227	103	67
<i>f)</i> расчетные влагозапасы в снежном покрове; уменьшение среднемесячных значений температуры атмосферного воздуха и месячных сумм атмосферных осадков на 5%	94	66	22	39	31	12

В результате выполненных расчетов были получены значения месячного и годового водного баланса. Их анализ показал, что наблюдаемые изменения суммарного и подземного водного стока рек Западной Сибири удовлетворительно объясняются изменениями климата, связанными с незначительным похолоданием в летний период и потеплением в остальную часть года (вариант *d* в табл. 2). При этом сценарии при неизменном годовом атмосферном увлажнении уменьшается годовое испарение с поверхности, а сток увеличивается, особенно в зимний маловодный период, когда меженный речной сток ориентировочно тождественен подземному стоку. Соответственно, возрастает и подземная составляющая годового стока в целом (табл. 2).

Потепление в комплексе с увеличением атмосферного увлажнения также приводит к заметному росту водного стока, а общее похолодание и уменьшение атмосферных осадков – к его снижению. Уменьшение лесистости водосбора и увеличение его заболоченности сказываются на норме водного стока не столь явно, что, конечно же, не исключает возможность существенного изменения других характеристик стока, например максимальных расходов половодья. В целом анализ результатов моделирования позволяет предположить наличие следующего механизма изменения стока и его внутригодового распределения: 1) при увеличении температуры

атмосферного воздуха в осенний, зимний и весенний периоды начало интенсивного снеготаяния смещается на более ранние сроки, а установление устойчивого снежного покрова – на более поздние; 2) увеличивается эффективное атмосферное увлажнение в апреле и октябре, что сказывается прежде всего на величине зимнего меженного стока, так как кривая зимнего спада стока становится несколько выше и смещается на более поздние сроки; 3) при уменьшении температуры воздуха в весенние и летние месяцы испарение несколько уменьшается, что может компенсировать наблюдаемое в некоторых случаях уменьшение эффективного атмосферного увлажнения; 4) в осенние месяцы при повышении температуры воздуха возрастает испарение, частично компенсирующее увеличение атмосферного увлажнения [5].

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ No. 13-05-98045 p_сибирь_a и ТПУ VIU_VAF_144_2014.

Выводы

Во второй половине XX века – начале XXI века в таёжной зоне Западной Сибири вне участков явного антропогенного воздействия происходило статистически значимое увеличение подземной составляющей речного стока и уровней подземных вод верхней гидродинамической зоны в зоне избыточного увлажнения. Как показали статистический анализ гидрометеорологической и гидрогеологической информации и математическое моделирование формирования водного баланса в бассейнах средних рек, указанное увеличение подземного стока удовлетворительно объясняется смещением сроков установления снегового покрова и снеготаяния, снижением испарения с поверхности водосборов при уменьшении температур воздуха в летний период и увеличением температуры в остальные месяцы года даже при отсутствии изменений годового атмосферного увлажнения. В целом изменение климатических условий является приоритетным фактором изменения среднесезонного водного стока в таежной зоне Западной Сибири по сравнению с возможным антропогенными и/или природными изменениями лесистости и заболоченности водосборов.

Литература

1. Ковалевский В.С. Влияние изменения климата на подземные воды // Водные ресурсы. 2007. №2. С. 158-170.
2. Лыготин В.А., Савичев О.Г., Макушин Ю.В. Многолетние изменения среднесезонных и среднегодовых уровней и температуры подземных вод верхней гидродинамической зоны в Томской области // Геоэкология. 2010. № 1. С. 23-29.
3. Региональный мониторинг. Ч. 4. Природно-климатические изменения / Под ред. М.В. Кабанова. // Томск: МГП «РАСКО», 2000. 270 с.
4. Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области // Томск.: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2010. 248 с.
5. Савичев О.Г. Математическое моделирование формирования водного стока рек Западной Сибири // Инженерные изыскания. 2012. № 8, С. 40-48.
6. Савичев О.Г., Бернатонис П.В., Бернатонис В.К. Гидрологическое обоснование хозяйственного освоения торфяных болот (на примере водосбора реки Ключ, Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. 2012. № 1, С. 155-162.
7. Савичев О.Г., Лыготин В.А., Камнева О.А. Многолетние изменения гидрогеодинамического режима подземных вод Обского бассейна // Разведка и охрана недр. 2011. № 11. С. 32-35.
8. Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. Т.1 // М.: Научный мир, 2006. 696 с.
9. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles // Journal of Hydrology, 1970, 10 (3), p. 282-290.
10. Shiklomanov A.I., Lammers R.B., Lettenmaier D.P., Polischuk Yu.M., Savichev O.G., Smith L.G. Hydrological Changes: Historical Analysis, Contemporary Status, and Future Projections. Ch. 4 // Environmental Changes in Siberia: Regional Changes and their Global Consequences / eds. Groisman and Gutman // Springer, 2013. p. 111-154.

11. Zemtsov V.A., Savichev O.G. Resources, regime and quality of surface waters in the Ob River basin: history, current state and problems of research // International Journal of Environmental Studies. 2015. № 3. DOI:10.1080/00207233.2015.1019299.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЭМИССИЯ ПРИ ДЕГИДРАТАЦИИ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

В.Н. Сальников, В.К. Попов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: salnikov-40@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены закономерности генерирования электромагнитного излучения в широком диапазоне радиочастот минералов горных пород при нагревании образцов в вакууме от 20° С до 1000° С. Приведены примеры корреляции электромагнитной эмиссии с электропроводностью, термолюминесценцией, термографическим анализом при физико-химических процессах, развивающихся вследствие диагенеза, катагенеза и метagenеза.

Abstract. This article examines patterns of generating electromagnetic radiation in a wide range of radio frequencies, minerals rocks when heated in a vacuum samples from 20° with up to 1000° s. are examples of electromagnetic emission correlation with electric conductivity, termolûminescenciej, termograficeskim analysis in physical-chemical processes, developing as a result of diagenеза, katagenеза and metagenеза.

В 1970 г. при кафедре физики твердого тела электрофизического факультета (ФТТ ЭФФ) Томского политехнического института был сформирован геолого-физический отряд. Начальником был назначен ассистент кафедры ФТТ Сальников В.Н. В летнем полевом сезоне 1971 г., под руководством профессора А.А. Воробьева на Алтае и руднике «Коммунар» на переменных аномалиях естественного поля (ЕП) были проведены первые измерения импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭПЗ). Установлено, что аномальным значением интенсивности электромагнитных импульсов (ЭМИ) обладают контакты горных пород, сульфидные зоны. Суточный ход естественного импульсного электромагнитного поля Земли имеет ряд минимумов и максимумов. Разряды в горных породах возникали в результате сейсмических колебаний, тектонических движений, камнепадов и при буровзрывных работах [3]. «Земное электричество производит бури, которые разрушают внутреннее строение нашей Земли точно так же, как в атмосфере приводят в беспорядок воздушное пространство...» - высказанная гипотеза была разработана Жоржем Дари в 1885 году и вновь возрождена А.А. Воробьевым в 1970 году.

Какие же физико-химические процессы, кроме образования трещин при разрушении горных пород, вследствие землетрясений, приводят к электромагнитной эмиссии в оболочках Земли? Такая задача была поставлена, и в 1971 году был составлен план лабораторных исследований, направленных на возможность установление электромагнитной эмиссии при нагревании горных пород и минералов вследствие возникновения в них физико-химических процессов. В лаборатории Физики диэлектриков и полупроводников (ЭДИП) Сальниковым В.Н. со студентами была собрана схема к уже функционирующей установке по электропроводности для измерения электромагнитного излучения при нагревании природных и искусственных диэлектриков в вакууме при температурах от 20°С до 1000°С синхронно с электропроводностью и отдельно. В настоящее время установки располагаются в лаборатории «Природно-техногенные электромагнитные системы» 1 корпуса Института природных ресурсов ТПУ. Методология и методы исследований

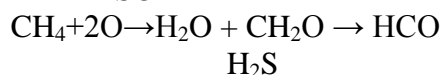
электрофизических свойств минералов и горных пород приведены в монографии [1]. Установлено влияние дегидратации, декрепитации, выделения накопленной энергии, полиморфных превращений и возраста на температурную зависимость электропроводности и электромагнитной эмиссии горных пород и некоторых минералов (рис. 1, 2, 3).

Получены экспериментальные результаты по измерению электропроводности образцов мусковита при нагревании и охлаждении в интервале от 20°С до 1000° С. Установлены колебания электропроводности и синхронно возникновения импульсного электромагнитного излучения в диапазоне радиочастот от 247,5 кГц до 35,8 мГц. Изменения электропроводности и максимумы электромагнитной эмиссии совпадают с температурами парообразования слабосвязанной воды около 100° С, электрической активностью центров на поверхности слюд (20-450° С), температурами кристаллизации мусковита в гидротермальном процессе от 480-160° С, фазовых переходов 550-590° С и выделением конституционной воды (780-800-1000° С) (рис. 2).

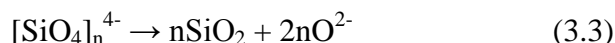
Кроме трех известных типов воды в кристаллах: конституционной, кристаллизационной и адсорбированной, Н.П. Ермаков (1972 г.) предлагает выделить четвертый тип, плененный или маточной воды, геометрически замкнутой в порах минералов. Удаление этой воды с помощью нагревания при разрушении включений (дегидратация) приводят к значительному снижению объемного веса минералов и к значительным потерям при прокаливании. Установлено, что электромагнитная эмиссия в нагреваемых образцах кварца, ортоклаза, слюд и горных породах, содержащих эти минералы, регистрируется вследствие отделения минералообразующих растворов. Отделения их приводят к возникновению в минералах объемного заряда, поляризации, импульсному изменению величины тока в интервалах температур минералообразования и рудообразования (рис. 3).

Эффекты самоорганизации, приводящие к образованию структур различной природы, упорядоченных во времени, возникают при протекании некоторых нелинейных химических реакций в литосфере при метасоматозе, метаморфизме и гидротермальном процессе. Здесь скорость образования продуктов реакции нелинейным образом зависит от концентраций реагирующих компонентов. При анализе гидрогеологических следствий катагенеза осадочных пород, особый интерес привлекает мезокатагенез (МК1-МК3). Это своеобразный природный «термический котел», в котором в интервале температур от 80 до 160° С происходят глубокие преобразования минеральных и органических веществ при активном участии водных растворов [2].

При изучении физико-химических условий рассматриваемой зоны катагенеза встает вопрос об источнике кислорода, необходимого для окисления органических веществ, например, по реакциям:



Важную роль в рассматриваемых физико-химических процессах играет кремнезем. Особое внимание привлекает тот факт, что в подземных водах нефтегазоносных бассейнов, контактирующих с нефтяными месторождениями, наблюдается резкий дефицит кремнезема, а вмещающие породы подвергаются окварцеванию. При региональном катагенезе пермских и каменноугольных отложений Кузбасса вторичный кварц появляется с этапом МК1-МК2 и широко развит для более поздних этапов катагенеза:

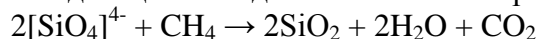


Так как одновременное протекание реакций 3.1-3.3 происходит с участием общего элемента – кислорода, и его выделение по реакции 3.3 способствует окислению рассеянного органического вещества (РОВ), то можно говорить о сопряженных реакциях, когда существует взаимообусловленность превращений в минеральных и органических веществах (уравнение 3.1, 3.2). Кремнекислородный тетраэдр превращается в уголковую молекулу SiO_2 , согласно механизму окварцевания горных пород, образуя геохимические барьеры для углеводородных газов. В процессе катагенеза силикатных пород возникает экзoeлектронная эмиссия, сопровождающаяся и акустической эмиссией. Для описываемых условий катагенеза процессы взаимодействия углеводородов и силикатов выступают как главный фактор. В геохимии нефти и газа достаточно полно показано, что при термokatалитической деструкции органического вещества велика роль минеральных катализаторов, активность которых обусловлена присутствием ионов алюминия, железа, кремнезема и кислым характером межслоевой воды в минералах (Хант, 1982; Тихомиров, 1978; Динисенко, 1974 и др.).

С энергетической точки зрения возможность реакций взаимодействия углеводородов с силикатами обусловлена тем, что энергия разрыва связей Si-O и O-H соответственно равна 224 и 462 кДж/моль и эквивалентна энергетическому уровню преобразования углеводородов:

- $\text{CH}_3\text{—H}$ (453 кДж/моль),
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{—H}$ (407,4 кДж/моль),
- $\text{CH}_3\text{—R}$ (252 кДж/моль).

Физико-химический анализ показывает, что между углеводородами и породообразующими силикатами самопроизвольно протекают реакции, сопровождающиеся выделением тепла в пределах 4804,8 кДж/моль, по типу:



При осуществлении таких реакций интенсивно выносятся кислород до 10...20%. Одна тонна углеводородов может преобразовать около 10 м³ горных пород (Динисенко, 1974). Благодаря этому на путях миграции углеводородов происходит обеление пород, встречаемых в Кузбассе. Свежеосажденный кремнезем легко взаимодействует с водными растворами гидроксидов щелочных металлов с образованием вторичных силикатов на поздних этапах катагенеза.

При исследовании температурной зависимости электропроводности эксперименты показали, что экспоненциальная зависимость электропроводности от температуры в сложных соединениях, таких как минералы и горные породы, не соблюдается (рис. 1). Какие же причины приводят к несоблюдению температурной зависимости электропроводности минералов и горных пород.

Отклонение проводимости минералов и горных пород от экспоненциального закона, за счёт изменения числа носителей (n) и температуры (T) экзотермических и эндотермических реакций, может быть вызвано следующими причинами:

- Испарение слабосвязанной и полусвязанной воды (сушка) при 0-420° С;
- Дегидратация при более высоких температурах (отделение цеолитной и конституционной воды) $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}] \times [\text{FOH}]_2 \rightarrow \text{AlSi}_3\text{O}_5$;

мусковит
муллит
- Разрушение газово-жидких включений в минералах (декрепитация);
- Окислительно-восстановительные реакции, сопровождающиеся экзотермическими и эндотермическими эффектами;
- Явление пиропьезоэффекта, обуславливающее поляризацию диэлектрика;
- Полиморфные превращения, например, переход α -кварца в β -кварц при 573° С.

– Природное облучение, ведущее к накоплению энергии на дефектах минералов и выделение запасённой энергии при нагревании в виде света (ТЛ), тепла, импульсного электромагнитного излучения в радиодиапазоне частот. Дефекты по Шотки и Френелю;

– Искусственное облучение заряженными частицами, гамма, рентгеном и др. лучами ведущее к образованию электрентного состояния;

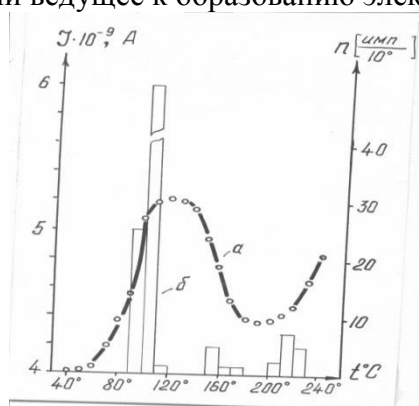


Рис. 1. Температурная зависимость интенсивности электромагнитных импульсов (а) и изменение величины тока (б) в интервале слабосвязанной воды (гранит, обр. 715-М, Шиндинский массив.

– Образование новой фазы в матрице гетерогенной системы диэлектрика, образование и распад твёрдых растворов, например, $\text{NaCl} + \text{KCl} + t = \text{твёрдый раствор}$.

Рассмотрим модельные ситуации появления аномалий проводимости на зависимости $\sigma = f(T^\circ)$ или $\lg \sigma = f\left(\frac{1}{T}\right)$. Аномалии проводимости имеют место при нагревании диэлектриков, как в области примесной проводимости, так и собственной проводимости, обусловленной основными ионами кристаллической решетки. Напомним, что аналитически зависимость электропроводности от температуры записывается:

$$\sigma_v = A e^{-\frac{W}{kT}}, \text{ где } A = \frac{nq^2\delta^2}{6kT} v; \quad \sigma = \frac{nq^2\delta^2}{6kT} v \cdot e^{-\frac{W}{kT}}$$

При нагревании диэлектрика, в котором отсутствуют фазовые переходы первого и второго рода, заряд (q) – постоянный; подвижность ионов (параметр решетки) δ и их количество (n) незначительно изменяются с увеличением температуры (T); частота колебаний (v) частиц практически не меняется до температуры плавления.

Может измениться энергия активации при переходе от примесной проводимости к собственной (рис. 1). При фазовых переходах первого рода в диэлектрике может возникнуть ряд ситуаций, при которых количество носителей заряда (q) начинает расти или уменьшаться с ростом температуры по кривой, имеющей максимум или минимум. В то же время температура при экзо-, эндотермических реакциях может возрасти или уменьшиться в образце по кривой, имеющей точки экстремума на фоне общего роста температуры, регистрируемой по прибору от термопары, вмонтированной в нижний электрод или даже в сам образец, то есть температуры в предэкспоненциальном члене (обозначим ее T_1 и степенном члене (T_2) не равны и экспериментально такую «ошибку» в твердом теле замерить пока невозможно. Это удастся сделать только в расплавах при их затвердевании, когда термопара находится непосредственно в жидкой матрице, но при таком фазовом переходе температура вещества остается постоянной.

При химических же реакциях мы имеем дело с автоколебательным процессом, обусловленным количеством реагирующего вещества во времени, то есть интенсивность реакции со временем или ростом температуры нарастает, затем, переходя через экстремум, убывает. Температура изменяется в зависимости от того, идет ли реакция с поглощением тепла или с выделением. Перераспределение тепла в образцах, дополнительно к нагреваемым печам или наоборот его поглощение системой, идет также по кривой или с максимумом, или с минимумом. Поэтому в формулу

электропроводности, согласно тому или иному физико-химическому процессу (относящемуся к фазовому переходу первого рода), целесообразно подставить вместо n или T_1 в предэкспоненциальном члене нормальный или Гауссов закон распределения (Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Часть I. Случайные процессы. М.:Наука, 1978. – 494 с.).

Речь идет о модельных ситуациях электропроводности, а реальная ситуация может быть сложнее и не подчиняться Гауссову закону распределения в момент фазового перехода. В математической схеме задачи Бернулли имеется ряд конкретных вопросов, которые могут служить модельными ситуациями при описании электропроводности в отрезок времени проявления фазового перехода I-го рода: дробовой эффект в вакууме; случайные блуждания; флуктуации интенсивности.

Девять случаев отклонения температурной зависимости электропроводности от экспоненциального закона впервые были представлены В.Н. Сальниковым в работе [1].

Рассмотрим ряд ситуаций, характерных для фазовых переходов 1-го и 2-го рода с учетом нормального распределения, исходя из задачи по дробовому эффекту в вакууме. Следует отметить, что кроме двух переменных n и T , записанных через функцию $f(x)$, в реальной ситуации идёт смена энергии активации носителей заряда (W) и изменение параметра решётки (δ):

$$\sigma = \frac{ng^2 \cdot \delta^2}{6kT} v \cdot e^{-\frac{W}{kT}}$$

В интервалах физико-химических процессов возникает интенсивная поляризация вследствие накопления объёмного заряда в образце и образования электретного состояния. Эксперименты позволили полагать, что релаксация объёмного заряда в результате проводимости осуществляется по трём законам одновременно:

1. $\sigma_0 = Ae^{-\frac{W}{kT}}$, проводимость по закону Ома в слабых внутренних полях между скоплением дефектов;

2. $\sigma_{\Pi} = \sigma_0 e^{\alpha E}$, по закону Пуля в полях средней напряженности;

3. $\sigma_{\Phi} = \sigma_0 e^{\beta \sqrt{E}}$, по закону Френкеля в полях высокой напряженности.

При нагревании диэлектрика в постоянном слабом электрическом поле или даже без приложенного напряжения реализуются все три закона в разном процентном соотношении в зависимости от флуктуации дефектов: $\sigma_d = \sigma_0 + \sigma_{\Pi} + \sigma_{\Phi}$. После преобразования получим:

$$\sigma_d = Ae^{-\frac{W}{kT}} * (1 + e^{\alpha E} + e^{\beta \sqrt{E}})$$

Выражение в скобках является ответственным за генерацию импульсного электромагнитного излучения при релаксации объёмного заряда в возбуждённом минерале.

σ_d – проводимость диэлектрика; A – коэффициент (предэкспоненциальный член); α – коэффициент Пуля; β – коэффициент Френкеля; W – энергия образования и дрейфа дефекта (энергия активации); E – напряжённость внутреннего электрического поля в диэлектрике между скоплением дефектов. При стремлении второго и третьего членов к нулю, интенсивность электромагнитного излучения минимальна. Вследствие роста объёмного заряда второй и третьей члены увеличиваются до бесконечности. В этом случае интенсивность ЭМИ максимальна.

Образование и разрушение комплексов дефектов всегда сопровождается нейтрализацией определённого количества зарядов ΔQx в образце диэлектрика при его нагревании.

Поэтому потенциал f между разноимёнными дефектами и их комплексами падает на Δf и для его восстановления требуется дополнительный заряд ΔQx . Значение

напряжённости внутреннего электрического поля между комплексами дефектов достигает -106 В/см.

Для единственного акта нейтрализации:

$$\Delta f = \frac{\Delta Q_x}{C_x}, \quad \text{где } C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

C_x – ёмкость двух пластин слюды или граней кристалла или образца с дефектами; S – площадь пластин; d – расстояние между пластинами; ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды; E_0 – диэлектрическая постоянная.

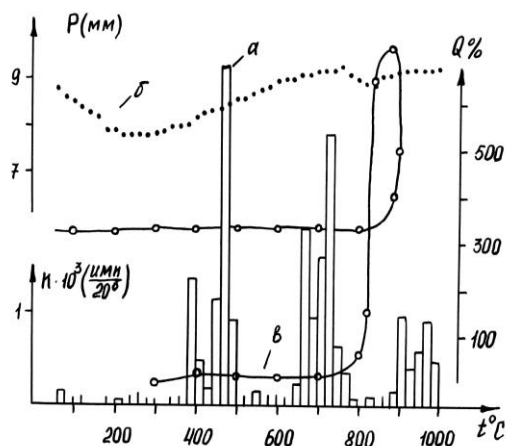


Рис. 2. Температурная зависимость интенсивности электромагнитных импульсов (ЭМИ) слюды мусковита месторождения Согдиодон: а - интенсивность ЭМИ; б - изменение вакуума в системе при измерении ЭМИ, (по работам Сальникова В.Н.); в - всучивание слюды при потере цеолитной и конституционной воды по данным работы Е.К. Лашева, 1948

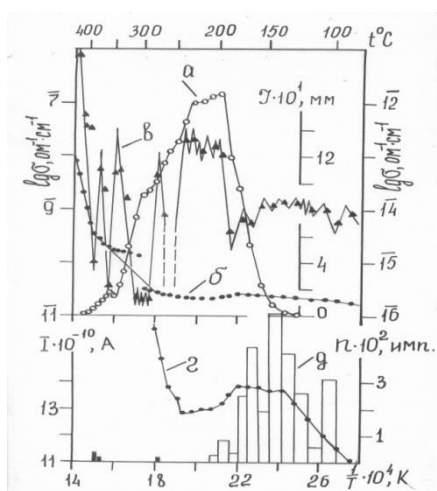


Рис. 3. Взаимосвязь электропроводности с термолюминесценцией образцов микроклина. а – термолюминесценция; б – зависимость электропроводности при нагревании; в – то же при охлаждении после нагревания до 800°C ; г – изменение тока проводимости при нагревании; д – интенсивность электромагнитных импульсов в диапазоне частот 0,15-30МГц

Так, например, в мусковите при нейтрализации происходит мгновенное увеличение ёмкости C_x между электродами, в которых находится диэлектрик (рис. 2). При вспучивании слюды во время отделения конституционной воды, при расщеплении её происходит уменьшение ёмкости C_x между пластинами слюды и увеличение потенциала f и напряжённости электрического поля (E).

Предполагается, что напряжённость внутреннего поля (ЕВП), созданная адсорбированными на дефектах зарядами, изменяется согласно выражению:

$$E_{ВН} = E_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

E_0 – напряжённость внутреннего поля, созданная адсорбированными зарядами в зазоре между дефектами или противоположными поверхностями пор в момент прекращения эмиссии (разряда); t – время разряда (эмиссии или квантовой диффузии); τ – постоянная времени стекания адсорбированных на дефектах зарядов, то есть Максвелловское время диэлектрической релаксации.

Время диэлектрической релаксации зависит от удельного объёмного сопротивления ρ_v и диэлектрической проницаемости ϵ : $\tau = \rho_v \epsilon$ или $\tau \frac{\epsilon}{\sigma_v}$

Формула показывает, что время релаксации объёмного заряда (то есть время удерживания его диэлектриком) тем больше, чем меньше электропроводность и больше диэлектрическая проницаемость, которая равна отношению ёмкости конденсатора, заполненного диэлектриком C к ёмкости конденсатора C_0 , между пластинами которого находится вакуум. Тогда формула имеет вид: $\tau = \frac{C}{C_0 \sigma_v}$

Релаксация объёмного заряда может протекать как за счёт медленного рассасывания вследствие проводимости, так и вследствие быстрой релаксации, которая сопровождается электрическим пробоем, холодной эмиссией, индуцированной эмиссией, генерацией электромагнитных сигналов (рис. 4, 5).

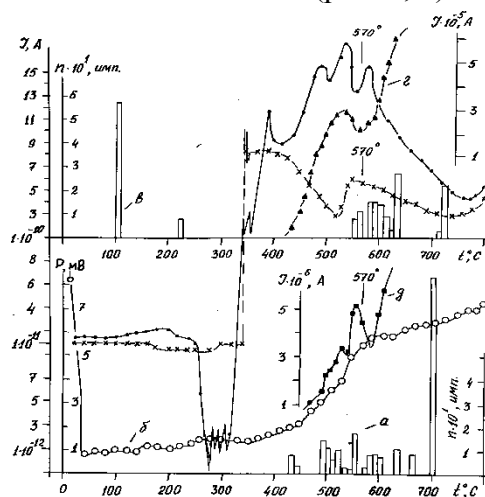


Рис. 4. Температурная зависимость электромагнитной эмиссии, тока проводимости и термостимулированного тока (ТСТ) при нагревании и охлаждении образца кварца.

Примечание: -·-·- - изменение ТСТ при нагревании образца; -х-х-х- - изменение ТСТ при охлаждении; а – ЭМИ при нагревании; б – интенсивность газоотделения при нагревании; в – ЭМИ при охлаждении; г – изменение тока проводимости при нагревании образца кварца в области α - β -перехода; д – изменения тока проводимости при охлаждении.

Месторождение Сора (Хакасия)

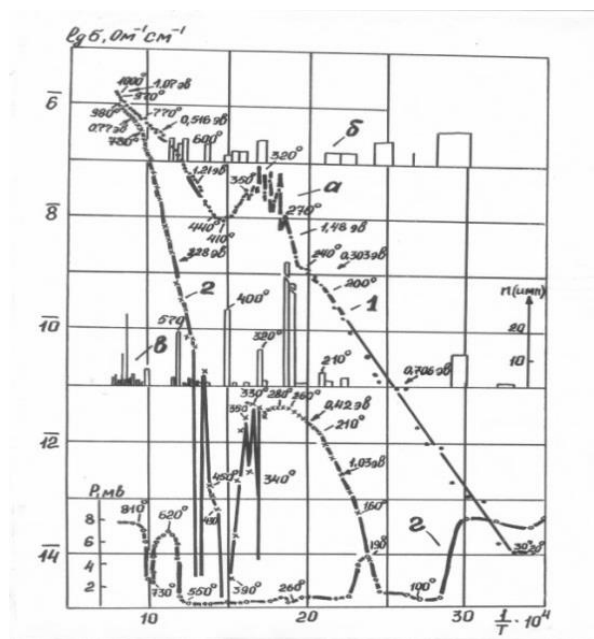


Рис. 5. Взаимосвязь электрофизических характеристик кварца, облученного электронами 1 час, $E=1,5$ МэВ, $j=0,2$ МкА/см²: а – электропроводность при нагревании (1) и охлаждении (2); б – декрептоактивность; в – температурная зависимость интенсивности ЭМИ; г – изменение вакуума в системе при газоотделении образца (Сорский карьер)

На основании экспериментов по электропроводности, электромагнитному излучению и дифференциального термического анализа (ДТА) карбонатных пород Янгояхинского рудного поля и палеозойских отложений газонефтяных месторождений Томской области нами установлена стадийность процесса декарбонатизации, которая также может быть использована для определения условий минералообразования и диагенеза. На кривых ДТА известняков наблюдается один минимум при 960°C, обусловленный распадом CaCO_3 на CaO и CO_2 . Для доломита характерны два минимума: первый, связанный с распадом твердого раствора $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ на CaCO_3 и MgCO_3 , который, в свою очередь, распадается на MgO и CO_2 (780 °C); второй возникает за счет распада CaCO_3 на CaO и CO_2 (рис. 6).

По результатам исследования установлено, что для всех образцов синтетического и природного кварца, мусковита, а также у топаза, флюорита и касситерита при приближении к температуре $T=100^\circ\text{C}$ регистрируется электромагнитная эмиссия с интенсивностью импульсов $N_{\text{РЭМИ}}=10^2 \div 10^3$ имп. Данный эффект, обнаруженный при нагревании мусковита и горных пород, объяснялся отделением слабосвязанной (адсорбционной), цеолитной и конституционной воды. В качестве механизмов, ответственных за электромагнитное излучение в этом случае, авторы предлагают трещинообразование при разрыве адгезионных и когезионных связей и флуктуации дефектов: вакансий, междоузельных ионов, центров окраски, дислокаций, пустот, границ зерен и пр.

Прежде всего, при изучении температурных изменений интенсивностей электромагнитной эмиссии и акустической эмиссии в интервале отделения адсорбционной воды, важно отметить отсутствие акустического сигнала. Данный факт свидетельствует в пользу механизма генерирования электромагнитной эмиссии за счет электронно-дырочных процессов вследствие разрушения адсорбционных центров на основе продуктов диссоциации воды. Методами оптической и ЭПР спектроскопии установлена значительная роль ионов H^+ и группы OH^- в образовании таких

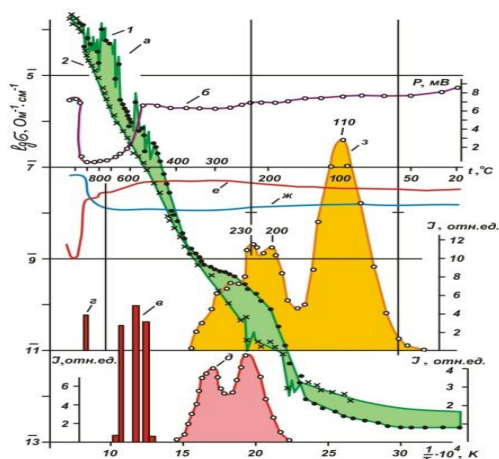


Рис. 6. Температурная зависимость электропроводности образца известняка (а): 1) нагревание; 2) охлаждение; изменение вакуума в системе (б); электромагнитные импульсы при нагревании (в); электромагнитные импульсы при охлаждении (z); природная термолюминесценция (д); дифференциальный термографический анализ (е); дифференциальный термографический анализ потери веса (ж); гамма-термолюминесценция (обр. 1052) (z)

электронно-дырочных центров в кварце, как E_2' с предцентром $-\text{Si}-\text{NH}-\text{O}-\text{Si}-$ и центра дымчатой окраски AlO_4^{4-} с предцентром AlO_4^{5-} (H^+), где H^+ выступает в роли иона компенсатора и не диффундирует к электронным ловушкам при радиационном разрушении или термическом преобразовании предцентра, изменяя зарядовое состояние микрообъема. На данный эффект может оказывать влияние преобразование структуры кварца за счет низкотемпературных фазовых переходов S_1 и S_2 модификаций β_1 тридимита, содержащегося в малых количествах в матрице α -кварца. Температура устойчивости S_1 -модификации $60-75^\circ \text{C}$, а $S_2 - 115^\circ \text{C}$.

Применение электрофизических методов позволяет уточнить кинетику процесса распада твердых растворов и рекомендовать новый способ определения температур геологических процессов. Комплексный анализ электрофизических свойств карбонатных пород, определения различных стадий и этапов литогенеза позволят расшифровать историю образования и преобразования пород. Выявление закономерностей эволюции карбонатного вещества при воздействии теплового и электрических полей при помощи электрофизических методов можно использовать для разделения и корреляции карбонатных толщ палеозоя нефтегазовых месторождений.

Литература

1. Арефьев К.П., Заверткин С.Д., Сальников В.Н. Термостимулированные электромагнитные явления в кристаллах и гетерогенных материалах/Под ред.М.В. Кабанова. - Томск: STT, 2001.- 400с.
2. Попов В.К. Геохимия подземных вод юго-восточного обрамления Западно-Сибирского мегабассейна: автореф. дисс. докт.геол.-мин. наук. – Тюмень, 1998. – 192 с.
3. Сальников В.Н. Физика твердого тела на службе геологии / Материалы научно-практ. конфер. Том II- История становления Сибирской геол. школы и геологических исследований. - Томск: Изд-во ТПУ.-2008.-С.402-410.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ОКЕАНА

С.М. Судариков, М.В. Змиевский

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия,
E-mail: sergei_sudarikov@mail.ru*

Аннотация. Результаты корреляционного и регрессионного анализа состава высокотемпературных гидротерм Океана говорят о наличии растворов как с высокой, так и с пониженной относительно морской воды минерализацией. Положительная корреляция рудных компонентов с хлорид-ионом, и отрицательная – с величиной pH, может свидетельствовать о переносе компонентов в кислых гидротермальных растворах в форме хлоридных комплексов. Сероводород связан значимой положительной зависимостью с металлами, что говорит о восстановительных условиях. Это подтверждается и тесной связью рудных компонентов с водородом. Перенос металлов преимущественно в форме хлоридных комплексов при высоких температурах подтверждается результатами термодинамического моделирования. Метан характеризуется отрицательной зависимостью от температуры и концентраций рудных компонентов, связан положительной зависимостью с pH и отрицательной - с сероводородом. Эти зависимости свидетельствуют против абиогенной теории поступления метана в гидротермальные растворы. Геохимические показатели, наиболее перспективные для поисков новых рудных залежей и организации геохимического мониторинга при освоении открытых месторождений: Cl, Fe, Mn, Eh, pH, H₂S, CO₂, H₂ и, возможно, CH₄.

Abstract. The results of correlation and regression analysis of the composition of high-temperature hydrotherms of the Ocean indicate the presence of solutions with both high and low salinity with respect to seawater. Positive correlation of ore components with the chloride ion and negative – with the pH value may indicate the migration of components in acidic hydrothermal solutions in the form of chloride complexes. Hydrogen sulfide is associated with the significant positive correlation with metals, which indicates reducing conditions. This is confirmed by the close relationship of ore components with hydrogen. The transfer of metals mainly in the form of chloride complexes at high temperatures is confirmed by the results of thermodynamic modeling. Methane is characterized by a negative temperature dependence and concentrations of ore components, is associated with positive dependence with pH and negative - with hydrogen sulfide. These dependencies testify against abiotic theory of income of methane in hydrothermal solutions. Geochemical indicators, the most promising for the discovery of new ore deposits and the organization of geochemical monitoring during the development of discovered fields: Cl, Fe, Mn, Eh, pH, H₂S, CO₂, H₂ and possibly CH₄.

Введение

К настоящему времени открыто более 450 гидротермальных полей в различных районах Океана. Известные проявления активной гидротермальной разгрузки на океанском дне приурочены к рифтовым зонам, входящим в систему срединно-океанических хребтов, активным океаническим окраинам островодужного типа, отвечающим, соответственно, дивергентным и конвергентным границам крупных литосферных плит и областям внутриплитного вулканизма [1-6, 10, 11].

В октябре 2012 г. между Российской Федерацией и МОМД ООН был подписан контракт на проведение поиска и разведки полиметаллических сульфидов в Международном районе морского дна в течение 15 лет. Россия стала обладательницей эксклюзивных прав на изучение и дальнейшее освоение месторождения ГПС в пределах Российского разведочного района (РРР–ГПС) на Срединно-Атлантическом хребте (12°48'36"—20°54'36"с.ш.).

Выполнение работ по данному контракту требует повышения эффективности поисковых и оценочных работ. Для этого, в частности, необходимо переосмыслить существующие представления о формировании гидротермальных рудообразующих растворов с учетом многочисленных новых данных по результатам гидрохимического опробования последних лет.

Авторы статьи принимают участие в работах, сопровождающих выполнение контракта, занимаясь разработкой и совершенствованием гидрогеохимических методов поисков активных гидротермальных полей на океанском дне. В представляемой статье, являющейся частью исследования, использованы данные авторов, полученные в русских и международных экспедициях [2, 5, 6, 8], а также все доступные литературные данные по составу опробованных субмаринных источников гидротермальных районов Океана [2, 5, 6, 8, 9, 10, 11]. В специально созданной базе геохимических данных рассматривалось 525 первичных анализов минеральной и газовой составляющей гидротермальных растворов. Достоверность полученных результатов обеспечивалась представительностью выборок (в среднем около 70 переменных).

Районы современной гидротермальной деятельности и геохимические особенности субмаринных терм

Величина общей минерализации растворов, обычно контролируемая концентрацией хлор-иона, в большинстве случаев близка к минерализации морской воды. Среди высокотемпературных растворов ($>200^{\circ}\text{C}$) встречаются как заметно распресненные (в 2 – 3 раза) до слабых рассолов, значительно превышающих соленость морской воды. Эти наблюдения отражаются на характере регрессии $[\text{Cl}]/T^{\circ}\text{C}$ при незначительном положительном тренде (рис. 1), что свидетельствует о неоднозначном влиянии температуры гидротермальных растворов на изменение их хлорности.

Максимальная температура, измеренная в источниках гидротермальных полей, близка к 420°C , а концентрации Mg и сульфат-иона в высокотемпературных растворах резко понижены и часто близки к аналитическому нулю.

Современные представления о формировании океанских терм, базирующиеся на результатах многочисленных экспериментальных исследований и модельных расчетов, приводят к выводу об образовании в недрах гидротермальных систем бессульфатных и лишенных магния вод "end members" – конечных гидротермальных растворов (КГР), исходных для всех опробуемых на поверхности дна горячих источников [5,6,10, 11].

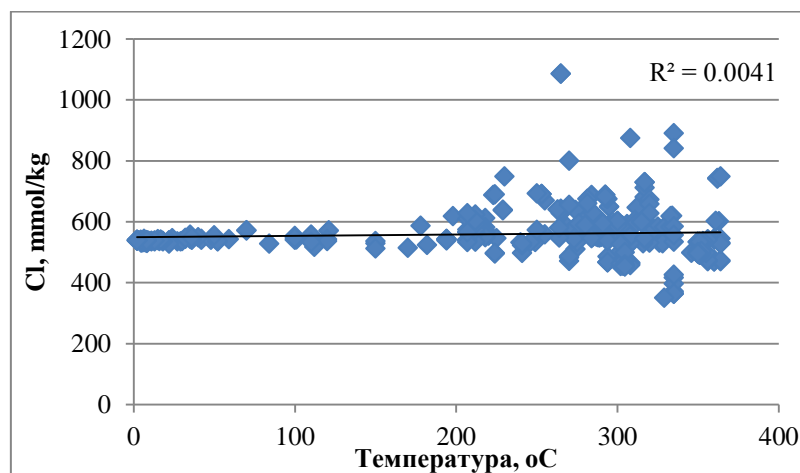


Рис. 1. Зависимость $[\text{Cl}]/T^{\circ}\text{C}$ по данным опробования гидротермальных растворов Океана (без пересчета на КГР)

Для сопоставления состава гидротермальных растворов различных участков и исключения влияния разбавления флюидов морской водой при опробовании принято рассчитывать условный состав КГР с использованием регрессионной модели. Однако, к геохимическим построениям на основе таких расчетных данных следует относиться с осторожностью. Колебания состава гидротермальных растворов могут быть связаны не только с разбавлением морской водой, но, в значительно большей степени и с крайне неравновесным характером гидротермальной системы. Прямыми наблюдениями доказаны наличия фазовых преобразований растворов в зонах разгрузки, формирование кратеров в результате «гидротермальных взрывов». Инструментально подтверждены колебания состава гидротерм в устьях источников. В предлагаемой работе использовались как первичные аналитические данные без пересчета на КГР (рис. 1), так и данные по КГР (рис. 2).

На рисунке 2 тенденция формирования растворов как с повышенной минерализацией, так и распресненных, в условиях высоких температур для КГР проявляется более ярко.

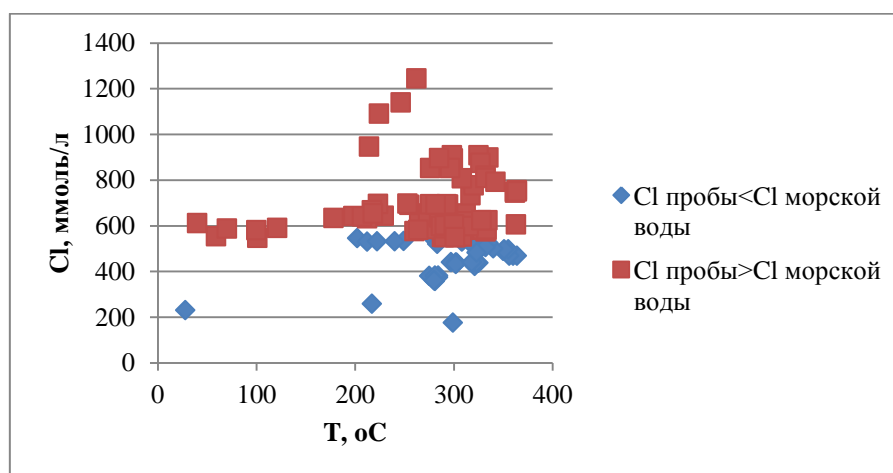


Рис. 2. Зависимость $[Cl]/T^{\circ}C$ по пересчитанным на КГР данным опробования гидротермальных растворов Океана

Данные о содержании сероводорода и CO_2 свидетельствуют о том, что значительные концентрации этих компонентов присущи гидротермальным растворам. Кроме того, в газовом и изотопном составе океанских терм обычно наблюдаются также повышенные содержания CH_4 , H_2 , He. По результатам расчета химического состава КГР проведен корреляционный анализ (табл.1) по наиболее полным данным по важнейшим показателям, в том числе концентрациям наиболее часто определяемых рудных компонентов и газов.

Положительная корреляция рудных компонентов с хлорид-ионом и отрицательная – с величиной pH свидетельствует о переносе компонентов в кислых гидротермальных растворах в форме хлоридных комплексов. Сероводород связан значимой положительной зависимостью с металлами, что говорит о восстановительных условиях, формирующихся в рудоносных гидротермальных растворах. Это подтверждается и тесной связью рудных компонентов с водородом.

Метан, в отличие от сероводорода, характеризуется отрицательной зависимостью от температуры и концентраций рудных компонентов. Кроме того, метан связан положительной зависимостью с pH и, наконец, отрицательной – с самим

сероводородом. Наблюдаемые зависимости свидетельствуют против абиогенной теории поступления метана в гидротермальные растворы при серпентинизации ультрабазитов, активно развиваемой в последние годы [9]. Отметим, что ранее мы уже отмечали отрицательную корреляцию сероводорода и метана в растворах Срединно-Атлантического хребта по результатам корреляционного анализа для четырех полей: Логачев, Рейнбоу, ТАГ и Брокен-Спур [6].

Таблица 1

Корреляционная матрица химического состава КГР Океана

	T°C	pH _{25°C}	Cl	Mn	Fe	H ₂ S	CO ₂	CH ₄	H ₂
T	1,00	-0,48	-0,15	0,01	0,02	0,46	0,28	-0,55	0,03
pH _{25°C}	-0,48	1,00	-0,31	-0,65	-0,55	-0,55	0,17	0,84	-0,63
Cl	-0,15	-0,31	1,00	0,89	0,89	0,54	-0,80	0,02	0,43
Mn	0,01	-0,65	0,89	1,00	0,97	0,52	-0,72	-0,30	0,67
Fe	0,02	-0,55	0,89	0,97	1,00	0,50	-0,64	-0,25	0,57
H ₂ S	0,46	-0,55	0,54	0,52	0,50	1,00	-0,14	-0,53	0,20
CO ₂	0,28	0,17	-0,80	-0,72	-0,64	-0,14	1,00	-0,21	-0,50
CH ₄	-0,55	0,84	0,02	-0,30	-0,25	-0,53	-0,21	1,00	-0,30
H ₂	0,03	-0,63	0,43	0,67	0,57	0,20	-0,50	-0,30	1,00

Обсуждение результатов

Наиболее популярная точка зрения на процессы, приводящие к формированию высокотемпературных гидротермальных растворов, основывается на предположении о существовании гидротермальной конвекционной системы. Она базируется на наличии источника тепла - магматической камеры, обеспечивающей конвекцию морской воды, а также трещиноватых магматических пород как проницаемой среды [2, 4, 7, 11]. По мере прохождения горячего флюида через толщу базальтов происходит их выщелачивание и вынос растворенных элементов (Li, K, Rb, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Co, Ni, As, и др.). В результате такого взаимодействия в воду привносятся $1,9 \times 10^9$ т в год SiO₂ и $2,6 \times 10^8$ т в год CaO [3], и одновременно из воды извлекаются Mg, Na и K. Таким образом, истекающий флюид в зоне разгрузки гидротермальной конвекционной системы – это продукт взаимодействия разогретой океанской воды с породами, слагающими океанскую кору.

Величина pH раствора определяет интенсивность выщелачивания металлов из вмещающих пород и формирование рудоносного флюида. В результате лабораторных исследований было установлено, что при разогреве морской воды с базальтом до 300⁰ С раствор становится кислым (pH = 3-4) и восстановленным [11]. Это приводит к резкому увеличению концентрации в флюиде таких металлов как Fe и Mn. В свою очередь, образованию H⁺ способствует осаждение из океанской воды Mg в составе вторичных силикатов или минеральной ассоциации, включающей MgSO₄ и Mg(OH)₂. Океанская вода теряет также сульфат-ион и обогащается металлами и Si.

Вторым после кислотности параметром вод, играющим важную роль в переносе Cu, Pb, Zn, является содержание хлорид-иона, обычно связанное с общей минерализацией. Связь высоких концентраций Cl⁻ и низких значений pH в гидротермальных растворах подтверждается результатами регрессионного анализа как для первичных аналитических данных (рис.3), так и для рассчитанных КГР (рис. 4).

Результаты корреляционного анализа свидетельствуют о высоких значимых отрицательных коэффициентах парной корреляции для $[Cl^-]$ и pH. Перенос металлов преимущественно в форме хлоридных комплексов при высоких температурах раствора подтверждается результатами проведенного нами термодинамического моделирования (рис. 5).

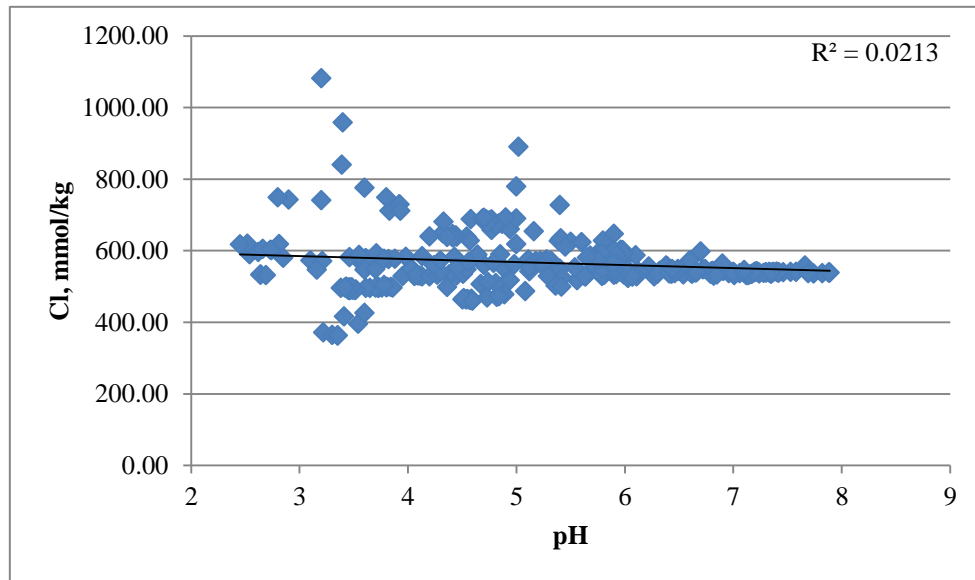


Рис. 3. Зависимость между концентрациями хлорид-иона и pH в гидротермальных растворах Океана (без пересчета на КГР)

Господствующая в настоящее время концепция формирования гидротерм этой провинции за счет высокотемпературного взаимодействия морской воды с породами в недрах гидротермальных систем без сколько-нибудь существенной примеси ювенильных компонентов базируется в первую очередь на многочисленных данных лабораторных исследований, обзор которых приведен М. Моттлом (1983). Эксперименты по нагреванию морской воды и ее взаимодействию с базальтами при условиях, воспроизводящих природные, показали, что снижение pH раствора, связанное с поглощением породой Mg, ведет к выщелачиванию ряда элементов (в том числе рудных) и формированию флюида, весьма близкого по составу к природным океанским термам.

Вариации состава гидротерм наблюдаются как при сравнении различных регионов, так и в пределах одних и тех же гидротермальных полей. Так, в осевой части ВТП в районе 11о - 13с.ш., отклонения общей минерализации гидротермальных растворов от таковой морской воды достигают 40 отн.%. На юге хр. Хуан-де-Фука встречены растворы с двукратно повышенной по отношению к морской воде минерализацией. Принимаемые в большинстве случаев для объяснения наблюдаемых отклонений минерализации механизмы гидратации пород коры и фазовой сепарации гидротермальных флюидов не могут претендовать на универсальность. Для района 11° - 13°с.ш. ВТП не наблюдается, например, связанных с колебаниями общей минерализации различий в газовом составе гидротерм, неизбежных в случае фазовой сепарации, хотя такие различия фиксируются на хр. Эндевор [2, 5, 10, 11].

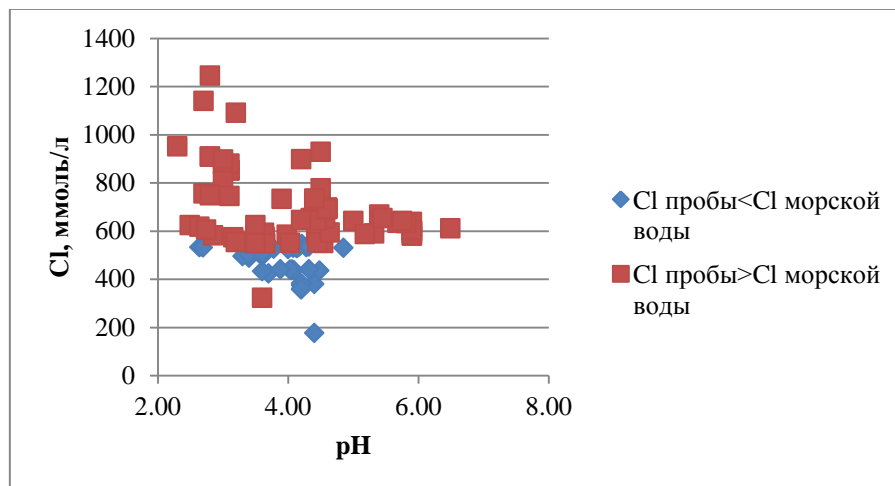


Рис. 4. Зависимость между концентрациями хлорид-иона и рН по пересчитанным на КГР данным опробования

Увеличение минерализации растворов до реально наблюдаемых значений за счет потерь воды при гидратации пород требует вовлечения во взаимодействие огромных объемов базальтов. Отношения масс реагирующей воды и породы должны быть около 0,1, что никак не согласуется с данными по отношениям вода/порода, получаемым другими методами. Обнаружение в осевых частях рифтовых океанических хребтов обогащенных натрием и хлором вторичных амфиболов [2, 5] позволяет объяснить формирование распресненных гидротерм также за счет связывания солей морской воды при ее взаимодействии с породой в условиях весьма высоких (более 500°С) температур. Последующее разложение тех же минеральных фаз может вызвать повышение минерализации растворов. Однако экспериментально подобные процессы пока не изучались.

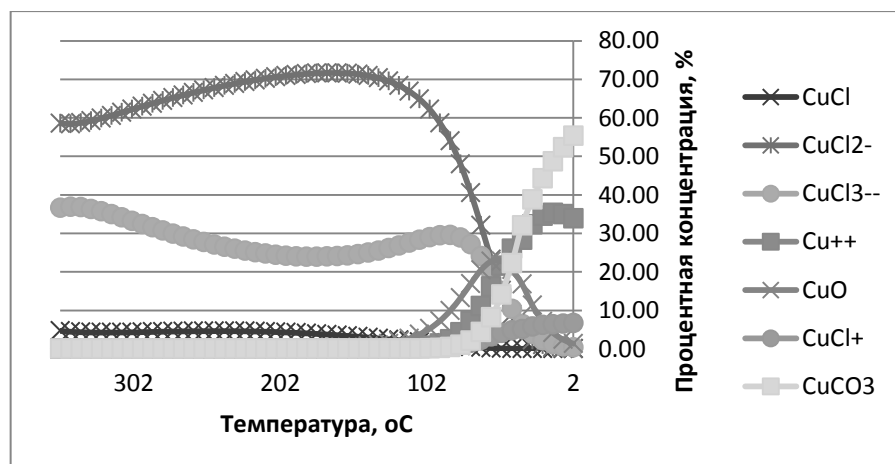


Рис. 5. Изменение соотношений форм водной миграции меди при понижении температуры в зоне разгрузки по результатам термодинамического моделирования

Наиболее приемлемый вариант объяснения различий в минерализации рудообразующих растворов дает модель двойной диффузионной конвекции [2, 5, 7]. Предполагается существование вблизи магматического очага под основной конвекционной ячейкой зоны циркуляции рассола, формирующегося за счет

дифференциации морской воды на контакте с магмой в моменты резкого раскрытия трещин. Фазовые превращения и смешение флюидов двух конвекционных ячеек в настоящее время наилучшим образом объясняют многообразие наблюдаемых процессов.

Свидетельством фазовой дифференциации океанских рудообразующих гидротерм является повышенная газонасыщенность наиболее слабо минерализованных растворов в некоторых районах океана. Теоретический анализ проблемы, неоднократно проводившийся разными, показывает, что при определенных условиях подобные процессы могут значимо влиять на рудообразование.

При давлениях ниже критического для морской воды, отвечающих глубинам менее 3 км, дифференциация может происходить путем кипения. При более высоких давлениях согласно экспериментальным данным и расчетам [2] достижение водой критического состояния сопровождается отделением от нее небольшого количества плотного высокоминерализованного флюида. Учитывая реальные значения глубин моря в океанических рифтах, легко понять, что в недрах рудообразующих гидротермальных систем океана дифференциация идет, как правило, по второму пути. Однако возможные эффекты, связанные с кипением, следует иметь в виду при рассмотрении процессов, происходящих вблизи поверхности дна, скажем, в окраинно-океанических условиях.

Проведенный анализ условий формирования гидротермальных рудообразующих флюидов Океана позволяет выделить геохимические показатели, наиболее перспективные как с точки зрения поисков новых рудных залежей, так и организации гидрогеохимического мониторинга при освоении уже открытых месторождений. С точки зрения возможности проведения гидрогеохимических наблюдений *in situ* такими показателями могут быть концентрации Cl, Fe, Mn, Eh, pH, H₂S, CO₂, H₂ и, возможно, CH₄. На следующем этапе исследований необходимо исследовать технические возможности определения этих показателей в наблюдаемых концентрациях.

Заключение

В результате проведенного исследования определены основные районы проявления активной гидротермальной разгрузки на океанском дне: рифтовые зоны системы срединно-океанических хребтов, активные океанические окраины островодужного типа. Показано, что в зоне разгрузки флюидов проявляется тенденция формирования растворов как с повышенной минерализацией, так и распресненных. Причиной служат процессы смешения гидротермальных растворов с морскими водами, гидратация пород коры и фазовая сепарация гидротермальных флюидов в недрах гидротермальных систем.

Положительная корреляция рудных компонентов с хлорид-ионом и отрицательная – с величиной pH может свидетельствовать о переносе компонентов в кислых гидротермальных растворах в форме хлоридных комплексов. Сероводород связан значимой положительной зависимостью с металлами, что говорит о восстановительных условиях, формирующихся в рудоносных гидротермальных растворах. Это подтверждается и тесной связью рудных компонентов с водородом. Метан, в отличие от сероводорода, характеризуется отрицательной зависимостью от температуры и концентраций рудных компонентов. Кроме того, метан связан положительной зависимостью с pH и, наконец, отрицательной – с самим сероводородом. Каждая из наблюдаемых зависимостей может свидетельствовать против абиогенной теории поступления метана в гидротермальные растворы.

С точки зрения возможности проведения гидрогеохимических наблюдений *in situ* показатели, наиболее перспективные как при поисках новых рудных залежей, так и организации гидрогеохимического мониторинга при освоении уже открытых месторождений, это: Cl, Fe, Mn, Eh, pH, H₂S, CO₂, H₂ и, возможно, CH₄.

Литература

1. Бутузова Г.Ю. Гидротермально-осадочное рудообразование в рифтовой зоне Красного моря. М.: ГЕОС, 1998. 312 с.
2. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана / Ред. Грамберг И.С. // СПб, Недра, 1992, С. 192 – 204.
3. Гурвич Е. Г. Металлоносные осадки Мирового океана, 340 с., Научный мир, Москва, 1998. 200 с.
4. Рона П. Гидротермальная минерализация областей спрединга в океане. М.: Мир, 1986. 159 с.
5. Судариков С.М. Гидроминеральные проявления в Океане // Геодинамика и рудогенез Мирового океана / Научн. ред. акад. И.С.Грамберг. СПб, ВНИИОкеангеология, 1999. С. 62-72,.
6. Судариков С.М. Формирование состава гидротермальных растворов в гидрогеологических массивах ультраосновных пород Срединно-Атлантического хребта / Судариков С.М., Кривицкая М.В. // Записки горного института. 2011. Т.189. С. 68-71.
7. Bischoff J.L. Liquid-Vapor Relations for the system NaCl–H₂O: Summary of the P-T-x Surface from 300⁰ to 500⁰C / Bischoff, J.L., Pitzer K.S. // Am. J. Sci. 1989. P. 289:217.
8. Charlou J.L. Hydrothermal Fluid Geochemistry // Serpentine Cruise Scientific Report. Feb. 25 to Avr. 5, R/V Pourquoi Pas? ROV Victor / Charlou J.L. J.P. Donval, S.M. Sudarikov// 2007. P. 185-189.
9. Charlou J.L. High Production and Fluxes of H₂ and CH₄ and Evidence of Abiotic Hydrocarbon Synthesis by Serpentinization in Ultramafic-Hosted Hydrothermal Systems on the Mid-Atlantic Ridge / Charlou J.L..J.P. Donval, C. Konn, H. Ondreas, Y.Fouquet // Diversity of Hydrothermal Systems on Slow Spreading Ocean Ridges Geophysical Monograph Series 188. American Geophysical Union. 2010. P-265-295
10. Mottl, M.J. Metabasalts, axial hot springs and the structure of hydrothermal systems at mid-ocean ridges // 1983.Geol. Soc. Amer. Bull., V. 94, #2: P. 161-180.
11. Von Damm, K. Seafloor hydrothermal activity: black smoker chemistry and chimneys // 1990. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., V. 18. P. 173-204.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕКАХ
ВОСТОЧНОГО И ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНЫХ И
АНТРОПОГЕННЫХ АНОМАЛИЙ**

О.В. Чудаев, Г.А. Челноков, И.В. Брагин, Н.А. Харитонов, М.Г. Блохин, И.А. Александров

Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия. E-mail: chudaev@fegi.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы поведения редкоземельных элементов в речных водах Восточного и Южного Сихотэ-Алиня (Приморье). С помощью ICP-MS высокого разрешения определены концентрации редкоземельных элементов, их фракционирование в фоновых чистых реках, а также в р. Рудной, подверженной влиянию горнорудной промышленности. Кроме того, исследованы водотоки хвостохранилищ (г. Дальнегорск) и рек г. Владивостока. Показано, что все изученные воды различаются содержаниями редкоземельных элементов, степенью их распределения и формами миграции. Различия связаны со степенью химической денудации пород водосбора и уровнем антропогенного воздействия на поверхностные водотоки.

Abstract. In article questions of behavior of rare-earth elements in river waters of East and Southern Sikhote-Alin are considered (Primorye). Concentration of REE, their fractionation in the rivers, and also in the river are defined by ICP-MS of high resolution. Water springs of tailings dams (Dalnegorsk) and the rivers near of Vladivostok are investigated. It is shown that all studied waters differ with the maintenance of rare-earth elements, extent of their fractionation and forms of migration. Distinctions are connected with degree of a chemical denudation of rocks of a water catchment and level of anthropogenous impact on superficial waters.

В последние десятилетия редкоземельные элементы (РЗЭ) активно изучаются в природных водах. Это стало возможным благодаря появлению новых методов масс-спектрометрического анализа (ICP-MS), а в последнее время ICP-MS высокого разрешения (HR). Редкоземельные элементы выступают как чувствительные индикаторы смешения различных типов вод, степени их загрязнения промышленностью, городскими бытовыми стоками, сельскохозяйственной деятельностью и отходами АЭС. Незначительные различия между РЗЭ и их относительная инертность дали основания предположить, что они могут быть тонкими индикаторами геохимических процессов в системе вода-порода-органическое вещество. Исследование РЗЭ в природных водах Дальнего Востока было начато авторами более 15 лет назад [1-5]. Первые полные данные по речным водам Приморья полученные В.А. Чудаевой и О. В. Чудаевым [5] показали, что для ряда рек Восточного и Южного Сихотэ-Алиня концентрации РЗЭ находились на грани чувствительности ICP-MS (Agilent 7500). В 2014г. появилась уникальная возможность определить содержания РЗЭ в водах с низкими концентрациями, в первую очередь речных маломинерализованных водах Восточного и Южного Сихотэ-Алиня, с использованием прибора HR-ICP-MS высокого разрешения.

Цель данной работы – установить уровни содержания редкоземельных элементов и их фракционирование, в реках Восточного и Южного Сихотэ-Алиня, как в относительно чистых реках, так и в водотоках протекающих в районе горнодобывающих предприятий и урбанизированных территорий.

В 2014 г. были опробованы реки Восточного и Южного Сихотэ-Алиня, начиная с р. Рудной, в пределах водосбора которой находится горнорудные предприятия, и далее на юг Приморья: Аввакумовка, Маргаритовка, Милоградовка, Чистоводная, Киевка, Партизанская, Суходол, Петровка, Шкотовка, Артемовка. В пределах г. Владивостока

опробованы р. Первая речка и р. Вторая речка, а в пригороде р. Богатая, р. Черная и р. Седанка.

Общая характеристика водотоков. Для рек Восточного и Южного Сихотэ-Алиня, не испытывающих заметного антропогенного влияния, минерализация поверхностных вод в целом невелика и составляет десятки мг/л, что отражает широкое распространение кристаллических пород на водосборе и невысокую интенсивность химической денудации. Возрастание минерализации отмечается в пределах г. Владивостока и его пригородной зоны, а также в р. Рудной, испытывающей наиболее заметное промышленное горнорудное воздействие. Величина рН вод изменялась в основном между 6.0 и 7.0, причем для р. Рудной и водотоков г. Владивостока значение рН незначительно превышало 7.0. Количество растворенного кислорода составляло 6-9 мг/л, а мутность воды в периоды опробования от единиц до десятков мг/л. Среди основных катионов преобладает кальций или смешанный состав катионов (Ca+Na+K). В водотоках, испытывающих заметное загрязнение отмечается смещение в область натрия. Дождевые осадки по катионам имеют кальций-натриевый состав. В анионном составе подавляющую роль играет гидрокарбонат-ион. Существенный сдвиг в область сульфат-иона наблюдается для шахтных вод и стока с хвостохранилищ. В водотоках г. Владивостока и его пригорода состав анионов нередко смещается в сторону заметного повышения роли Cl^- и SO_4^{2-} .

Общая гидрохимическая характеристика изученных речных вод, не затронутых антропогенным воздействием отражает слабовыветрелый характер пород водосбора, представленных главным образом кислыми и средними эффузивами.

Редкоземельные элементы. Перенос РЗЭ реками в Японское море, производится как со взвесью, так и в ионной форме. При этом со взвесью может переноситься до 70% РЗЭ [5]. На соотношение РЗЭ в стоке в значительной мере влияют процессы сорбции/десорбции и рН среды [6]. Поэтому для понимания фракционирования РЗЭ важно знать их содержание как в ионной форме так и во взвеси.

Резко повышенные концентрации РЗЭ наблюдаются в стоках шахтных вод и отвалов горнорудных предприятий (р. Рудная). Это связано с более низким рН и более высокой минерализацией воды [6,7]. Однако, ближе к устью ситуация становится похожей на обычные реки Сихотэ-Алиня. Значения легких РЗЭ (La-Eu) для рек г. Владивостока на порядок ниже. Это связано с влиянием бытовых отходов органического происхождения, которыми богаты водотоки Владивостока. Легкие РЗЭ хорошо образуют комплексы с органикой, и выводятся из раствора. На рисунке 1 представлены результаты нормирования речных вод к их собственной взвеси. Анализ показывает, что все воды имеют резко выраженную отрицательную Се аномалию связанную с переходом в окисленных условиях 3-х валентного церия в 4-х валентный, который является слабоподвижной формой и выводится из раствора [6, 8]. Фактически фракционирования между легкими и тяжелыми РЗЭ не происходит. Для реки Рудной отчетливо наблюдается разделение по уровням концентраций РЗЭ в верховьях реки, ее среднего течения и устья. Верховье реки наиболее подвержено влиянию стоков с хвостохранилищ и шахт, которые имеют высокие содержания РЗЭ.

В направлении к устью, концентрация понижается за счет разбавления и сорбционных процессов на взвесах. Концентрация в устьевой части становится еще ниже благодаря влиянию морских вод [5]. Увеличение рН ведет к понижению концентраций РЗЭ, а фракционирование по отношению к взвеси увеличивается.

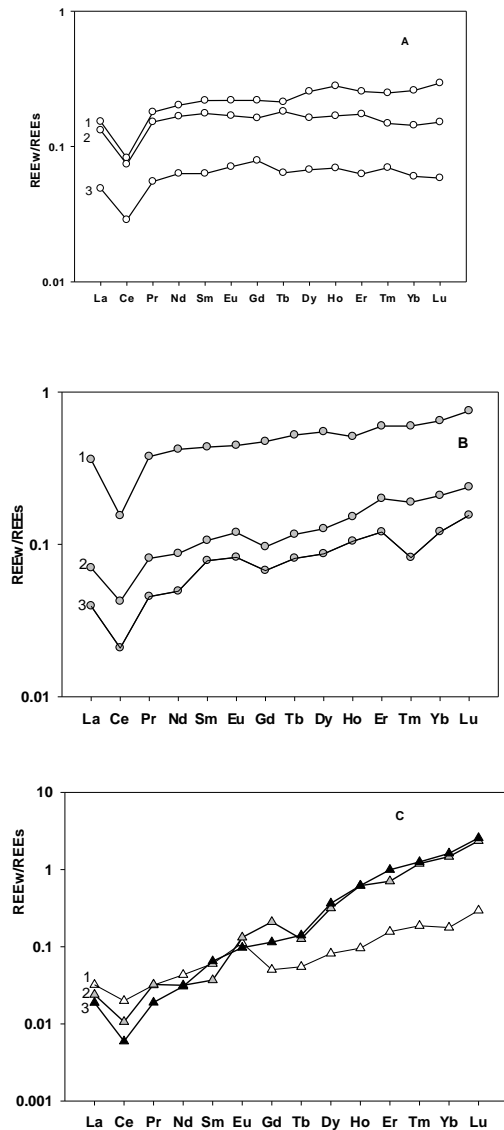


Рис. 1. Нормированные РЗЭ рек (REEw) к собственной взвеси (REEs).
А: чистые реки (1-Милоградовка, 2-Маргаритовка, 3-Аввакумовка). В: р. Рудная (1-верховье, 2-п. Дальнегорск, 3-устье). С: г. Владивосток (1-р. Богатая, 2-Вторая речка, 3-Первая речка)

С увеличением рН адсорбция РЗЭ на частицах взвеси уменьшается в направлении от легких РЗЭ к тяжелым [8]. Еще более резкое различие между легкими и тяжелыми РЗЭ наблюдается для водотоков г. Владивостока (рис. 1), что отражает, слабощелочной характер этих вод (рН=7.43), с одной стороны, и повышенное содержание органики, с другой. При схожести кривых 1-ой и 2-ой рек, для 2-ой речки наблюдается Nd положительная аномалия, нахождение которой связывается с влиянием медицинских учреждений [9].

Для р. Богатая в пригороде Владивостока разница между легкими и тяжелыми РЗЭ выражена менее резко, чем для внутригородских стоков. Для этой речки характерна Eu аномалия, причина которой пока не выяснена. Возможно это связано с использованием фосфатных удобрений на приусадебных участках, расположенных в долине р. Богатая. Известно, что фосфатные минералы, используемые в минеральных удобрениях, содержат повышенные концентрации средних РЗЭ [8]. С использованием программного продукта Селектор, нами были рассчитаны формы миграции некоторых РЗЭ в изученных речных водах (таблица 1).

В целом можно отметить, что основными формами миграции РЗЭ являются ионная форма и карбонатная, а в стоках хвостохранилищ-сульфатная форма резко преобладает. Так для рек Аввакумовка и Милоградовка La, Ce и Nd преимущественно мигрирует в ионной форме, карбонатные формы занимают подчиненное значение. В р. Аввакумовка эта закономерность сохраняется и для европия. В тоже время для р. Милоградовка карбонатная форма несколько превосходит ионную (50.97% против 43%). Для иттербия миграция в ионной и карбонатной формах сохраняется примерно в равных пропорциях в р. Аввакумовка, тогда как в р. Милоградовка доля миграции иттербия в карбонатной форме резко возрастает (таблица).

Таблица

Процентное соотношение форм миграции РЗЭ в изученных речных водах

	Аввакумовка	Милоградовка	Рудная	Сток хвостохранилищ
La ⁺³	83.53	75.40	79.83	24.83
LaCO ³⁺	9.90	13.63	12.63	2.90
LaSO ⁴⁺	5.32	9.16	6.39	71.96
LaHCO ₃ ⁺²	1.10	1.57	0.68	0.15
Ce ⁺³	87.91	72.71	91.40	80.63
CeCO ³⁺	10.84	25.62	7.68	18.12
CeHCO ₃ ⁺²	0.98	1.30	0.48	0.41
Nd ⁺³	72.13	53.78	3.92	22.87
NdCO ³⁺	18.09	38.27	93.42	10.32
NdSO ⁴⁺	8.67	6.61	2.02	66.27
EuCO ³⁺	28.11	50.97	98.57	15.99
Eu ⁺³	65.60	43.00	0.12	21.36
EuSO ⁴⁺	5.34	5.41	0.78	61.90
YbCO ³⁺	48.13	72.87	98.00	33.11
Yb ⁺³	50.29	24.58	1.02	19.02
YbSO ⁴⁺	1.39	1.65	0.45	46.56

Несколько отличается соотношение форм миграции Nd, Eu и Yb в р. Рудной. Для этих элементов карбонатная форма миграции является резко преобладающей. Совершенно другое соотношение в формах миграции наблюдается для стока с хвостохранилища. Сульфатные формы являются преобладающими для La, Nd, Eu и Yb. Для Ce ионная форма миграции является основной. Таким образом, полученные данные показывают, что изученные группы поверхностных вод различаются как содержаниями РЗЭ и их распределением, так и формами миграции.

Проведенные исследования позволили установить следующее:

Содержания РЗЭ и их фракционирование существенно различается в природных речных водах, водах подверженных воздействию горнорудных предприятий и реках урбанизированных территорий. При этом существенное влияние на поведение РЗЭ их концентрацию, формы миграции оказывает рН вод;

Различий во фракционировании легких и тяжелых РЗЭ не наблюдается в природных чистых водах. Существенное обогащение тяжелыми РЗЭ характерно для рек г. Владивостока, а наименьшее для р. Рудной. Содержания РЗЭ в стоках шахтных вод и хвостохранилищ на несколько порядков превышает содержания в фоновых реках;

Выявленные различия выражаются также в формах миграции элементов в различных типах вод. Перераспределение форм миграции, в зависимости от типа вод осуществляется между ионной формой, карбонатной и сульфатной.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ проект № 14-17-00415.

Литература

1. Чудаева В.А., Чудаев О.В., Челноков А.Н., Эдмундс У.М., Шанд П. Минеральные воды Приморья (химический аспект). Владивосток: Дальнаука. 1999. 166с.
2. Чудаев О.В. Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука: 2003. 216с.

3. Shand P., Johannesson K.H., Chudaev O.V., Chudaeva V.A., Edmunds W.M. Rare earth element contents of high pCO₂ groundwaters of Primorye, Russia: Mineral stability and complexation controls // Netherlands: Springer. 2005. Ch.7. P. 161-186.
4. Челноков Г.А., Харитонов Н.А. Углекислые минеральные воды юга Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 2008. 165с.
5. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности накопления и фракционирования редкоземельных элементов в поверхностных водах Дальнего Востока в условиях природных и антропогенных аномалий. Геохимия. 2011, №3, с.1-27.
6. Sholkovitz E.R. Chemical evolution of rare earth elements: fractionation between colloidal and solution phases of filtered river water. // Earth Planet. Sci.Lett. V.114. p.77-84. 1992.
7. Sholkovitz E.R. The aquatic chemistry of rare earth elements in rivers and estuaries. Aquat. Geochem. V.1. p.1-34. 1995.
8. Goldstein S.J., Jacobsen S.B. Rare earth elements in river waters. // Earth Planet. Sci.Lett. V.89. 1988. p.35-47.
9. Kulaksiz S., Bau M. Rare earth elements in the Rhine River, Germany: First case of anthropogenic lanthanum as a dissolved microcontaminant in the hydrosphere. Environmental International.2011. 37. p.973-979.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СИЛЫ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ВОДЫ

Л.И. Шабалин

*Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,
Новосибирск, Россия, E-mail: shabalinli@rambler.ru*

Аннотация. На примере простейших экспериментов и моделей показано действие температурной и осмотической составляющей силы разуплотнения поверхностного слоя воды (Т-СРПС и О-СРПС).

Abstract. The action of temperature and osmotic components of the surface later of water (Т-FDSL and O-FDSL) is shown at the example of simplest experiments and models.

Сущность силы разуплотнения поверхностного слоя веществ (СРПС) заключается в том, что в период образования новых участков их поверхностного слоя эти участки разуплотняются и расширяются с силой, равной силе температурного расширения для веществ в целом (температурная составляющая – Т-СРПС), и силой осмотического давления для растворенных в них веществ (осмотическая составляющая – О-СРПС) [1–10]. Экспериментальное подтверждение является различным для каждой из этих составляющих СРПС.

Т-СРПС для воды экспериментально подтверждается на примере разбухания в воде обыкновенного гороха. С этой целью я выполнил простейший эксперимент: взял трубку, запаянную с одного конца, засыпал в нее сухой горох слоем в три сантиметра, залил в вертикально стоящую трубку воды и вставил в нее шток с площадкой для груза в его верхней части таким образом, чтобы он свободно мог двигаться внутри ее. Через сутки разбухший горох приподнял шток с грузом на высоту сначала 8 мм при весе груза 4,5 кг, в следующем эксперименте – на высоту 3 мм при весе груза 12 кг и при последующем эксперименте – на высоту 1 мм при весе груза 18 кг (шесть кирпичей). Диаметр штока равен 2 см, значит в соответствии с формулой площади круга эта площадь составляет 3,14 см². Следовательно, давление, создаваемое разбухшим горохом на 1 см² площади подвижного штока при подъеме груза весом 18 кг составляет около 6 кг. Кажется, что эта величина не впечатляет. Однако, если такой горох рассыпать на площади 1 м², т. е. 100х100 см, что равно 10000 см² и затем умножить на число 6 кг, то получится 60000 кг,

т. е. 60 т. Это значит, что разбухающий в воде горох на площадке размером 1 м^2 способен приподнять 4 полностью груженных автомобиля КамАЗ по 15 т каждый. Эта цифра уже весьма впечатляет и свидетельствует о том, что при разбухании гороха создается, можно сказать, огромная сила.

Практическим подтверждением этого является произошедший еще в довоенное время случай с советским пароходом «Харьков», который вез в трюмах груз гороха. Пароход шел на мель в районе пролива Босфор и получил пробоину. Разбухшим в трюмах горохом этот пароход со стальным корпусом разорвало пополам, и потом так две его половинки и транспортировали для сшивания и ремонта.

Второй эксперимент по определению величины действия Т-СРПС воды мною проведен на примере темной слюды – флогопита из Слюдянского месторождения на Байкале. Образец породы с крупным пластинчатым кристаллом флогопита разрезался алмазным диском пополам. Брался один из поперечных срезов породы вместе с кристаллом и смачивался водой так, что промежутки между пластинками слюды насыщались тонкопленочной водой. Воду с поверхности срезанного кристалла стирали так, что она выглядела как сухая ровная поверхность. Затем начинаем сдавливать этот пластинчатый кристалл сверху поперек пластинок металлическим штоком. Сначала, при небольшом давлении – 2 кг, на срезанной торцевой поверхности кристалла появляются мелкие капельки воды, выдавливаемые из промежутков между пластинками слюды. При увеличении давления до 8 кг капельки воды увеличиваются в количестве и размерах и вся поверхность среза кристалла увлажняется, что заметно по появляющемуся отраженному блеску. При еще большем давлении 15 и более капли воды становятся еще крупнее. При полном снятии давления все капли втягиваются назад в промежутки между пластинками, увлажнение кристалла исчезает и поверхность опять становится сухой. Если повторить эту операцию многократно, то совершенно четко видно, что выдавливание и втягивание капель воды имеет эффект упругой пружины, которая с силой сопротивляется сжатию и с такой же силой разжимается. Причем отчетливо видно, что именно сила втягивания воды в промежутки между пластинками слюды создает эффект действия этой «пружины». Сами пластинки слюды вследствие своей упругости не могут участвовать в этой процессе, так как они жестко закреплены в объеме кристалла, плотно запечатанного в горной породе. Кроме того, вода, попадая в промежутки между пластинками, должна их прогибать вверх навстречу сдавливающему штоку и в этом случае ему еще надо преодолевать и изгиб этих пластинок. Именно, только собственно сила втягивания воды, т. е. Т-СРПС здесь является главной действующей силой, преодолевающей упругость самих пластинок слюды и вес приложенного груза. Причем величина ее сопоставима с той, что наблюдалась в первом опыте, так как здесь в эксперименте применялась аналогичная величина сдавливания.

Экспериментально действие Т-СРПС жидкости можно еще подтвердить следующим образом. Если взять две пластинки из твердого материала и сложить их вместе, предварительно смочив жидкостью (эпоксидной смолой или водой) поверхности контакта. Сжимая рукой эти пластинки, можно видеть, как на торцевой поверхности этих пластинок, где виден зазор между ними, из этого зазора выдавливается жидкость и образует валик, выступающий над зазором. Чем сильнее сжатие, тем выше валик. Но при малейшем ослаблении сжатия этот валик уменьшается и жидкость втягивается назад в зазор. Значит, пленка жидкости сама распирает стенки пластинок. Если бы она этого не делала, то при ослаблении сжатия размер валика выдавливаемой жидкости, а значит, ширина зазора оставались бы без изменения.

Непосредственно проявление Т-СРПС можно наблюдать на примерах смачивания под дождем и разбухания верхней поверхности широкой сухой доски или смачивания топорика с целью его заклинивания в отверстии топора.

Сила, с которой это происходит хорошо известно по справочникам: сосна разбухает с силой 11 кг/см^2 , лиственница – 9,0, дуб – 15,4, береза – 10,4, осина – $8,9 \text{ кг/см}^2$. Значит древесина разбухает практически с силой в 1,5–2 раза большей, чем горох. Следовательно, она может при разбухании на площадке площадью 1 м^2 приподнять груз весом 90–120 т, т. е. равный весу 6–8 груженых КамАЗов. Разбухание и сжатие при высушивании древесины происходит на расстояние 6–8 см на каждый метр.

Просто удивительно, что до настоящего времени мировая наука даже не пыталась объяснить причину возникновения такой силы, так как совершенно очевидно, что известными создаваемыми водой силами – осмосом, капиллярным поднятием, поверхностным натяжением, расклинивающим давлением Дерягина объяснить ее не представляется возможным, поскольку все они являются чрезвычайно слабыми по сравнению с ней.

Механизм возникновения Т-СРПС показан автором на примере ряда простейших моделей: на примере газа, в котором мгновенно появляется перегородка, выдува в снежном сугробе, с использованием понятия о вероятностном контуре свободного пробега молекул, детской погремушки и других. Все эти модели показывают, что молекулы газа или другие используемые при моделировании частички в процессе хаотического блуждания в объеме стараются распределиться равномерно в пространстве за счет хаотического соударения. Но как только они встречают на своем пути какую либо ровную поверхность, то все они стремятся оттолкнуться и отскочить прочь от нее, причем тем быстрее, чем ближе они оказываются около этой поверхности. В результате этого наиболее близко расположенные частички наиболее быстро удаляются от этой поверхности, а дальше расположенные от нее удаляются медленнее. За счет этого около поверхности создается разуплотненный приповерхностный слой молекул.

Действие Т-СРПС проявляется повсеместно вокруг нас в виде огромной силы, которую проявляют корни растений и в первую очередь деревьев при своем росте. Их корни легко взламывают асфальт в городах, глубоко проникают в трещины скал, раздвигая с большой силой их огромные блоки, прочно удерживают в трещинах крутых почти вертикальных скал крупные деревья порой более чем в обхват толщиной.

Экспериментальным подтверждением силового воздействия осмотической составляющей силы разуплотнения воды – О-СРПС может являться проведенный мною эксперимент по диффузионному расширению навстречу друг другу двух фронтов одновременно растворяющихся кристалликов перманганата калия. Можно видеть, что эти фронты при взаимной встрече как бы сжимаются, т. е. действуют как два упругих резиновых шарика при взаимном их прижатии друг к другу. Интересно, что более высококонцентрированный фронт вдаётся в менее концентрированный фронт, точно также, как более туго надутый шарик стал бы вдаваться в слабее надутый шарик.

Здесь наблюдается полная аналогия с такими разными по упругости шариками. Но упругость шариков создается силой давления расширяющегося газа. Значит диффузионное расширение фронтов растворенных в воде молекул также обладает определенной силой. Но здесь эта сила проявляется только в виде соответствующей деформации фронтов растворенных молекул. Иначе здесь не может происходить, так как процесс диффузии совершается в пределах определенного неизменного объема воды, молекулы которой сразу же заполняют тот объем, который оставила продвигающаяся молекула растворенного вещества. Однако сами продвигающиеся

диффузионные фронты одноименных растворенных молекул проявляют при встрече друг с другом типичные признаки силового осмотического давления.

Следующим подтверждением О-СРПС воды является возникновение под ее действием эффекта, который я назвал микропородиффузионный каталитический эффект, сокращенно МДК эффект. Сущность его заключается в том, что в ультратонких порах (микропорах) шириной меньше двух средних расстояний между молекулами растворенного в жидкости вещества происходят одновременно два процесса: 1) ускорение движения этих молекул к выходу из микропор за счет действия О-СРПС как силы выталкивающей молекулы из нее; 2) ускорение химического взаимодействия каждой отдельно растворенной молекулы со стенками микропор за счет более частого соударения с ними. Чем тоньше микропора, тем быстрее эти процессы, тем больше ускоряются химические реакции внутри микропор.

Простейшим экспериментальным подтверждением МДК-эффекта является проведенный мной опыт по коррозии металла. Если поверхность железного диска, тщательно отшлифованного самым мелким абразивным порошком или полированного с целью удаления железной пыли, покрыть тонким слоем воды и затем на нем провести бороздку лезвием бритвы или сделать вмятину острием иглы, то вокруг этих деформированных участков через 2–5 минут появляются симметричные ореолы бурых окислов железа. Причем характерно, что ореол не образуется, если на поверхность металла нанесена только легкая царапина, которая оголяет поверхностный слой, но не производит какой-либо заметной деформации.

Интересно, что прямо над этими ореолами, но уже на поверхности слоя воды появляются тончайшие прозрачные коллоидные пленки окислов железа. Они имеют вид своеобразных зонтиков, плавающих над ореолами на поверхности воды и по конфигурации точно повторяют сами ореолы. По мере увеличения интенсивности окраски ореолов на дне, эти «зонтики» также утолщаются, затвердевают и приобретают светло-буроватую окраску при окончательном высыхании водного слоя. Под микроскопом видно, что эти пленки сложены мельчайшими изотропными сферолитовыми образованиями окислов железа коллоидных размеров.

Из этого эксперимента видно, что наиболее сильной коррозии подвергаются наиболее деформированные участки металла, содержащие тончайшие микропоры и микротрещины. Эти трещины можно наблюдать непосредственно на периферии бороздок и вмятин, где вытесняемый при вдавливании металл вспучивается в виде вала, испещренного микроразрывами. Именно ускорением коррозии внутри этих трещин под действием МДК-эффекта обусловлено быстрое образование окислов железа по периферии деформированных участков.

Подтверждением действия МДК-эффекта также являются эксперименты по химической реакции мрамора с соляной кислотой или по растворению различных минералов [1].

Еще проще и убедительнее подтверждает существование МДК-эффекта следующий опыт. Если в фарфоровую тарелку с водой положить на дно обыкновенные железные предметы – изогнутые скрепку и гвоздь, то можно наблюдать, как через 4–5 часов вокруг тех участков, где эти предметы касаются дна тарелки, появляются бурые окислы железа. Эти окислы покрывают как прилегающие к этим точкам участки дна тарелки, так и окружающие их части самих предметов. Если затем эти предметы убрать, то будет видно, что непосредственно под ними в самих точках касания и их ближайшем окружении, дно совершенно белое, т. е. чистое от окислов железа, причем на расстоянии примерно соответствующим толщине самих предметов. Также окислы осаждаются и на самих железных предметах в окружении участков их касания с дном.

Совершенно очевидно, что коррозия предметов наиболее быстро осуществлялась в пределах тех «микропор» которые образовались в участках соприкосновения железных предметов с дном тарелки, и в то же время образующиеся окислы отсюда наиболее интенсивно выносились за их пределы в окружающее свободное пространство, осаждаясь поблизости. Здесь непосредственным катализатором коррозии явились сами эти «микропоры» в точках касания, а не вещество фарфоровой тарелки. Это можно подтвердить, если провести аналогичные эксперименты, положив скрепку и гвоздь на стеклянную, пластмассовую или другую поверхность, смоченную водой.

Литература

1. Шабалин Л.И. Микропородиффузионный физический эффект. Экспериментальное подтверждение гипотезы и роль в образовании магматических пород и рудных тел // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. 1995. № 1. С. 55-63.
2. Шабалин Л.И. Геологический пример механизма диффузионного флюидозамещения при зарождении магматически подобных жильных месторождений // Изв. вузов. Сер. Геология и разведка. 1997. № 1. С. 79-89.
3. Шабалин Л.И. Сила разуплотнения поверхностного слоя воды как фундаментальное явление природы, создающее обмен веществ (заявка на открытие). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. 151 с.
4. Шабалин Л.И. Сила разуплотнения поверхностного слоя жидких, твердых и газообразных веществ. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2001. 192 с.
5. Шабалин Л.И. Сила разуплотнения поверхностного слоя воды и ее роль в геологических процессах. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. 254 с.
6. Шабалин Л.И. Введение в молекулярную физику поверхности. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2007. 256 с.
7. Шабалин Л.И. Поверхностные и собственно наноструктуры жидких, твердых и газообразных веществ. Новосибирск, СНИИГГиМС, 2009. 315 с.
8. Шабалин Л.И. Действительно ли существует сила разуплотнения поверхностного слоя веществ (сила Шабалина)? Новосибирск: СНИИГГиМС, 2010. 165 с.
9. Шабалин Л.И. Генезис агатов, гидротермальных месторождений и гранитоидных магматических пород как результат действия СРПС. Новосибирск: СНИИГиМС, 2013. 292 с.
10. Шабалин Л.И. Движущие силы природы и стратегия выживания человечества. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. 294 с.

Секция 1

РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДА УРОВНЕМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СКВАЖИНАХ В СИСТЕМЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАМЧАТКИ

С.В. Болдина, Г.Н. Копылова

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, Россия,
E-mail: sboldina@emsd.ru, E-mail: gala@emsd.ru*

Аннотация. Рассматриваются вопросы создания моделей гидрогеодинамических процессов формирования вариаций уровня воды в наблюдательных скважинах, вызванных землетрясениями (или гидрогеосейсмическими вариациями). На примере двух скважин Камчатки показано, что такие модели решают задачу повышения информативности данных уровнемерных наблюдений в системе геофизического мониторинга сейсмоактивного региона и получения количественных и качественных оценок изменения состояния водовмещающих пород на стадиях подготовки и реализации сильных землетрясений.

Abstract. The models of hydrogeodynamic processes of water level variations in wells caused by earthquakes (or hydrogeoseismic variations) and developing of them are considered in the paper. On the example of two Kamchatkan wells it is shown that such models solve a problem of increase of informational content of water-level data in system of geophysical monitoring in a seismically active region and obtaining of quantitative and quality assessments of strain changes in water-saturated rocks at stages of preparation and realization of strong earthquakes.

Уровнемерные наблюдения в скважинах традиционно включаются в систему геофизического мониторинга сейсмоактивных районов и используются для поиска признаков подготовки сильных землетрясений. При этом наиболее важным научным вопросом является оценка информативности отдельных скважин или о том, какую полезную информацию для геофизического мониторинга содержат данные уровнемерных наблюдений. Следует отметить, что информативность метода в целом ограничивается объективными причинами, связанными с различием технического строения наблюдательных скважин и локальных гидрогеологических условий, а также с многообразием регистрируемых вариаций уровня воды, вызываемых землетрясениями (гидрогеосейсмическими вариациями). Поэтому рассмотрение указанного выше вопроса основывается на данных длительных наблюдений и включает доказательство наличия гидрогеосейсмических вариаций или других эффектов современной геодинамической активности в изменениях уровня воды в конкретной скважине. Решением вопроса может быть создание моделей, объясняющих процессы формирования зарегистрированных гидрогеосейсмических вариаций уровня воды в каждой наблюдательной скважине.

В скважинах Камчатки были зарегистрированы разнообразные гидрогеосейсмические вариации, которые по времени проявления по отношению к моментам землетрясений и с учетом механизмов сейсмического воздействия разделяются на гидрогеодинамические предвестники, ко- и постсейсмические эффекты [2, 4]. В [1] показано, что многообразие и особенности гидрогеосейсмических вариаций уровня воды в отдельной скважине можно объяснять и давать им геофизическую интерпретацию на основе создания модели гидрогеодинамических процессов их формирования в системе «скважина - водовмещающая порода» с привлечением комплекса данных о технических характеристиках скважины и локальных гидрогеологических условиях (рис.). С использованием результатов анализа

барометрического и приливного откликов уровня воды оцениваются величина барометрической эффективности и параметры ее зависимости от периода вариаций, приливно-чувствительность вариаций уровня по отношению к теоретической деформации; оцениваются параметры водовмещающих пород с использованием данных опытно-фильтрационных работ и расчетных методов [3, 7].

Принципиальным вопросом при построении модели является принятие (или непринятие) гипотезы о наличии статически изолированных условий в системе «скважина – водовмещающая порода» на основании результатов анализа барометрического и приливного откликов уровня воды. При наличии такого отклика и определения диапазона периодов его проявления становится возможным давать не только качественные заключения о текущих изменениях напряженно-деформированного состояния водовмещающих пород, но и, в отдельных случаях, давать количественные оценки их объемной деформации.

Примеры геофизической интерпретации гидрогеосейсмических вариаций уровня воды, зарегистрированных в скважинах ЮЗ-5 и 1309, характеризующихся наличием отклика уровня на барометрическое и приливное воздействие в диапазоне периодов от часов до первых десятков суток, приводятся [1-3, 5]. Для этих скважин теоретическая реакция уровня воды на периодические изменения напора (с учетом определенных упругих и фильтрационных параметров водовмещающих пород и строения скважин) согласуется с изменением амплитудных передаточных функций от вариаций атмосферного давления к изменениям уровня воды (рис.) [1]. Это показывает, что на периодах от минут-часов до первых десятков суток, соответствующих диапазону действия приливных и медленных сеймотектонических деформаций водовмещающих пород, существенное искажение отклика уровня воды на изменения порового давления не ожидается. Поэтому для этих скважин может производиться оценка изменений объемной деформации водовмещающих пород D по амплитудам выделенных гидрогеосейсмических вариаций уровня воды Δh по формуле [1-2, 5]:

$$D = -\Delta h / A_v, \quad (1)$$

где A_v – приливно-чувствительность вариаций уровня воды по отношению к теоретической объемной деформации в районе скважины. При использовании (1) принималось, что $\Delta h = \Delta p / \rho g$, где Δp – изменение порового давления, ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения. Формула (1) применялась для количественной оценки деформации водовмещающих пород в районе скв. ЮЗ-5 при проявлении гидродинамического предвестника Кроноцкого землетрясения (КЗ) (5.12.1997 г., $M=7.8$) и косейсмических скачков уровня воды при сильных местных землетрясениях [1, 5].

В [1, 4-5] показана принципиальная возможность использования ряда теоретических моделей для описания гидрогеодинамических процессов формирования наблюдаемых ко- и постсейсмических вариаций уровня воды в скважинах ЮЗ-5 и 1309, вызванных воздействием сейсмических волн, в т.ч.:

- модели удаленного точечного источника возмущения напора в водоносном горизонте [1] при развитии длительных бухтообразных понижений уровня воды:

$$x = x_0 - \Delta h \cdot \operatorname{erfc}(R/\sqrt{4ct}), \quad (2)$$

где x – уровень воды в скважине, x_0 – начальный уровень воды в скважине, R – расстояние от скважины до источника падения напора, c – пьезопроводность, t – длительность понижения уровня, $\operatorname{erfc}(z) = 1 - \operatorname{erf}(z)$ – функция ошибок;

- модели колебаний уровня воды в скважине при прохождении поверхностных сейсмических волн [6]:

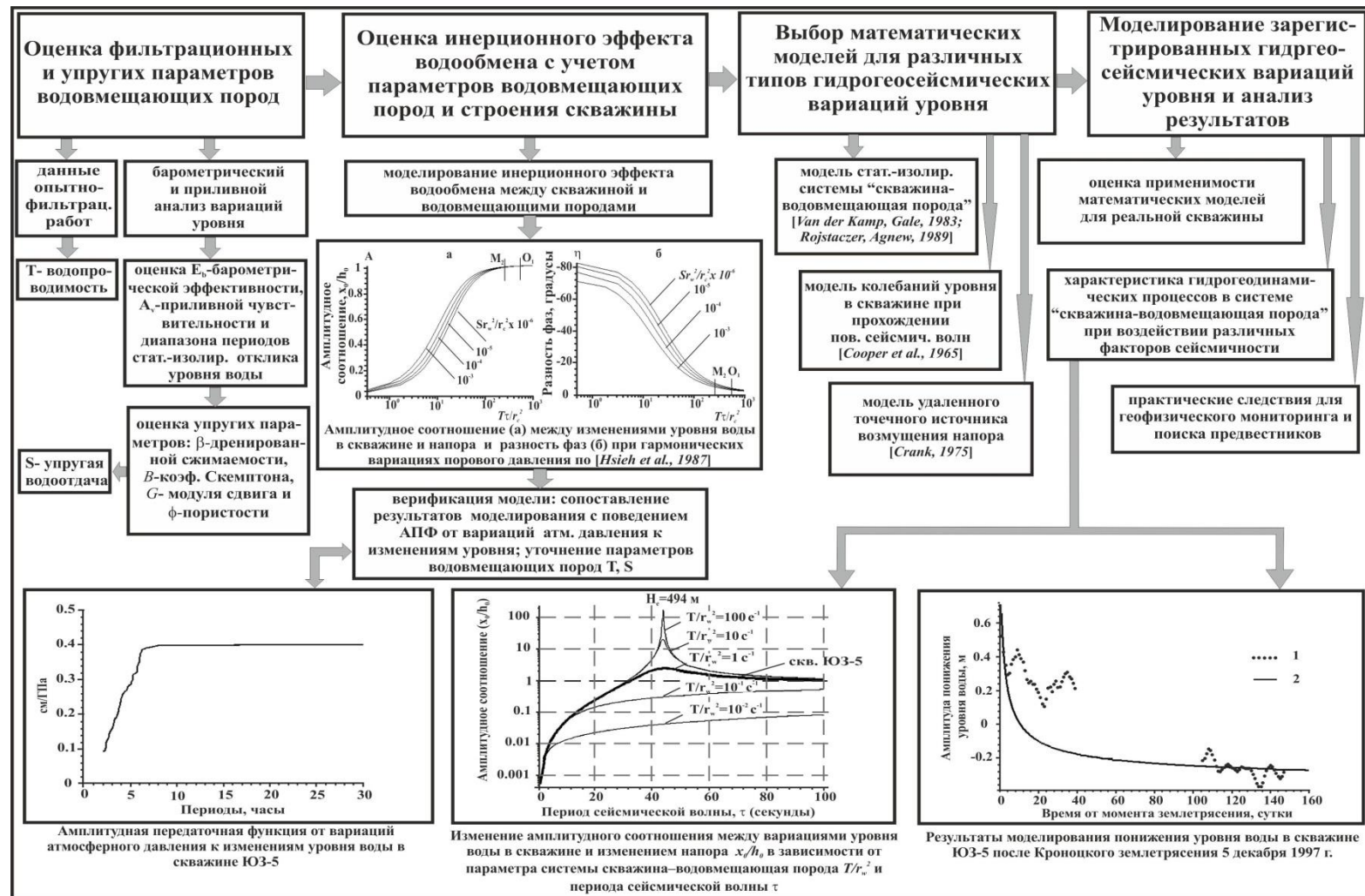


Рис. – Основные этапы построения модели формирования гидрогеосейсмических вариаций уровня воды и оценки информативности скважины (на примере скважины ЮЗ-5, Камчатка).

$$A = x_0/h_0 = \left[\left(1 - \frac{\pi r_w^2}{T\tau} Kei\alpha_w - \frac{4\pi^2 H_e}{\tau^2 g} \right)^2 + \left(\frac{\pi r_w^2}{T\tau} Ker\alpha_w \right)^2 \right]^{-1/2}, \quad (3)$$

где $Ker\alpha_w$, $Kei\alpha_w$ – действительная и мнимая части функции Кельвина нулевого порядка, x_0 , h_0 – амплитуды изменения уровня и напора, H_e – эффективная высота столба воды в скважине, τ – период сейсмической волны, $\alpha_w = r_w(\omega S/T)^{1/2}$ – безразмерная функция частоты, выраженная через параметры водовмещающих пород и параметры скважины: T – коэффициент водопроницаемости, r_w – радиус скважины в области фильтра.

Результаты моделирования и их геофизическая интерпретация

В скв. ЮЗ-5 наблюдались понижение уровня воды в течение трех недель с амплитудой 11 см перед КЗ, а также косейсмические скачки уровня в связи с местными землетрясениями с $M \geq 6$. По формуле (1) оценены величины деформации расширения водовмещающих пород на стадии подготовки КЗ ($D = (68 \pm 4) \cdot 10^{-9}$), а также величины объемной косейсмической деформации по амплитудам скачков уровня при местных землетрясениях ($D = 75 - 1.6 \cdot 10^{-9}$) [1, 5].

По результатам моделирования понижения уровня воды после КЗ в скв. ЮЗ-5 и понижения уровня в скв. 1309 после Олюторского землетрясения (20.04.2006 г., $M=7.6$) с использованием (2) уточнены величины пьезопроводности водовмещающих пород ($c = 0.42 \text{ м}^2/\text{с}$ и $1.62 \text{ м}^2/\text{с}$) и оценены расстояния до источников падения напора ($R = 450 \text{ м}$ и 190 м) [1]. Результаты моделирования колебаний уровня воды в скв. ЮЗ-5 (рис.) и в скв. 1309 в связи с Суматра – Андаманским (26.12.2004 г., $M = 9$, $R = 8250 \text{ км}$) и Симуширским землетрясениями (15.11.2006 г., $M = 8.3$, $R=1120 \text{ км}$) с использованием (3) показали, что такие колебания уровня возникают в скв. ЮЗ-5 при прохождении сейсмических волн с периодами $\tau = 44.6 \text{ с}$ (рис.) и $\tau = 33 \text{ с}$ - в скв. 1309 при величинах $T/r_w^2 \geq 1 \text{ с}^{-1}$.

Гидрогеодинамический предвестник КЗ и косейсмические скачки уровня при сильных местных землетрясениях объясняются реакцией порового давления на квазиупругую деформацию водовмещающих пород. Постсейсмическое понижение уровней воды в скв. ЮЗ-5 и в скв. 1309 после сильных землетрясений могло быть вызвано падением напора на некотором удалении от скважин вследствие локального улучшения фильтрационных свойств водовмещающих пород при сейсмических сотрясениях. Колебания уровня воды в обеих скважинах при прохождении низкочастотных поверхностных сейсмических волн возникают вследствие резонансного усиления вариаций порового давления в стволе скважины, а также за счет кратковременного улучшения фильтрационных свойств водовмещающих пород.

Представленная методика построения модели гидрогеодинамических процессов формирования гидрогеосейсмических вариаций уровня воды в скважинах Камчатки может применяться при обработке и интерпретации данных уровнемерных наблюдений в других регионах. Ее использование направлено на повышение информативности скважин в системе геофизического мониторинга и получение количественных и качественных оценок изменений напряженно-деформированного состояния среды на стадиях подготовки и реализации сильных землетрясений.

Литература

1. Болдина С.В., Копылова Г.Н. Механизмы отклика уровня воды в скважинах на сейсмические воздействия // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России: в 2 томах. Тр. региональная научно-техн. конф. Т. 1. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 50-54.
2. Копылова Г.Н. Изменения уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка, вызванные землетрясениями // Вулканология и сейсмология. 2006. № 6. С. 52-64.
3. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Оценка пороупругих параметров резервуара подземных вод (по данным уровнемерных наблюдений на скважине ЮЗ-5, Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2006. № 2. С. 52-64.
4. Копылова Г.Н., Болдина С.В. Отклик уровня воды в скважине ЮЗ-5, Камчатка, на Суматра-Андаманское землетрясение 26 декабря 2004 г., $M=9$ // Вулканология и сейсмология. 2007. № 5. С. 39-48.

5. Копылова Г.Н., Стеблов Г.М., Болдина С.В., Сдельникова И.А. О возможности оценок косейсмической деформации по данным равномерных наблюдений в скважине // Физика Земли. 2010. № 1. С. 51-61.
6. Cooper H.H., Bredehoeft J.D., Papadopoulos I.S., Bennett R.R. The response of well-aquifer system to seismic waves // J. Geophys. Res. 1965. V. 70. - P. 3915-3926.
7. Rojstaczer S., Agnew D.S. The influence of formation material properties on the response of water levels in wells to Earth tides and atmospheric loading. // J. Geophys. Res. 1989. V. 94. - P. 12403-12411.

ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЧАСТКА КИСЛОВОДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД

Г.Л. Бондарева

*Акционерное общество «Кавминкурортресурсы», Ессентуки, РФ,
E-mail: bondarevaGalina@mail.ru*

Аннотация. Рассматривается проблема изменения химического и газового составов минеральной воды источника Нарзан, анализируются вызвавшие ее причины, предлагаются варианты решения этой проблемы с целью обеспечения курорта Кисловодск качественной минеральной водой.

Abstract. The problem of change of chemical and gas composition of mineral water of a source Narzan is considered, the reasons which caused it are analyzed, options solutions of this problem for the purpose of providing the resort of Kislovodsk with qualitative mineral water are proposed.

Кисловодское месторождение минеральных вод (КММВ) расположено в юго-западной части региона Кавказских Минеральных вод (КМВ) и приурочено к зоне сопряжения Северо-Кавказского краевого массива и Минераловодского выступа.

Открытие и разведка Кисловодского месторождения связаны с источником Нарзан, давшим свое имя широко известному типу минеральных вод, которые используются на месте для бальнеолечения и в качестве столовой воды [1].

В пределах КММВ выделены участки: Центральный, Ольховский, Подкумский и Берёзовский. Однако, в силу своего расположения на территории г. Кисловодск, именно минеральные воды Центрального участка (ЦУ) имеют преимущественное значение для обеспечения санаторно-курортного комплекса и розлива.

На Центральном участке основным продуктивным на углекислые минеральные воды типа Нарзан является титонско-валанжинский водоносный горизонт ($J_{3tt}-K_{1v}$), в котором выделяются титонский и валанжинский водоносные подгоризонты. Ввиду практического отсутствия изолирующего водоупора, эти подгоризонты тесно связаны между собой, но отличаются литологическим составом водовмещающих отложений, степенью их водообильности, минерализацией и газонасыщенностью.

Валанжинский подгоризонт на Кисловодском месторождении делится на нижнюю часть (K_{1v_1}), содержащую кондиционные углекислые воды, и верхнюю (K_{1v_2}), более пресную, где подземные воды недонасыщены углекислым газом. В районе ист. Нарзан, где существует мощный восходящий поток CO_2 , углекислыми являются обе части подгоризонта, с содержанием CO_2 в верхней части 0,9-2,3 г/дм³ (ист. Нарзан, скв. 5/0-бис), в нижней части – 1,8-3,7 г/дм³ (скв. 5/0, 7, 12).

С 1936 г., когда впервые было обнаружено бактериальное загрязнение ист. Нарзан, а также в связи с нехваткой минеральной воды для Кисловодских здравниц, на КММВ проводились поисково-разведочные работы с целью стабилизировать подачу воды на курорт и получить бактериально чистую воду.

В истории освоения КММВ можно выделить пять этапов [3]:

– I этап (до 1949 г.) – относительно ненарушенный естественный режим. В это время дебит источника Нарзан варьировал в пределах 1100-2200 м³/сут, минерализация (М) – 2,5-3,0 г/дм³, а CO_2 раств. – 2,0-2,5 г/дм³;

– II этап (1949-1973 гг.) – нарушенный режим. Этот период характеризуется добычей минеральных вод преимущественно из ярусного водозабора скважин 5/0 и 5/0-бис с суммарным водоотбором 1200-1500 м³/сут, что привело к снижению дебита ист. Нарзан до 300-400 м³/сут, уменьшению его M до 1,5-1,8 г/дм³ и концентрации CO_2 раств. до 0,5-0,8 г/дм³. При этом подаваемая на курорт смесь минеральных вод ист. Нарзан, скважин 5/0 и 5/0-бис имела M 2,5-3,0 г/дм³, а содержание CO_2 раств. – 1,2-1,9 г/дм³;

– III этап – 1973-1990 гг. В этот период было проведено сокращение водоотбора из скв. 5/0 и 5/0-бис до 150-200 м³/сут, и восстановлен естественный режим ист. Нарзан. При этом дебит его возрос до 1200-2000 м³/сут, минерализация увеличилась до 1,8-2,1 г/дм³, а содержание растворенной углекислоты – до 1,2-1,4 г/дм³;

– IV этап – 1990-2003 гг. В 1990 году в связи со снижением дебита ист. Нарзан до 800-900 м³/сут были выполнены работы по раскольматации водовыводящих трещин, в результате которых дебит источника вырос до 2000-2500 м³/сут, при варьировании минерализации до 1,7-1,9 г/дм³ и содержания CO_2 раств. 1,2-1,4 г/дм³. При этом произошли довольно существенные снижения значений M и CO_2 раств. в воде скважин 5/0 и 5/0-бис, подаваемых на питьевое лечение и розлив: концентрация CO_2 раств. уменьшилась, соответственно, с 2,5 до 2,2 г/дм³ и с 0,75 до 0,6 г/дм³, а минерализация – с 4,2 до 2,3-3,2 г/дм³ и с 1,7 до 1,3 г/дм³;

В 1993 г. были утверждены запасы подземных минеральных вод Центрального участка Кисловодского месторождения по категории В на неограниченный срок в количестве 1535 м³/сут, в том числе: по верхней части валанжинского подгоризонта – 1470 м³/сут, по нижней его части – 55 м³/сут, по титонскому подгоризонту – 10 м³/сут.

– V этап – 2004-2015 гг. В июле 2004 г., несмотря на ранее полученный негативный опыт, без гидрогеологического и экологического обоснования, в пределах Центрального участка был выделен так называемый «Северный участок» Кисловодского месторождения с целью обеспечения завода розлива ОАО «Нарзан» гидроминеральными ресурсами непосредственно на территории завода.

В ходе геологоразведочных работ на территории завода, дополнительно к расконсервированной и переоборудованной на верхний валанжин скважине 107, были пробурены скважины: в 2004 г. – скв. 107-Д (K_1v_1), в 2010 г. – скв. 107-Дрез. (K_1v_1), в 2012 г. – скв. 107рез. (K_1v_2). Таким образом, создан ярусный водозабор, аналогичный таковому скважин 5/0 и 5/0-бис, только отстоящий не на 500 м к северу от источника Нарзан, как эти скважины, а на 1650 м.

В течение 2004-2006 гг. из скважин Северного участка осуществлялся водоотбор в количестве 50-100 м³/сут – из скв. 107, 350-500 м³/сут – из скв. 107-Д. Суммарный одновременный водоотбор из этих скважин варьировал в пределах 450-780 м³/сут.

В 2007 г. ФГУ «ГКЗ» были утверждены запасы минеральных вод «Северного участка» по категории C_1 в количестве 100 м³/сут – по скв. 107 (K_1v_2) и 200 м³/сут – по скв. 107-Д (K_1v_1) на 5-летний срок эксплуатации. При этом гидрогеологически необоснованное выделение Северного участка Кисловодского месторождения было упразднено, а участку скважин 107 и 107-Д присвоен статус Северного фланга Центрального участка Кисловодского месторождения.

В течение 2008-2013 гг. из скважин Северного фланга осуществлялся водоотбор в количестве 50-1200 м³/сут – из скв. 107, 107рез., 107-Д, 107-Дрез. Суммарный одновременный водоотбор из этих скважин варьировал в пределах 200-1400 м³/сут.

До начала опытных работ на Северном фланге Центрального участка качество минеральной воды ист. Нарзан оставалось стабильным на протяжении 1974-2003 гг., соответствуя разработанным бальнеологическим кондициям (M 1,7-2,0 г/дм³, CO_2 раств. – 1,1-1,4 г/дм³): минерализация воды источника варьировала в пределах 1,7-2,1 г/дм³ (в среднем 1,9 г/дм³), содержание CO_2 раств. – 1,0-1,5 г/дм³ (в среднем 1,3 г/дм³).

За период 2004-2013 гг., после начала эксплуатации Северного фланга Центрального участка, естественная газогидрохимическая обстановка титонско-валанжинского водоносного горизонта в пределах КММВ была существенно нарушена. По всему горизонту, за исключением Северного фланга Центрального участка, зафиксировано снижение содержания $CO_2_{\text{раств.}}$, составившее 0,01-0,30 г/дм³ – по верхнему валанжину, 0,04-0,39 г/дм³ – по нижнему и 0,03-0,15 г/дм³ – по титону.

Минерализация источника Нарзан с 2004 г., а $CO_2_{\text{раств.}}$ – с 2005 г. резко снизились, и стабильно находятся ниже пределов, определенных Кондичиями на минеральные воды КММВ, с 2009 г. и с 2011 г. соответственно (рис.). По состоянию на 2013 г. M воды ист. Нарзан составила 1,62 г/дм³, содержание $CO_2_{\text{раств.}}$ – 1,06 г/дм³. Зафиксирована зависимость между величиной водоотбора из скважин Северного фланга и величиной снижения M и концентрации $CO_2_{\text{раств.}}$ в воде ист. Нарзан, обусловленная приуроченностью этих водопунктов к единой тектонической зоне и единому источнику поступления водно-газового флюида. При прекращении выпусков из скважин Северного фланга или сокращении их суммарного дебита до 100 м³/сут наблюдается восстановление концентрации $CO_2_{\text{раств.}}$ с 0,9-1,0 г/дм³ до 1,1-1,2 г/дм³ и величины M с 1,5-1,6 до 1,7-1,8 г/дм³ в воде ист. Нарзан.

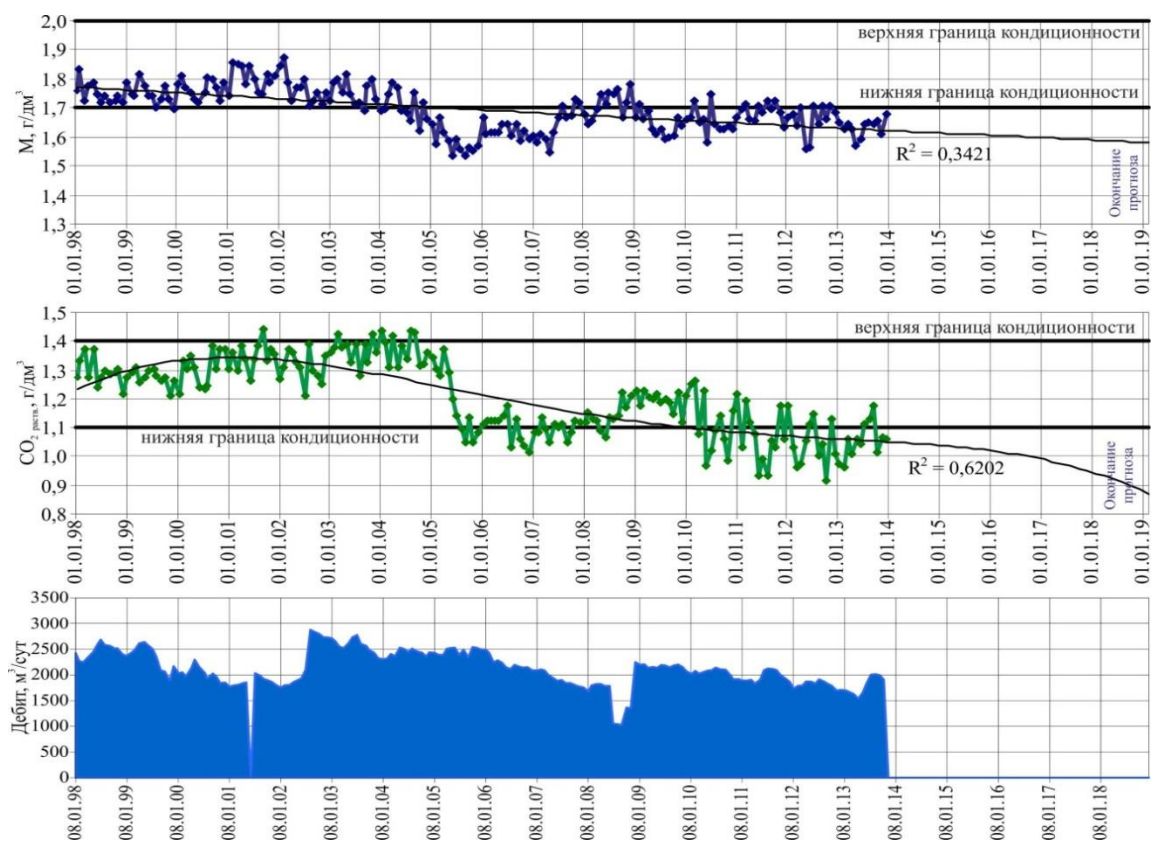


Рис. Прогноз изменения M и содержания $CO_2_{\text{раств.}}$ в воде ист. Нарзан

В результате подтягивания к скважинам Северного фланга контура углекислых минеральных вод от ист. Нарзан и скважин ЦУ, изменился гидрогеохимический облик минеральной воды скв. 107, которая из безуглекислой превратилась в углекислую, характерную для нижнего валанжина, но менее минерализованную.

Таким образом, качество минеральных вод на Центральном участке существенным образом зависит от распределения водоотбора по его площади в связи с наличием значительных водных ресурсов и ограниченных запасов углекислого газа. Изменение водоотбора, поступление безуглекислых грунтовых вод и углекислого газа к локальным

участкам с тем или иным запаздыванием приводит и к изменению газо-химических показателей подземных вод.

Проведенные в 2004-2013 гг. опытно-эксплуатационные работы еще раз подтвердили выводы, полученные в результате опытных работ 1984-1985 гг. на северном фланге: 1) увеличение водоотбора из верхнего валанжина приводит к увеличению в его воде минерализации и содержания углекислоты; 2) увеличение водоотбора из нижнего валанжина снижает величину минерализации и содержание углекислоты во всем подгоризонте.

Поскольку ист. Нарзан является основным для снабжения курорта Кисловодск бальнеологическими водами, ухудшение качества его воды ставит под угрозу существование курорта. Прогноз изменения M и содержания $\text{CO}_2_{\text{раств}}$ (см. рис. 1) в воде ист. Нарзан показывает, что при сохранении объема водоотбора из скважин Северного фланга на существующем уровне качество воды источника продолжит ухудшаться.

Рассматриваемая ситуация осложняется тем, что Центральный участок и его Северный фланг являются лицензионными участками двух недропользователей, осуществляющих их разработку.

Сохранение существующей технологической схемы разработки ЦУ, основанной на преимущественной добыче из ист. Нарзан, требует, для подачи на бальнеолечение качественной минеральной воды, либо прекращения или сокращения до $100 \text{ м}^3/\text{сут}$ объема водоотбора из скважин Северного фланга [2], либо донасыщения минеральных вод источника Нарзан углекислым газом до нормативных показателей. Поэтому для удовлетворения интересов обоих недропользователей и потребности в качественной минеральной воде санаторно-курортного комплекса и завода розлива необходимо выбрать наиболее рациональную технологическую схему эксплуатации.

Возможные решения вышеописанной проблемы базируются на различных принципах подхода к добыче минеральной воды на ЦУ: 1) добыча воды, в основном, из ист. Нарзан с жестким контролем за содержанием в воде $\text{CO}_2_{\text{раств}}$; 2) одновременная добыча воды из скважин и источника, в т.ч. из верхнего валанжина – для подачи воды на бальнеолечение в смеси с водой источника, из нижнего – для целей розлива и, при необходимости, для поддержания кондиций бальнеологических вод; 3) добыча воды, в основном, из скважин, а, при ее нехватке, с использованием воды источника, с регулированием водоотбора из верхнего и нижнего валанжина таким образом, чтобы при смешении концентрация в воде $\text{CO}_2_{\text{раств}}$ удовлетворяла требованиям кондиций.

Наиболее рациональным является третий вариант, т.к.:

- проблема содержания в воде $\text{CO}_2_{\text{раств}}$ при ее добыче из неуправляемой становится управляемой путем регулирования объема водоотбора из верхнего и нижнего валанжина (это связано с тем, что колебания качества воды в источнике, помимо водоотбора из скважин, подвержены влиянию многообразных природных факторов и не всегда могут контролироваться теми или иными техническими и технологическими решениями);

- исключается или минимизируется проблема использования бактериально загрязненной воды источника Нарзан и технологии ее очистки;

- смешение воды с разными концентрациями $\text{CO}_2_{\text{раств}}$ позволяет подобрать ее оптимальные параметры при использовании для бальнеолечения;

- создание регулируемой системы отбора воды с разными параметрами качества позволяет реализовать гибкий регламент подачи воды в разные сезоны года для целей бальнеолечения и розлива в зависимости от изменения потребности; при этом объем воды, подаваемой для розлива, может быть заметно увеличен.

Вышеизложенное позволяет предложить третий вариант схемы разработки Центрального участка в качестве основного рабочего варианта при проведении работ по переоценке запасов Кисловодского месторождения, заменив неуправляемую систему качества воды управляемой с гибкими возможностями регулирования объемов добычи воды

разного качества, подаваемой для бальнеолечения и розлива. Одновременно снимается проблема использования бактериально загрязненной воды источника Нарзан.

Литература

1. Погорельский Н.С. Углекислые воды большого района Кавказских Минеральных Вод. Ставрополь, 1973. 391 с.
2. Потапов Е.Г., Бондарева Г.Л. Источник Нарзан – двадцать лет спустя (1993 – 2013 годы). Курортная медицина. Сб. науч. тр. / Пятигорск. 2013. № 1. С. 17-21.
3. Потапов Е.Г., Юрьев В.В. Особенности режима источника «Нарзан» в XX-XXI веках // В кн.: Будущее гидрогеологии: современные тенденции и перспективы. - Санкт-Петербург, 2008. С. 360-364.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Г.П. Евграшкина, О.Е. Калинкина

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепропетровск, Украина,
E-mail: olga_miraclesabadash@mail.ru*

Аннотация. Добыча угля в Западном Донбассе сопровождается интенсивным водоотливом, который существенно изменяет эколого-гидрогеологические условия шахтных полей и прилегающих к ним территорий. Создание математических моделей необходимо для решения прогнозных гидрогеологических задач. Результаты использованы для научного обоснования оптимальных условий эксплуатации одиночных и взаимодействующих шахт и разработки комплекса природоохранных мероприятий гидрогеологической направленности. Математической основой создания моделей является классическая теория скважин. Правомерность такого подхода и адекватность моделей фактическим гидрогеологическим условиям исследуемой территории подтверждена результатами режимных наблюдений.

Abstract. Coal production in Western Donbass accompanied by intense water offtakes which significantly modifies the ecological-hydrogeological conditions of the mine fields and adjacent territories. Creation of mathematical models is necessary for decision prognosis hydrogeological tasks. The results were used for the scientific substantiation optimal operating conditions of single and interacting mines and develop set of environmental protection measures hydrogeological orientation. The mathematical basis for creating models is classical theory of drill holes. The rightfulness this approach and adequacy models actual of the hydrogeological conditions researched territory is confirmed by the results of regime observations.

В Западном Донбассе построено 11 угольных шахт. По геологическим условиям и расположению в плане они делятся на восточную, центральную и западную группы. Для каждой из них созданы математические модели изменения гидрогеологических условий прилегающих территорий. Методика и результаты исследований для восточной группы шахт изложены в работе [2]. Здесь рассматривается центральная часть месторождения. Характеристика центральной группы шахт представлена в таблице.

Таблица

Характеристика центральной группы шахт

Расчетный номер шахты	Название шахты	Год ввода в эксплуатацию	Максимальная глубина горных выработок, м	Средняя величина шахтного водоотлива, тыс. м ³ /сут	Водопроницаемость осушенного слоя Т, м ² /сут	Минерализация шахтных вод, г/дм ³	Индекс дренируемых горизонтов	Средняя водоотдача μ, доли единиц	Уровнепроводность а, м ² /сут
7	Самарская	1973	120	8,81	90	7,5	P ₂ C _{IV}	0,1	900
8	Днепровская	1975	260	5,34	29	6	P ₂ C _{IV}	0,124	233,4
11	Имени Сташкова	1982	140	43,79	120	2,66	P ₂ C _{IV}	0,09	1332,9

В центральную группу входят шахты Самарская, Днепровская и Имени Сташкова (рис.). Радиус шахт составляет 3 м. В основу математического обоснования моделей положена классическая теория одиночных и взаимодействующих скважин в установившемся и неуставившемся режимах движения подземных вод. Основной принцип их создания: каждая шахта рассматривается как скважина с большим диаметром. Задачи по тематике шахтного водоотлива решаются для гидрогеологического обоснования оптимальных условий эксплуатации, оценки инвестиционной привлекательности действующих шахт, закрытия нерентабельных и по окончании срока действия, и для научного обоснования комплекса природоохранных мероприятий гидрогеологической направленности.

Процесс движения подземных вод к скважине в радиальной системе координат описывается следующими уравнениями [3]:

1) в установившемся режиме фильтрации

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = 0; \quad (1)$$

2) неуставившемся режиме

$$\frac{a}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial H}{\partial r} \right) = \frac{\partial H}{\partial t}. \quad (2)$$

Уравнение (1) имеет аналитическое решение для задачи с граничными условиями $Q = \text{const}$, $H_R = H_0$:

$$S = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{R}{r}, \quad (3)$$

$$R = 1,5\sqrt{at}. \quad (4)$$

Для уравнения (2) с аналогичными условиями предложено решение

$$S = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2,25at}{r^2}. \quad (5)$$

Формулы для расчета понижения в трёх взаимодействующих скважинах содержат 3 слагаемых вида (3) или (5) в зависимости от постановки решаемой задачи.

Для шахты «Самарская» они имеют следующий вид:

$$S_7 = \frac{Q_7}{2\pi T_7} \ln \frac{R_7}{r_7} + \frac{Q_8}{2\pi T_8} \ln \frac{R_8}{r_8} + \frac{Q_{11}}{2\pi T_{11}} \ln \frac{R_{11}}{r_{11}}, \quad (6)$$

$$S_7 = \frac{Q_7}{4\pi T_7} \ln \frac{2,25a_7 t}{r_7^2} + \frac{Q_8}{4\pi T_8} \ln \frac{2,25a_8 t}{r_{7-8}^2} + \frac{Q_{11}}{4\pi T_{11}} \ln \frac{2,25a_{11} t}{r_{7-11}^2}. \quad (7)$$

В математических выражениях (1) – (7) приняты такие обозначения: H – гидродинамический напор, м; r – радиальная пространственная координата, м; a – коэффициент уровнепроводности, м²/сут; Q – величина шахтного водоотлива, м³/сут; H_0 – ненарушенный водоотливом гидродинамический напор, м; S – понижение подземных вод под влиянием водоотлива в шахте и на прилегающих территориях, м; R – приведенный радиус питания, м; t – время прогнозного или эпигнозного расчета, сут; r_{7-8} , r_{7-11} – расстояние между шахтами, м.

Индексы 7,8,11 определяют принадлежность показателя соответствующей шахте. Уравнения для шахт им. Сташкова и Днепровская записываются аналогично.

Адекватность моделей природным условиям доказана путем сопоставления результатов эпигнозных расчетов с данными режимных наблюдений. Для территории, прилегающей к восточной группе шахт, она изменяется в интервале 7,7 – 40 %. Для участков с максимальной погрешностью планируются проверка и уточнение гидрогеологических параметров путем решения серии инверсных задач и дополнительных полевых определений. На величину погрешности существенно влияет осреднение гидрогеологических параметров.

На модели воспроизведена последовательность ввода шахт в эксплуатацию. Первой была построена шахта Самарская в 1973 году. Два года она работала как «одиночная скважина». За этот период в ней создано понижение

$$S_7 = \frac{Q_7}{4\pi T_7} \ln \frac{2,25a_7 t}{r_7^2} = 93,6 \text{ м.}$$

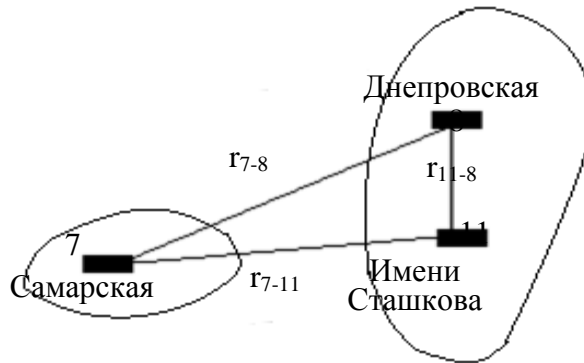


Рис. Схема расположения центральной группы шахт

Условные обозначения:

7 – Самарская; 8 – Днепровская; 11 – Имени Сташкова.

○ – изолинии депрессионных воронок с понижением 1 м на конец 2015 года

Приведенный радиус питания согласно формуле (4) составит за этот период 1110 м.

С 1975 по 1981 г. эксплуатируются 2 шахты – Самарская и Днепровская в режиме двух «одиночных скважин». Срок действия шахты Самарская на конец 1981 года составил 9 лет, Днепровской – 7 лет. Приведенные радиусы питания, оцененные из решения (4) составили $R_7 = 2354$ м; $R_8 = 1158$ м, при понижениях $S_7 = 103,3$ м; $S_8 = 141,9$ м. Расстояние между этими шахтами $r_{7-8} = 8000$ м, поэтому на расчётный момент времени они не оказывали взаимопонижающего влияния.

С начала 1982 года в эксплуатацию месторождения включилась шахта им. Сташкова. Она находится на расстоянии 7300 м от шахты Самарская и 1700 м от шахты Днепровская. В режиме взаимодействующих последние, согласно результатам моделирования, подтвержденным режимными наблюдениями, начали работать с 1990 года, а все три станут взаимодействующими в 2040 году, по истечению запланированных сроков их эксплуатации.

Изолинии депрессионных воронок с понижением 1 м на конец 2015 года представлены на рисунке. Режимные наблюдения для подтверждения её достоверности отсутствуют. В этот период шахта Самарская работает как одиночная скважина, Днепровская и им. Сташкова – как две взаимодействующие. Поэтому формула расчёта понижения в шахте Самарская имеет вид:

$$S_7 = \frac{Q_7}{4\pi T_7} \ln \frac{2,25a_7 t_7}{r_7^2} = \frac{8,81}{4 \cdot 3,14 \cdot 90} \ln \frac{2,25 \cdot 900 \cdot 365 \cdot 42}{9} = 117,27 \text{ м.}$$

Для Днепровской и им. Сташкова соответственно

$$S_8 = \frac{Q_8}{4\pi T_8} \ln \frac{2,25a_8 t_8}{r_8^2} + \frac{Q_{11}}{4\pi T_{11}} \ln \frac{2,25a_{11} t_{11}}{r_{8-11}^2} = 261,2 \text{ м,}$$

$$S_{11} = \frac{Q_{11}}{4\pi T_{11}} \ln \frac{2,25a_{11} t_{11}}{r_{11}^2} + \frac{Q_8}{4\pi T_8} \ln \frac{2,25a_8 t_8}{r_{8-11}^2} = 139,7 \text{ м.}$$

Время t отсчитывается от момента ввода шахты в эксплуатацию, поэтому оно разное.

В числе актуальных задач рассмотрены варианты закрытия шахт в соответствии с правительственными документами о реструктуризации угольной промышленности и учёта их инвестиционной привлекательности [1]. При моделировании мокрой консервации шахт исходим из принципа создания на прилегающих к ним территориях частного случая граничного условия III рода – «перетекание через слабопроницаемый слой сверху вниз» путём водоотбора.

Выводы. 1. Классическая теория скважин является надёжной основой для создания математических моделей изменения гидрогеологических условий в зоне влияния шахтного водоотлива. 2. Принятая методика оценки адекватности модели фактическому изменению гидрогеологических условий требует дальнейшего развития и усовершенствования.

Литература

1. Бондаренко В.И. Пути реструктуризации шахт ГХК «Павлоградуголь» при инвестировании производства // Сборник научных трудов национального горного университета, Днепропетровск, № 17. Т.1., 2003. – С. 141 – 148.
2. Евграшкина Г.П., Калинкина О.Е. Математические модели изменения гидрогеологических условий в зоне влияния шахтного водоотлива / Вісник Дніпропетровського університету. Геологія. Географія. Вип. 16. – С. 113 – 117.
3. Мироненко В.А. Динамика подземных вод. М.: Недра. – 1983. – 357 с.

ОЦЕНКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ СОРБЦИОННОЙ ЁМКОСТИ ПРИРОДНОГО СОРБЕНТА ШИВЫРТУИНА

О.В. Еремин, Е.С. Эпова, Г.А. Юргенсон

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия, E-mail:yeroleg@yandex.ru

Аннотация. На основе стехиометрической формулы шивыртуина – клиноптилолит-монтмориллонитового туфа Шивыртуйского месторождения (Восточное Забайкалье) рассчитана теоретическая сорбционная ёмкость сорбента. Оценка поглотительной способности шивыртуина к редким и рассеянным элементам в водных объектах рудных месторождений Забайкалья показывает потенциальную возможность использования этого природного сорбента в технологиях концентрирования и выделения ценных компонентов из геотехногенных растворов.

Abstract. The stoichiometric formula of shivyrtsuin – clinoptilolite-montmorillonite tuff of Chivyrkuyskoye Deposit (Eastern Transbaikalia) have been received and the theoretical sorption capacity of the sorbent have been calculated. Evaluation of the sorption capacity for rare and trace elements in water sites of ore deposits of Transbaikalia show the potential use of this natural sorbent for technologies of concentration and separation of valuable components from anthropogenic solutions.

Цеолиты представляют класс каркасных алюмосиликатов щелочных и щелочноземельных металлов со связанной водой. Структура цеолитов состоит из системы связанных между собой пор и каналов. Это обеспечивает подвижность внекаркасных катионов и воды, их высокую ионообменную и адсорбционную активность и широкое использование в качестве сорбентов.

Наиболее распространёнными в природе цеолитсодержащими породами (ЦСП) являются клиноптилолитовые туфы. Крупнейшее в России месторождение такого типа Шивыртуйское расположено в Восточном Забайкалье [6]. Туфы этого месторождения – шивыртуины – нашли широкое применение в различных областях современной жизни [5].

Недавно нами показано, что шивыртуины могут использоваться как поглотители редких и рассеянных элементов из геотехногенных растворов на рудных объектах [7]. Вода из штольневых ручьёв, карьерных озёр, водоотстойников обогатительных фабрик представляет не только экологическую опасность ввиду повышенных концентраций растворённых металлов, но и может рассматриваться как потенциальный источник ценных компонентов. Для разработки технологий концентрирования и выделения элементов с применением ЦСП важно оценить их сорбционную ёмкость.

Обобщенный стехиометрический состав цеолитов можно записать формулой [1]:

$$z = (M', M''0.5)_x(H_2O)_n[Al_xSi_{1-x}O_2], x \in (0; 1) \quad (1)$$

где M' , M'' (внекаркасная часть) – катионы щелочных и щелочноземельных металлов; в квадратных скобках – элементы алюмосиликатного каркаса.

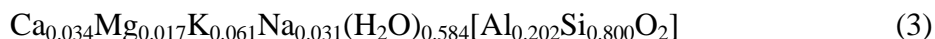
Теоретическая сорбционная ёмкость цеолитов K определяется как максимальное количество способных к ионному обмену внекаркасных катионов, и величину её можно рассчитать по формуле:

$$K = x * 1000 / Mr(z) \text{ (мэкв/г)}, \quad (2)$$

где $Mr(z)$ – молекулярная масса цеолита, x – стехиометрический коэффициент алюминия в формуле (1). Величина K имеет размерность миллиграмм-эквивалент на 1 г сорбента.

Таким образом, для оценки теоретической сорбционной ёмкости цеолитов достаточно иметь запись их стехиометрических формул.

Шивыртуины содержат в среднем от 60 до 90% клиноптилолита, в остальной части преобладающим минералом является монтмориллонит (от 10 до 40 %). В небольших количествах присутствуют полевые шпаты и кварц. На основе химического анализа шивыртуина (%): SiO_2 64.21, Al_2O_3 13.79, CaO 2.54, MgO 0.93, Na_2O 1.28, K_2O 3.86, H_2O 14.07, Σ 100.68) рассчитана стехиометрическая формула сорбента, в предположении, что он полностью состоит из цеолита:



Для стехиометрической формулы шивыртуина (3) теоретическая сорбционная ёмкость по (2) $K=2.68$ (мэкв/г) получается немного больше чем для минерала клиноптилолита – $Na_3K_3[Al_6Si_30O_{72}] \cdot 24H_2O$, $K=2.16$ (мэкв/г). Стехиометрическая формула (3) отличается от формулы клиноптилолита отношением Si/Al , равным соответственно 3.96 и 5. Повышенное содержание Al для (3) обусловлено присутствием монтмориллонита $(Na,Ca)_{0,3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ в составе шивыртуина, отношение Si/Al для которого меньше, чем у клиноптилолита. Поглотительные свойства клиноптилолита и монтмориллонита сопоставимы по теоретическим и экспериментальным работам [3,10].

Нами отобраны и проанализированы образцы проб воды из горных выработок ряда месторождений Забайкалья: карьерного озера Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения [7], водоотстойников действующего рудника месторождения вольфрама Бом-Горхон [4], водотока из штольни бывшего Акатуевского рудника др. В ходе полевых работ *in situ* были проведены эксперименты по насыщению образцов шивыртуина водой на исследуемых объектах. Химический анализ сорбентов до и после фильтрации показал высокую поглотительную способность шивыртуинов к компонентам водных растворов.

Для оценки перспективности использования шивыртуинов как поглотителей редких и рассеянных элементов, определённых в водных объектах забайкальских месторождений, составлена таблица сравнительных данных содержаний химических элементов в воде озера Байкал [2], диапазоны их концентраций в рудах месторождений Забайкалья [8] и теоретические ёмкости K (таблица).

Получаемые практически величины сорбционных ёмкостей цеолитов и ЦСП отличаются от их теоретических ёмкостей. Это зависит от условий проведения экспериментов: размеров частиц сорбентов, кислотности растворов, температуры и др. Для увеличения практической ёмкости цеолитов и ЦСП часто используют различные методы их активации. Одним из них является замещение состава внекаркасных катионов натрием или аммонием [9,11]. Нами показано, что модификация шивыртуина катионами Na^+ приводит к увеличению его сорбционной ёмкости к ионам цинка на порядок, приближаясь к теоретическому значению K .

Анализ таблицы показывает, что теоретические ёмкости шивыртуина для редких и рассеянных элементов выше, чем средние значения промышленно значимых руд на эти элементы. Таким образом, можно говорить о потенциальной возможности использования шивыртуина в технологических схемах добычи ценных компонентов из геотехногенных растворов.

Таблица

**Содержание редких и рассеянных элементов в водных объектах и рудах месторождений
Забайкалья**

Элемент	Базовые уровни, озеро Байкал, мкг/л [2]	Содержание в водных объектах месторождений Забайкалья, мкг/л	Диапазоны содержания в рудах месторождений Забайкалья, мг/г [8]	К, мг/г
Sc	0.0017	11.2 ¹⁾	0.010-0.8	40.16
Y	0.0033	5460 ¹⁾	0.09-1.2	79.42
La	0.024	1600 ⁴⁾	0.06-1.5	124.09
Ce	0.0034	4000 ⁴⁾	0.09-5.0	125.17
Pr	0.0004	300 ⁴⁾	0.03-1.2	125.88
Nd	0.0017	900 ⁴⁾	0.03-1.8	128.85
Sm	0.0004	100 ⁴⁾	0.01-0.9	134.36
Eu	0.00007	4.94 ¹⁾	0.001-0.006	135.75
Gd	0.0005	66.6 ¹⁾	0.02-0.4	140.48
Tb	0.0001	13.7 ¹⁾	0.01-0.2	141.97
Dy	0.0004	91.3 ¹⁾	0.003-0.03	145.17
Ho	0.0001	20.2 ¹⁾	0.001-0.1	147.34
Er	0.0003	52 ¹⁾	0.001-0.03	149.42
Tm	0.00007	7.3 ¹⁾	0.001-0.1	150.91
Yb	0.0003	114.1 ¹⁾	0.001-0.03	154.58
Lu	0.0001	6.69 ¹⁾	0.001-0.03	156.31
Sb	0.031	5.0 ²⁾	5-300	108.77
Be	<0.0014	246 ¹⁾	0.5-15	12.08
Bi	- ³⁾	26.3 ²⁾	0.7-1.1	186.69
Cd	0.08	2690 ¹⁾	0.02-2.6	150.63
Re	0.0008	0.7 ¹⁾	0.015-0.28	166.34
In	-	4.0 ¹⁾	0.003-0.034	102.57
Ag	<0.02	99.6 ³⁾	0.01-0.5	298.09
U	0.55	500 ⁴⁾	-	159.46
Th	0.004	900 ⁴⁾	0.013-15.1	155.44
Pb	0.0005	51.3 ¹⁾	0.003-0.055	182.58

Прим. 1) карьер Шерловогорского ГОКа; 2) водоток из штольни месторождения Акатуй; 3) ручей в отвале месторождения вольфрама Букука; 4) – пруд водоотстойника месторождения Бом-Горхон; 5) - нет данных.

Работа поддержана РФФИ и Правительством Забайкальского края (проект № 14-05-98012 р_сибирь_a)

Литература

1. Бакакин В.В., Серёткин Ю.В. Унифицированные формульные и объемные характеристики в сравнительной кристаллохимии природных цеолитов//Журнал Структурной Химии. 2009. Т. 50, с. 123-130.
2. Ветров В.А., Кузнецова А.И., Склярова О.А. Базовые уровни химических элементов в воде озера Байкал//География и природные ресурсы. 2013. № 3. С. 41-45.
3. Ганебных Е.В., Свиридов А.В., Мальцев Г.И. Извлечение цинка из водных растворов высокодисперсными модифицированными алюмосиликатами//Химия в интересах устойчивого развития. 2015, т.23, № 1, с. 89-95.
4. Ерёмин О.В., Эпова Е.С., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. Прогноз геоэкологических последствий разработки месторождения вольфрама Бом-Горхон (Забайкалье)//Химия в интересах устойчивого развития. 2014, 22, с. 125-131.

5. Ерёмин О.В., Юргенсон Г.А. О некоторых перспективах использования природных цеолитов Забайкалья//Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней. Материалы Всероссийского форума с международным участием, посвящённого 150-летию академика Обручева В.А. 130-летию академика Усова М.А. и 120-летию профессора Урванцева Н.Н. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2013. – С. 167-168.
6. Павленко Ю.В., Белицкий И.А., Серёткин Ю.В. Шивыртуин – цеолитсодержащий туф Восточного Забайкалья//Геология и геофизика. 1989. № 7. С.116-119.
7. Эпова Е.С., Ерёмин О.В., Филенко Р.А., Юргенсон Г. А. Изучение комплексной сорбции в системе геотехногенные растворы – цеолитовые породы//Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 21. с. 207-210.
8. Юргенсон Г.А. Минеральное сырьё Забайкалья: Учебное пособие. Часть I. Книга 2. Редкиеэлементы. Чита: Изд-воПоиск. 2008. 240 с.
9. Jha V.K., Hayashi S. Modification on natural clinoptilolite zeolite for its NH₄⁺ retention capacity //Journal of Hazardous Materials. 2009. № 169. – pp. 29-35.
10. Krishna G. B., Susmita S. G. Adsorption of a few heavy metals on natural and modified kaolinite and montmorillonite: A review//Advances in Colloid and Interface Science. 2008. №140, pp 114–131
11. Xu W., Li L.Y., Grace J.R., Hébrard G. Acid rock drainage treatment by clinoptilolite with slurry .bubble column: Sustainable zinc removal with regeneration of clinoptilolite//Applied Clay Science. 2013. № 80–81, pp. 31–37.

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ ИЛИЙСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Д.К. Калитов ¹, В.А. Завалей ², Б.Р. Кисмельева ², А.Д. Калитова ²

¹ ТОО «Производственная компания «Геотерм», г.Алматы, Казахстан, E-mail: office@geotherm.kz;
² НАО «Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет им. К.И.Сампаева», г.Алматы, Казахстан, E-mail: kismelyevab@mail.ru

Аннотация. Приводятся сведения о термальных подземных водах Илийского артезианского бассейна. Дается характеристика основных водоносных горизонтов, используемых для целей теплофикации и в бальнеологии. Оцениваются перспективы дальнейшего использования.

Abstract. This paper provides information about the thermal groundwater of Ili Artesian Pool. It describes the main aquifers used for district heating and balneology. Prospects of future use are evaluated.

Геотермальные воды являются ценнейшим полезным ископаемым, позволяющим использовать их в качестве постоянного источника тепловых ресурсов, технологических вод промышленных предприятий, для бальнеологических нужд и пр. При этом пригодность теплоэнергетических вод как источников тепла определяется главным образом температурой, однако большое значение для практического их использования имеет также химический состав, агрессивные свойства, интенсивность процессов солеотложения и возможные пути сброса отработанных вод.

Наибольшим распространением на территории Казахстана пользуются водонапорные системы пластового типа, развитые в платформенных областях, межгорных впадинах и краевых прогибах. Подземные воды здесь формируются в краевых частях бассейнов и, проникая на большие глубины, приобретают высокую температуру.

Ярким примером такого бассейна является Илийский артезианский бассейн, занимающий одноименную впадину, вытянутую в широтном направлении на 460км и расположенную между горными хребтами Северного Тянь-Шаня: Заилийском Алатау и Кетменьским хребтом на юге и Жунгарским Алатау на севере. На западе бассейн закрывается хребтом Кендыктас и Чу-Илийскими горами. Это сложно построенный грабен, образовавшийся путем опускания по системе глубинных разломов, унаследованный от герцинской эпохи складчатости и окончательно сформировавшийся в эпоху альпийского

тектогенеза. Крупные тектонические нарушения, ограничивающие бассейн с севера и юга, состоят из серии взбросов и сбросов, обновленных в нижне- и среднечетвертичное время [1].

Илийский бассейн по особенностям глубинного строения четко подразделяется на две структурные единицы: западную – Алматинскую и восточную – Жаркентскую. Граница между ними проходит в районе Кату-Богутинского сужения, представленного сближением одноименных палеозойских блоков. Здесь, по данным геофизических работ, палеозойский фундамент устанавливается на глубинах около 1000 м.

Западная и восточная части бассейна асимметричны. Зоны максимальных прогибов смещены относительно оси бассейна. В Алматинской впадине максимальная глубина залегания палеозойского фундамента превышает 3200 м возможно и более. В Жаркентской впадине наибольшее погружение палеозойского фундамента, по данным геофизических исследований, отмечено в его центральной части и глубина его залегания здесь составляет порядка 5000-5500 м.

Блоковое строение территории бассейна и наличие региональных тектонических разломов предопределило разные гидрогеотермические условия в различных ее частях.

Исследования геотермических условий бассейна проводились путем анализа имеющихся термограмм, снятых в глубоких скважинах и по точечным измерениям температур на различных глубинах. Рассчитанные средние геотермические градиенты изменяются от бортовых частей бассейна к его центру в широких пределах. Так, в Жаркентской впадине они возрастают в указанном направлении от 1,7 до 4,5, иногда до 6, 9. В Алматинском – от 1,5 до 3,8 в районе Калкан-Богутинского сужения, представленного сближением палеозойских блоков – от 1,6 до 4,1 °C/100 м.

Сопоставление карты геотермических градиентов с гидрогеологическими и геологическими материалами, а также с тектоникой района свидетельствует, что в распределении температур в недрах бассейна основную роль играют тектонический, гидродинамический и литологический факторы. Так, на участках Аяк-Калкана, урочища Карадала и др., где происходит разгрузка подземных вод по зонам тектонических нарушений, наблюдаются повышенные величины геотермического градиента.

Для характеристики температурного режима бассейна большое значение также имеет распределение температур по кровле палеозойского фундамента. Температура на кровле палеозойского фундамента в зависимости от его глубины залегания (0,0-5,5 км) колеблется от 8-15 до 155-165 °C. Увеличение температуры не везде пропорционально увеличению глубины: по мере продвижения от периферийных частей бассейна к его центру интенсивность нарастания температуры с глубиной возрастает.

Анализ температурных данных показывает, что в пределах Илийского бассейна проявляются пять геотемпературных зон с температурой до 20 °C, от 20 до 50, 50-75, от 75-100 и свыше 100 °C. Следует отметить, что выделенные геотемпературные зоны не приурочены к определенным стратиграфическим комплексам, а захватывают ряд зон независимо от их стратиграфических границ. Это вполне объяснимо потому, что мощность отдельных комплексов и глубина их залегания резко колеблется.

В пределах Илийского артезианского бассейна выделяют следующие водоносные комплексы с термальной водой - неогеновый, палеогеновый, меловой, юрский и триасовый. Термальные воды развиты и в отложениях палеозойского фундамента.

Неогеновые отложения в Илийском артезианском бассейне пользуются наибольшим распространением и наиболее широко используются в пределах Алматинской впадины для бальнеологических целей многочисленных санаториев и домов отдыха.

Глубина залегания их кровли увеличивается от бортов бассейна к его осевой части от 150-200 до 700-800 м, а подошвы – от 200-250 до 3000-3100 м в Жаркентской и до 2000-2600 м в Алматинской впадинах. В этом направлении закономерно изменяется литолого-фациальный состав слагающих пород неогена. В предгорной части они имеют более грубый

состав, в центральных частях эти образования постепенно без резких границ переходят в мелкозернистые аллювиально-пролювиальные и озерные отложения. В нижней части разреза (миоцен) преобладают плотные, часто загипсованные глинистые породы. В связи с этим изменяется и их водообильность. Дебиты скважин колеблются от 0,5 до 25 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижении уровня воды на 10-42 м. Температура термальных вод меняется от 20,0 до 60-70 $^{\circ}\text{C}$.

Степень минерализации и химический состав подземных вод различных горизонтов в этих отложениях по площади неоднородны. Относительно слабоминерализованные воды приурочены к бортовым частям бассейна и к отложениям верхней части толщи, где водовмещающие породы обладают хорошими коллекторскими свойствами, в результате которых они более промыты. На этих участках общая минерализация не превышает 5-7 $\text{г}/\text{дм}^3$. При удалении от областей питания в сторону центральной части и с глубиной проницаемость пород постепенно ухудшается, создаются затрудняемые условия для водообмена, вследствие чего минерализация подземных вод значительно возрастает (до 25-35 $\text{г}/\text{дм}^3$). Это происходит в основном за счет увеличения ионов хлора и натрия. Подземные воды неогеновых отложений в зонах тектонического нарушений опресняются за счет подтока трещинных вод палеозоя, в результате на этих участках минерализация вод снижается до 2 $\text{г}/\text{дм}^3$.

Содержание в воде микрокомпонентов, в зависимости от общей минерализации, изменяется в $\text{мг}/\text{дм}^3$; йода от 1,5 до 15; брома от 1 до 3; борной кислоты – от 4 до 85 и кремния от 4 до 15.

Наибольший интерес в регионе представляет водоносный комплекс меловых отложений, слагающий Жаркентскую, возможно Алматинскую впадины. Общая мощность меловых отложений изменяется от периферийных частей впадины к ее центральным частям от 15-50 до 300-400 м. Глубина залегания кровли водоносного комплекса, также как и его мощность, увеличивается в том же направлении от 200-400 до 3000-3600 м - в Жаркентском, и возможно от 250-750 до 3000-3200 м в Алматинском бассейне. Водовмещающими породами являются кварцево-слюдистые пески, песчаники и реже конгломераты.

В Жаркентской впадине водоносный комплекс меловых отложений относительно хорошо изучен в предгорной равнине хр. Кетмень (урочище Карадала). Здесь термальные воды залегают на глубине преимущественно от 300 до 600 м. Мощность отдельных водоносных горизонтов колеблется от единицы до 35-45 м, а общая более 100 м. Воды напорные. Пьезометрические уровни, установившиеся на 20-70 м, реже более 100 м выше поверхности земли. Дебиты самоизливающихся скважин составляют от 10 до 140 $\text{дм}^3/\text{с}$, в основном 20 – 60 $\text{дм}^3/\text{с}$. Общая минерализация термальных вод не превышает 1 $\text{г}/\text{дм}^3$, а их химический состав изменяется от гидрокарбонатного кальциевого до гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридного натриево-кальциевого и натриевого. Температура воды, измеренная в скважинах, варьирует от 20 до 60 $^{\circ}\text{C}$.

В центральной части Жаркентской впадины опробование меловых отложений производилось в глубоких скважинах I-ТП, I-Г и 1-РТ и других. В западной части Жаркентской впадины глубина залегания кровли водоносного комплекса изменяется от 200 до 2500 м. Температура воды зависит от глубины залегания водоносного горизонта и среднего геотермического градиента. Для Жаркентской впадины он колеблется от 1,7 до 5,6 $^{\circ}\text{C}/100\text{м}$. В его предгорной части меловой водоносный горизонт залегают на глубинах 250 – 600 м, а в центральной части – 3000 – 3600 м. В соответствии с глубинами залегания горизонта температура воды изменяется от 20 – 30 до 100-125 $^{\circ}\text{C}$ [2].

Основными требованиями к возможности эффективного использования термальных вод являются: температура воды не ниже 35-40 $^{\circ}\text{C}$, сравнительно небольшая глубина залегания (до 1500-3000 м); достаточно высокий геотермический градиент (более 2,5-3 $^{\circ}\text{C}$ на 100 м); высокие напоры подземных вод; невысокая минерализация воды (до 10-15 г/л);

значительные удельные дебиты скважин (более 0,2-0,3л/с); высокая водопроницаемость коллекторов (не менее 10-20м²/сут); наличие достаточно крупного потребителя.

Ограниченность перспектив использования термальных вод определяется либо тем, что термальные воды (от пресных до солёных) имеют температуру не выше 35-40°С, либо тем, что самоизливающиеся высоко нагретые воды имеют высокую минерализацию, вплоть до крепких рассолов.

В Казахстане, начиная с середины прошлого века, проведены комплексные научно-исследовательские и геологоразведочные работы, с целью определения наиболее перспективных регионов для использования геотермальной энергии. Наиболее перспективным для такого первоочередного освоения, с учетом совокупности всех факторов, является Жаркентская впадина.

Основные факторы, подтверждающие целесообразность освоения геотермальных ресурсов Жаркентской впадины, сводятся к следующему.

Рассматриваемый регион относится к территории развития специальной экономической зоны «Хоргос — Восточные ворота» организуемой в соответствии с ключевыми направлениями Стратегического плана развития Республики Казахстан.

Здесь проложена новая железнодорожная магистраль, строятся улучшенные автомобильные дороги, создается крупный теплично-парниковый комплекс, создается комплекс по интенсивному рыборазведению на термальных водах, возводится санаторно-оздоровительный комплекс. Это всё потенциальные потребители тепловой и электрической энергии, которая может быть получена за счет гидроэнергетических ресурсов.

Ранее проведенные исследования показали, что Жаркентская впадина обладает уникальными для Казахстана геотермальными условиями. Воды высоконапорные, пьезометрические уровни выше поверхности земли на 70-360м, расходы скважин на самоизливе достигают 22-60л/с. Минерализация воды при гидрокарбонатно-сульфатном и хлоридно-гидрокарбонатном натриевом составе менее 1 г/л (что само по себе при таких глубинах залегания является уникальным фактором, позволяющим использовать эти воды для любых целей без какой либо подготовки). Температура воды на устье скважин доходит до 99°С. В наиболее погруженных частях впадины температура воды ожидается до 125°С. Эти термальные воды пригодны для централизованного теплоснабжения, а с учетом существующих в скважинах больших напорах и расходах – для выработки электроэнергии.

Наличие огромных запасов геотермальной энергии подтверждено бурением, опробованием и эксплуатацией целого ряда скважин, глубиной до 2800м, вскрывших наиболее перспективный меловой термоводоносный горизонт. Термальные воды скважин 1ТП и 2ТП успешно используются в течение 25 лет для отопления и бальнеолечения санатория и поселка Керимагаш, а также для функционирования тепличных хозяйств. Пробуренная в 50-е годы скважина 1Г дала фонтан пресной термальной воды с дебитом 46л/с с избыточным давлением над поверхностью земли 360м и температурой 96°С. Планируемая расконсервация этой скважины позволит подтвердить этот уникальный результат и использовать при ее эксплуатации полученную тепловую энергию. Из скважины 1РТ был получен водопроток пресных термальных вод с дебитом 24,3дм³/с, пьезометрический уровень установился на отметке 250м выше поверхности земли. Температура воды на изливе, замеренная при проведении опытно-фильтрационных работ составила 99°С.

Естественные запасы геотермальных вод по Жаркентской впадине оценены по ранее проведенным исследованиям для температурных зон 40-75°С, 75-100°С и свыше 100°С. Запасы низкопотенциальных гидрогеотермальных ресурсов составляют 7,0 млрд.м³ по воде и 400 млн. Гкал по теплу (57 млн.тонн условного топлива). Для средне- и высокопотенциальных гидрогеотермальных ресурсов естественные запасы оцениваются,

соответственно: по воде в 16 и 32 млрд.м³ и по теплу в 1360 и 3515 млн. Гкал (195 и 502 млн.тонн условного топлива).

Реализация проектов, направленных на проведение разведочных работ, сопровождающихся бурением разведочно-эксплуатационных скважин и расконсервации и опробованием ранее пробуренных скважин, вместе с уже имеющимися скважинами, позволит оценить эксплуатационные запасы крупнейшего месторождения теплоэнергетических подземных вод площадью около 25км², состоящего из 25-30 компактно расположенных высокодебитных термальных скважин с суммарной производительностью всего водозабора около 1,5-2,0м³/с пресной термальной воды температурой не менее 95-100°С. Эксплуатационные запасы термальных вод мелового термоводоносного комплекса будут обеспечены естественными ресурсами, рассчитываемыми в количестве 2,7 м³/с.

Таким образом, реализация дальнейших проектов на проведение поисково-разведочных работ на геотермальные воды в Жаркентской впадине Алматинской области позволит решить следующие задачи:

- оценить эксплуатационные запасы (с учетом результатов ранее проведенных исследований и использованием метода математического моделирования) крупнейшего месторождения теплоэнергетических подземных вод площадью около 25км², состоящего из 25-30 компактно расположенных высокодебитных эксплуатационных термальных скважин с расчетной суммарной производительностью всего водозабора около 1,5-2,0м³/с пресной термальной воды температурой не менее 95-100°С;

- учитывая уникальное качество пресных термальных подземных вод Жаркентской впадины разработать и реализовать схему комплексного безотходного и экологически безупречного их использования, начиная с выработки электроэнергии с дальнейшим съемом тепла для целей отопления и теплофикации, технологического и бытового горячего водоснабжения, интенсивного рыбозаведения и использования охлажденной воды для орошения земель;

- показать пример широкого использования в развивающемся регионе специальной экономической зоны «Жоргос - Восточные ворота» нетрадиционных источников энергии, которыми являются термальные подземные воды, что согласуется с указаниями Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева о широком внедрении ресурсосберегающих технологий, инструментов «зеленой экономики» - главными составляющими индустриальной политики нашего государства на ближайшие десятилетия.

Литература

1. Бондаренко Н.М, Канн М.С., Мухамеджанов С.М. др. Гидрогеотермические ресурсы юга и северо-востока Казахстана.// Алматы: изд-во «Наука», 1988. 127с.
2. Подземные термальные воды Казахстана / Мухамеджанов С.М., Сыдыков Ж.С., Бондаренко Н.М., Канн М.С., Айтұаров Т.Т., и др.// Алма-Ата: 1990. 90 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ЮГА СИБИРИ В ЛЕЧЕБНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ

А.А. Коханенко, Н.Г. Сидорина, Н.К. Джабарова

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Томск, Россия,
E-mail: resurs@niikf.tomsk.ru*

Аннотация. Дана характеристика и типизация лечебных минеральных вод эксплуатируемых и перспективных для освоения месторождений Алтае-Саянского региона. Показаны возможности их использования в лечебно-оздоровительных целях.

Abstract. The characteristic and typification of fields of mineral waters, which operated and perspective for development of the Altai-Sayansk region is given. Possibilities of their use in the medical and improving purposes are shown.

Санаторно-курортная сеть Сибирского федерального округа сосредоточена, в основном, в южных регионах Сибири, расположенных в лесных, лесостепных, степных и горных ландшафтах умеренных широт. Оценка качества ландшафтных и медико-климатических условий отдельных лечебных местностей показала наличие большого разнообразия оздоровительных свойств территорий юга Сибири, которые по лечебному воздействию могут сравниться с известными курортами юга европейской территории России [2]. Рекреационная ценность этих территорий обусловлена уникальным сочетанием природных факторов - разнообразных форм рельефа, ландшафта, климата, наличием разнообразных минеральных вод и лечебных грязей.

На основе многолетних исследований выполнена оценка качества лечебных минеральных вод эксплуатируемых месторождений и перспективных водопроявлений Алтае-Саянской складчатой области. В исследуемом регионе разведаны и утверждены запасы более чем 20 месторождений подземных минеральных вод, эксплуатационные ресурсы которых составляют около 5 тыс. м³/сут. Среди них углекислые, радоновые, азотные термальные и воды, лечебное действие которых определяется ионно-солевым составом. Воды широко используются в лечебной практике известных здравниц Сибири (таблица).

Углекислые минеральные воды представлены месторождениями, не входящими в главную область распространения углекислых вод на территории России, а относящимися к более древним структурам проявления вод (Кожановское и Терсинское месторождения) [1]. Воды Кожановского месторождения залегают в трещиноватых песчаниках и алевролитах верхнего девона, в которых формируется локальный горизонт минеральных вод, протягивающийся в виде узкой полосы по долине р. Журы. Режим Кожановского месторождения тесно связан с атмосферными осадками и носит явно выраженную сезонность. Минимальное содержание углекислоты отмечается в конце апреля - начале мая (1,8-2,2 г/дм³), наибольшее в осенне-зимний период, что необходимо учитывать при назначении лечебных процедур. Углекислая маломинерализованная железистая гидрокарбонатная магниевое-кальциевая вода Кожановского месторождения применяется в виде питья, ингаляций и ванн в санатории «Красноярское Загорье». Углекислая среднеминерализованная железистая кремнистая гидрокарбонатная кальциево-натриевая вода Терсинского месторождения используется в санатории «Славино» Кемеровской области, а также для розлива минеральной воды «Терсинка» в г. Новокузнецк. Питьевое применение углекислых вод показано при хронических гастритах, хронических заболеваниях печени и желчевыводящих путей, хронических панкреатитах, хронических заболеваниях мочевыводящих путей. Вода Кожановского месторождения также рекомендуется при железодефицитной анемии и болезнях обмена веществ, в частности при диабете.

Минеральные углекислые воды показаны для наружного применения при лечении заболеваний сердечно-сосудистой, нервной систем и др.

Азотные термальные воды Белокурихинского и Уш-Белдирского месторождений формируются в бассейнах трещинно-жильных вод Алтая и Саян в массивах кристаллических пород, для которых характерно высокое содержание фтора.

Белокурихинское месторождение является ресурсной базой климатобальнеологического курорта федерального значения «Белокуриха» в Алтайском крае. В гидрогеологическом отношении месторождение расположено на границе двух крупнейших гидрогеологических структур: Западно-Сибирского артезианского бассейна и Саяно-Алтайской складчатой области. Подземные воды этой территории относятся к бассейну трещинных вод Горного Алтая. Минеральные воды Белокурихинского месторождения относятся к типичным азотно-кремнистым термам, а зональным по содержанию в них радона. По составу воды слабоминерализованные слаборадоновые сульфатно-гидрокарбонатные натриевые. Многолетними клиническими и экспериментальными исследованиями (Казначеев В.П., Эфендиев Б.А., 2009) установлен эффект гормезиса белокурихинских вод – реагирование клеточных и тканевых структур на сверхмалые дозы радоновых аппликаций, что определяет уникальность данных вод.

Используемые в настоящее время минеральные воды Белокурихинского месторождения соответствуют своему пределу (запасы минеральных вод переоценены и утверждены в количестве 600 м³/сут.). Изменение режима эксплуатации подземных вод (увеличение производительности водозаборов) может привести к нарушению гидродинамического режима. По мнению специалистов (ФГУП «Гидроспецгеология») понижение пьезометрического уровня термальных вод может привести к попаданию радона в грунтовые воды [4]. В настоящее время развитие курорта Белокуриха ведётся за счёт освоения Искровского месторождения радоновых вод, расположенного в 15 км к западу от города-курорта Белокуриха. Данное месторождение и расположенное рядом Черновское занимают аналогичную геолого-структурную позицию в пределах Белокурихинского массива и образуют единую «термальную линию», контролируемую Белокурихинским разломом [3]. Искровское месторождение минеральных вод с содержанием радона 40-50 нКи/дм³ рекомендовано к эксплуатации с утверждёнными запасами минеральных вод в количестве 830 м³/сут (ГКЗ, 1991) для курортно-рекреационного комплекса «Белокуриха-2», что позволит значительно снизить нагрузку на действующий курорт «Белокуриха».

Уш-Белдирское месторождение минеральных вод расположено в пределах Восточно-Тувинского нагорья. Режим Уш-Белдирских термальных вод определяют системы крупных тектонических нарушений, развивающихся над Беллино-Бусинским меридиональным глубинным разломом. Высокотермальные кремнистые сероводородные слабоминерализованные сульфатно-гидрокарбонатные натриевые воды используются для наружного применения на сезонном курорте «Уш-Белдир».

Перспективным для освоения является источник «Абаканский горячий ключ» (Республика Хакасия). Азотные термальные воды встречены в зоне глубинного регионального разлома на границе между Западным Саяном и Кузнецким Алатау. Вода источника слаботермальная (Т 38°C) кремнистая (H₂SiO₃ 60-75 мг/дм³) слабоминерализованная хлоридно-гидрокарбонатная магниевое-кальциевое-натриевая.

В восточных отрогах Кузнецкого Алатау на юго-восточном склоне Батеневского кряжа разведано Дикоозёрское месторождение минеральных радоновых вод, приуроченное к зоне дробления кремнистых и графито-глинистых сланцев, чередующихся друг с другом по простиранию. Радиоактивность подземных вод связана с содержанием урана в зонах дробления. Вода Дикоозёрского месторождения слабоминерализованная среднерадоновая сульфатно-гидрокарбонатная магниевое-кальциевая со слабощелочной реакцией водной

Таблица

Типизация минеральных вод Алтай-Саянского региона

Местоположение водопункта, № скважины	M, г/дм ³ , рН, T, °C	Химическая формула	Спец. комп-ты, мг/дм ³ , Rn, нКи/дм ³	Типизация	Утвержд. запасы, м ³ /сут, год	Применение
Кожановское месторождение Скважина № 11	3,3 6,4	HCO ₃ 92 SO ₄ 7 Cl 1 ----- Ca 62 Mg 32 (Na+K) 6	CO ₂ 1800-4500 Fe 19-28	Питьевая лечебно-столовая IV б группа* Наружное применение 1.1. группа** Дарасунский тип	515 1977	Санаторий «Красноярское Загорье», Красноярский край промышленный розлив
Терсинское месторождение Скважина № 1011	4,9 6,9	HCO ₃ 95 Cl 5 ----- (Na+K) 65 Ca 24 Mg 11	CO ₂ 1550- 3000 H ₂ SiO ₃ 80 - 100 Fe - 10-19	Питьевая лечебно-столовая II а группа* Терсинский тип	172 1968	Санаторий «Славино» Кемеровская область, промышленный розлив
Белокурихинское месторождение Скважины №№ 3Э, 4Э	0,4 8,9 T 38	(HCO ₃ +CO ₃) 49 SO ₄ 35 Cl 16 ----- (Na+K) 92 Ca 8	H ₂ SiO ₃ 80-163 F 19-27 Rn 5-8	Наружное применение 3 группа** Белокурихинский тип	600 1996	Курорт «Белокуриха», Алтайский край
Уш-Бельдирское месторождение Скважины №№ 4 (1РЭ), 7 (3РЭ), 11(10РЭ)	0,7 9,4 T 80	(HCO ₃ +CO ₃) 59 SO ₄ 35 Cl 6 ----- (Na+K) 96 Ca 4	H ₂ SiO ₃ 272 F 12 H ₂ S 18	Наружное применение 4 группа** Уш-Бельдирский тип	656 1966	Курорт «Уш-Белдир» Республики Тыва
Дикоозерское месторождение Скважины №№ 12, 341, 342	0,7 7,6	HCO ₃ 49 SO ₄ 48 Cl 3 ----- Ca 60 Mg 21 (Na+K) 19	Rn 31-129	Наружное применение 3 группа** Кисегачский тип	265 1986	Санаторий «Туманный» Республики Хакасия
Борисовское месторождение Скважины № 11, 11-Бис	3,6 8,3	(HCO ₃ +CO ₃) 91 Cl 9 ----- (Na+K) 99 Ca 1		Питьевая лечебно-столовая I группа* Горячключевский № 1 тип	65 2006	Санаторий «Борисовский» Кемеровская область, промышленный розлив
Берёзовоярское месторождение Скважина № 110-бис	2,4 8,8	(HCO ₃ +CO ₃) 71 Cl 29 ----- (Na+K) 98 Ca 2		Питьевая лечебно-столовая XXV группа* Карачинский тип	138 2001	Санаторий «Сосновый бор» Кемеровская область, промышленный розлив
Учумское месторождение Скважина № Р-2/1	2,8 7,6	SO ₄ 74 HCO ₃ 20 Cl 6 ----- Ca 56 (Na+K) 33 Mg 11		Питьевая лечебно-столовая XII группа* Казанский тип	50 2002	Промышленный розлив
Тагарское месторождение Скважина № 5	2,5 8,0	Cl 65 SO ₄ 20 HCO ₃ 15 ----- (Na+K) 77 Mg 12 Ca 11		Питьевая лечебно-столовая XXX группа* Калининградский тип	35,5 2001	Санаторий «Сосновый бор» Красноярский край, промышленный розлив
Ширинское месторождение Скважина № 20	2,8 7,5	SO ₄ 74 Cl 17 HCO ₃ 9 ----- (Na+K) 56 Ca 24 Mg 20		Питьевая лечебно-столовая XIII группа* Кашинский тип	85 1991	Курорт «Озеро Шира», Республика Хакасия промышленный розлив

* Типизация вод проведена в соответствии с ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые».

** Типизация вод проведена в соответствии с критериями оценки минеральных вод, установленными Минздравом РФ.

среды. Минеральные воды Дикоозёрского месторождения являются лечебной базой центра реабилитации ФСС «Гуманный» в Республике Хакасия.

В регионе имеются возможности расширения лечебной гидроминеральной базы действующих здравниц и перспективных лечебно-оздоровительных местностей. В Республике Тыва разведано Шивилигское месторождение радоновых вод, расположенное в альпийской долине на южном склоне горных отрогов Западного Саяна на высоте 1750 м. Разгрузка радоновых вод идёт в виде нисходящих рассредоточенных источников с содержанием радона 3-13 нКи/дм³. Воды разведочных скважин (утв. запасы 309 м³/сут) слабоминерализованные слаборадоновые (Rn 25-45 нКи/дм³) хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-натриево-кальциевые холодные. В водах определён широкий спектр микроэлементов в концентрациях, определяющих их биотическое действие; выявлена активная микрофлора, способствующая накоплению азота в составе газа. Разработана технология применения холодных слаборадоновых вод источников в виде кратковременных обливаний у больных шейным остеохондрозом в сочетании с дозированными климатолечебными процедурами.

В Красноярском крае перспективно для курортно-рекреационного освоения месторождение радоновых вод «Солонечное», расположенное в области сопряжения древних структур Восточного Саяна. Месторождение радоновых вод сформировано в пределах вулканогенно-тектонической депрессии (Солонечная мульда). На исследуемом участке радоновые воды распространены повсеместно. Воды слабоминерализованные слаборадоновые сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, содержащие сероводород и железо двухвалентное до 3 мг/дм³. Учитывая наличие утверждённых запасов минеральных радоновых вод (110 м³/сут по кат. С1, ТКЗ, 2004 г.) и благоприятные ландшафтно-климатические условия территории, участок «Солонечное» выделен в перспективную лечебно-оздоровительную местность для освоения.

Минеральные воды, лечебное действие которых определяется минерализацией и ионно-солевым составом широко распространены и используются в санаторно-курортной практике рассматриваемого региона. Ведется промышленный розлив маломинерализованных вод в качестве минеральных питьевых лечебно-столовых, используемых для профилактики и лечения различных заболеваний по показаниям для каждой группы вод. При эксплуатации месторождений минеральных вод необходимо строго соблюдать зоны горно-санитарной охраны и выдерживать нормативы по водоотбору для предотвращения истощения гидроминеральных ресурсов и ухудшения их качества.

Литература

1. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты/ С.Р. Крайнов, Б.Н. Рыженко, В.М. Швец; Отв. ред. академик Н.П. Лавров. - М.: Наука, 2004 - 677 с.
2. Курортные и лечебно-оздоровительные местности Сибири: справочник /Н.К. Джабарова, Э.С. Яковенко, И.А. Луковская и др.; под ред. проф. Е.Ф. Левицкого.-Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2009. - 208 с.
3. Логинов А.А. Новые данные о величине эксплуатационных запасов радоновых терм Белокурихинского месторождения на Алтае/ А.А. Логинов // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. - 1998. - № 6. - С.50-51.
4. Радченко Г.И. Геолого-экологические исследования ФГУПП «Гидроспецгеология» на Алтае/ Г.И. Радченко //Разведка и охрана недр. - 2008. - № 10. - С. 73-76.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ПОДТОПЛЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУЧЕВОГО ДРЕНАЖА

К.И. Кузеванов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия;
E-mail: kki@tpu.ru*

Аннотация. Развитие подтопления способно существенным образом осложнить эксплуатацию инженерных сооружений. Это требует разработки эффективных мер по предотвращению негативных последствий подъема уровней подземных вод. В случае особо ответственных сооружений повышаются требования к надёжности прогноза изменения гидрогеологических условий под влиянием эксплуатации защитных мероприятий. В статье рассматриваются вопросы прогноза изменения гидрогеологических условий на участке хранения высокорadioактивных отходов под влиянием лучевого дренажа.

Abstract. Flooding development is capable to complicate operation of engineering constructions essentially. It demands working out of effectual measures on prevention of negative consequences of ascending gradient of levels of underground waters. In case of especially responsible constructions requirements to reliability of the forecast of change of hydrogeological conditions under the influence of operation of protective actions raise. In article questions of the forecast of change of hydrogeological conditions on a lot of storage of a highly radioactive waste under the influence of a beam drainage are considered.

Объект исследования представляет собой полигон площадью 83200 м² для хранения твердых радиоактивных отходов. В составе хранилища находятся несколько земляных траншей и железобетонных сооружения для хранения отходов низкого, среднего и высокого уровня активности. Траншеи расположены рядами, линейно ориентированными с северо-запада на юго-восток и частично заполнены. Дальнейшая эксплуатация объекта возможна только в случае понижения уровня подземных вод в соответствии с требованиями санитарных норм.

Задача исследования и прогноза изменения гидрогеологических условий связана с обоснованием инженерной защиты хранилища от подтопления грунтовыми водами и выполнением гидротехнических расчетов дренажной системы в вариантной постановке для устранения проявляющихся признаков подтопления объекта. За счет техногенного изменения рельефа, поверхностного стока и режима питания произошло изменение общей гидродинамической структуры первого от поверхности горизонта подземных вод. Предельная допустимая глубина залегания уровня грунтовых вод контролируется профилем дна незаполненных траншей переменной глубины, его отметки изменяются от 208,0 м на северо-западе до 212,8 м на юго-востоке площадки.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются повсеместным распространением подземных вод. Первым от поверхности залегает водоносный горизонт грунтовых поровых вод со свободной поверхностью, приуроченный к четвертичным аллювиально-делювиальным отложениям (adQ).

Водоносный горизонт имеет площадное распространение. Питание осуществляется в основном при инфильтрации атмосферных осадков и, предположительно, за счет разгрузки трещинно-жильных вод, приуроченных к метаморфическим породам архейского возраста, имеющих удаленные области питания. Водоносный горизонт грунтовых вод характеризуется сильно изменяющейся мощностью и составом водовмещающих пород, но имеет единую свободную поверхность. Водоупорным ложем служат элювиальные грунты коры выветривания гнейсов.

Необходимость численного моделирования для прогноза изменения гидрогеологических условий на участке проектирования лучевого дренажа обусловлена

сложностью строения гидрогеологического разреза в районе размещения хранилища радиоактивных отходов.

В таких условиях прогнозировать работу дренажной системы наиболее полно можно только с использованием приемов численного моделирования. Эта технология позволяет наиболее полно учитывать в прогнозных гидродинамических расчётах как наличие слоистого строения водовмещающей толщи, так и сложную форму внешних (русла ручьев) и внутренних (горизонтальные скважины) граничных условий [1, 2].

В основу численной модели области фильтрации положены материалы отчета об инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях в рамках комплексного инженерно-радиационного обследования площадки и проекта гидрогеологических работ по обоснованию инженерной защиты от подтопления грунтовыми водами, выполненных в 2003 году. Строение разреза формализовано на основе создания конечно-разностной сетки области фильтрации, которая учитывает наиболее существенные черты формирования фильтрационного потока в естественных и нарушенных условиях.

Использование лучевого дренажа для борьбы с повышением уровня подземных вод обусловлено особенностями хранилища. Его территория не доступна для проведения строительных работ. Дренажные горизонтальные скважины предложено проходить из колодцев за периметром площадки [3, 4].

В результате схематизации гидрогеологических условий получена действующая модель проектного лучевого дренажа в области фильтрации и выполнено прогнозное гидродинамическое моделирование. Эффективность дренажных работ показана на картах прогнозных напоров, отражающих изменение уровней подземных вод на пятидесятилетний срок эксплуатации дренажной системы.

Верхняя граница водовмещающей толщи совпадает с поверхностью рельефа. Отметки рельефа приняты по карте фактического материала для участка, ограниченного руслами естественных постоянно действующих водотоков. Численная модель охватывает площадь 500×700 м с размерами отдельной ячейки 10×10 м, т.е. имеет размерность конечно-разностной сетки в плане 50×70 ячеек.

Толща водовмещающих горных пород рассматривается по вертикали до условной границы зоны активного водообмена, за которую принята поверхность водоупорного ложа. В качестве подошвы водовмещающей толщи рассматривается поверхность кровли элювиальных грунтов коры выветривания гнейсов, на отдельных участках - юрских глин. Поверхность этого водоупора имеет уклон в сторону главной естественной дрены. Глубина залегания кровли водоупорных пород изменяется от 4 до 27 м.

Геологический разрез водовмещающей толщи представлен чередованием суглинков и супесей, имеющих в основании разреза пески и гравийные отложения. На численной модели каждая литологическая разность горных пород представлена отдельным слоем конечно-разностной сетки.

Подземный сток в районе исследования находится под существенным влиянием естественных факторов и определяется наличием избыточного (по сравнению с величиной испарения) инфильтрационного питания. По оценкам предыдущих исследований среднемноголетняя величина атмосферных осадков как основного источника инфильтрационного площадного питания оценивается на уровне 479 мм/год, что в пересчете на ежедневную интенсивность может составлять 0,0013 м/сут. На численной модели эта величина уточнялась с учетом особенностей формирования и интенсивности поверхностного стока.

В таких условиях на положение уровней подземных вод могут оказывать существенное влияние техногенные факторы, связанные в первую очередь с перераспределением поверхностного стока. Создание траншей, выемок в рельефе, протяжённых насыпей и т.п. может приводить к существенному изменению (замедлению) поверхностного стока и, как

следствие, к увеличению интенсивности инфильтрационного питания на локальных участках. Такого рода техногенные воздействия на поверхностный сток могут приводить к существенному росту уровней подземных вод, поскольку строение геологического разреза представлено в основном слабопроницаемыми грунтами с коэффициентами фильтрации не превышающими 0,1 - 0,2 м/сут.

Процесс решения геофильтрационной задачи сводится к управлению потоком подготовленных исходных данных и параметрами численного решения в соответствии с поэтапной программой прогнозного моделирования.

На первом этапе выполнялось решение геофильтрационной задачи в стационарной постановке без учета работы дренажных сооружений. Основная цель моделирования на этом этапе заключается в сопоставлении пространственного распределения напорного поля с данными замеров уровней подземных вод по гидрогеологическим скважинам. В итоге получено модельное распределение напоров в естественных условиях стационарной безнапорной фильтрации и количественные параметры дополнительного питания.

С этой целью на модели области фильтрации выполнена серия численных экспериментов, в ходе которых уточнялась количественная оценка интенсивности инфильтрационного питания. Экспериментально установлено, что на модели значения этой величины изменяются зонально: минимальное составляет 0,0001 м/сут в центральной части модели, максимальное достигает 0,009 мм/сут на юго-западе, в северной части фиксируется 0,002 м/сут. Это эквивалентно 36,5 мм/год, 730 мм/год и 3285 мм/год соответственно. При этих значениях получено удовлетворительное совпадение расчетных напоров и уровневой поверхности подземных вод, построенной результатам обработки данных режимных наблюдений (рис. 1 а). Зона повышенной инфильтрации, пространственно соответствует участкам нарушенного рельефа с затруднёнными условиями поверхностного стока.

На втором этапе моделировалась работа дренажной системы в условиях стационарного фильтрационного потока, т.е. на период окончания перестройки напорного поля под влиянием искусственного возмущения (рис. 1 б). Основная цель при этом заключается в получении карты гидроизогипс безнапорного водоносного горизонта в нарушенных условиях полной стабилизации уровней подземных вод после ввода лучевого дренажа в эксплуатацию. Изменение уровней подземных вод в контрольных точках на продольной оси хранилища, формирующееся в процессе работы дренажной системы показано в таблице.

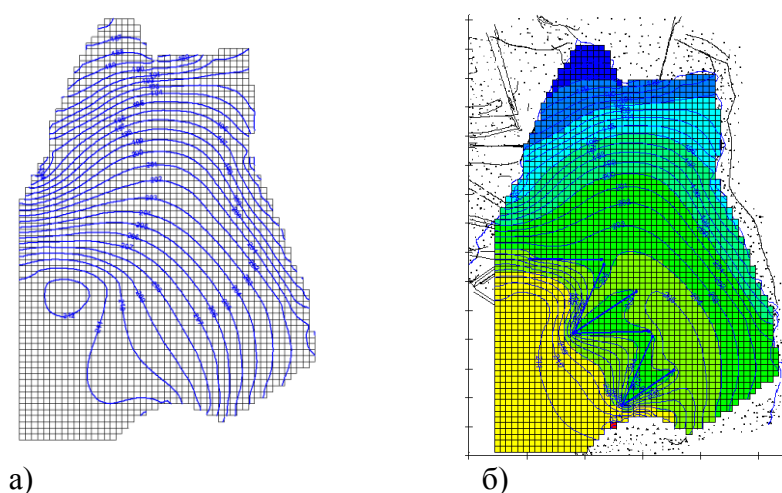


Рис. 1. Прогноз работы дренажной системы в естественных условиях (а) и в течение первого года эксплуатации (б)

Снижение уровней подземных вод под влиянием дренажа имеет явно выраженный неравномерный характер (рис. 2). Максимальные темпы снижения уровней подземных вод

формируются в течение приблизительно 2000 сут (5,5 лет). В течение последующих 10000 сут (27,4 года) формируется стационарный поток в условиях нарушенного режима фильтрации. После 12000 сут (33 года) наступает стационарная фильтрация подземных вод. В этот период эффективность действия дренажа достигает своего абсолютного максимума.

Таблица

Расчётные значения абсолютных отметок уровней подземных на продольной оси хранилища, м

Расчетный период, сут		КТ-1	КТ-2	КТ-3
сутки	год			
60	0,2	204,36	206,85	206,53
120	0,3	203,98	205,71	205,59
180	0,5	203,63	204,85	204,96
240	0,7	203,34	204,21	204,49
300	0,8	203,08	203,72	204,12
360	1,0	202,86	203,37	203,83
1800	4,9	201,12	201,50	202,20
3600	9,9	200,71	201,25	201,99
10800	29,6	200,37	201,05	201,84
14400	39,5	200,35	201,03	201,83
18000	49,3	200,34	201,03	201,83
19800	54,2	200,34	201,02	201,83

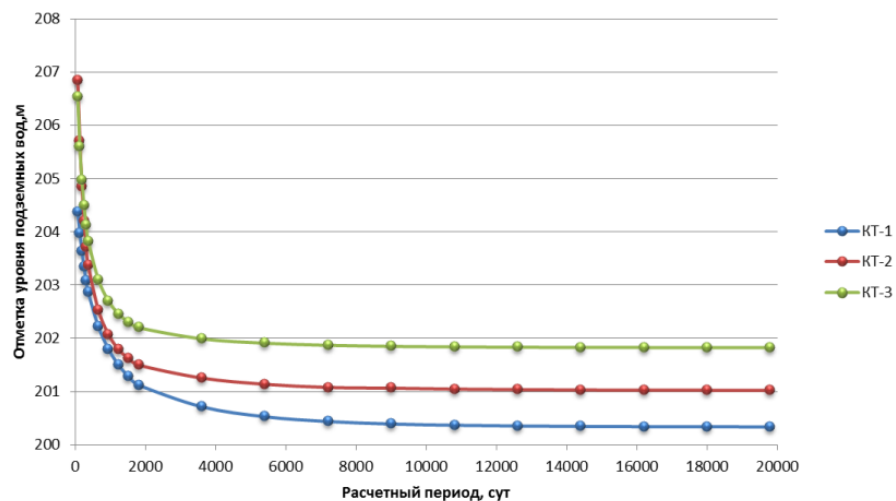


Рис. 2. Изменение уровней подземных вод по продольной оси хранилища под влиянием работы лучевого дренажа

Темпы снижения уровней подземных вод наиболее интенсивны в начальном периоде эксплуатации дренажной системы. Уже через два месяца после начала работы дренажа уровни подземных вод начинают заметно снижаться. На северо-западной границе площадки хранилища уровень подземных вод падает на 1,6 м, в центральной части снижается на 2,1 м, а возле юго-восточной границы уменьшается на 3,5 м.

В результате выполненного моделирования гидрогеологических условий площадки хранилища установлено, что запроектированная дренирующая система может работать эффективно и способна обеспечить снижение уровня до отметок близких к горизонту заложения лучевых дрен.

Литература

1. Гавич И. К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М., Недра, 1980. – 358 с.
2. Ломакин Е. А., Мироненко В. А., Шестаков В. М. Численное моделирование геофильтрации. М.: Недра, 1988. - 228 с.
3. Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
4. Гидрогеологические исследования в горном деле / под редакцией В.А. Мироненко. М.: Недра, 1976. – 352 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПАЛЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

К.К. Кузеванов¹, А.А. Балобаненко²

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: kuzevanovkk@mail.ru*

² *АО «Томскгеомониторинг», Томск, Россия, E-mail: ejay_qwan@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены методические аспекты обработки картографической и табличной информации, направленные на получение статистических данных о химическом составе подземных вод. Рассмотрена последовательная обработка гидрогеологической информации средствами ГИС-технологий. Приведены результаты визуализации регрессионного анализа данных химического анализа подземных вод палеогеновых отложений Томской области.

Abstract. The article describes the methodological aspects of processing cartographic and tabular information aimed at obtaining statistical data about the chemical composition of groundwater. Consider the sequence of processing the hydrogeological information using GIS technology. The results of the regression analysis of data visualization chemical analysis of groundwater Paleogene deposits of Tomsk region.

Применение географических информационных системы (ГИС) прочно вошло в инструментарий специалистов, изучающих гидрогеохимический состав подземных вод. Широкое использование ГИС-технологий приобрели благодаря большому разнообразию предлагаемого на сегодняшний день программного обеспечения, простотой использования и возможностью его совершенствования. Таким образом, развитие ГИС снимает ограничения на постановку и решение задач, связанных с обработкой больших объемов информации, статистических расчетов, множественных картографических построений, пространственного анализа и т. д [8,9].

Однако функции отдельных инструментов, входящих в стандартный набор программных продуктов зачастую недостаточны для решения отдельных гидрогеологических задач в силу сложности изучаемого объекта. Преодоление возникающих препятствий возможно благодаря комбинированному использованию предлагаемого инструментария.

Исследование химического состава подземных вод Томской области ведется на протяжении многих лет. За это время накоплено большое количество гидрогеологической информации. Объединенная в электронную базу данных гидрогеохимического опробования подземных вод и набора картографических построений эта информация легла в основу данной работы.

Построение модели пространственного распределения минерализации подземных вод средствами ГИС требует решения ряда задач.

Одной из основных является подготовки выборки результатов опробования из информационной таблицы гидрогеологического содержания. Исходная база данных, представленная в виде единой информационной таблицы, содержит около 10 000 записей, соответствующие разовым определениям химического состава подземных вод. Объекты имеют различные по количеству записей режимы наблюдений или единичные замеры, что

потребовало выработки последовательного многоступенчатого сценария отбора записей, входящих в итоговую информационную таблицу. Общий вид сценария, определяющий отбор записей, имеет следующий вид:

включающих полный макрокомпонентный химический состав пробы.

включающих наиболее полный микрокомпонентный химический состав пробы.

прошедших проверку на электронейтральность макрокомпонентного состава.

пункта наблюдения, содержащий позднейшую дату проведения анализа.

Результат выборки представлен итоговой информационной таблицей, содержащей записи соответствующие уникальным пунктам с наиболее достоверными данными о химическом составе подземных вод.

Исходный картографический материал представлен в виде отдельных слоев векторной и растровой информации. Картографические построения, преобразования и пространственный анализ выполнены в электронной среде ArcGis 9.3.

Векторные слои реализованы в виде шейп-файлов и представляют собой нетопологический формат хранения геометрического местоположения и атрибутивной геологической информации географических объектов. Растровая картографическая информация представляет собой результат сканирования изображения с бумажного носителя

При использовании электронного картографического материала, в особенности совместного использования векторных и растровых данных, важен выбор системы координат и проекции. Процедура выполняется путем назначения виду окна данных спроектированной системы координат рабочего набора ArcGis. После назначения координатной системы пространству отображения, любая информация, имеющая данные о географической координатной системе будет отображаться корректно. Вместе с тем выполняется назначение географической системы координат векторным слоям.

Для выявления закономерностей пространственного распределения минерализации по результатам выборки пунктов наблюдения выполнен статистический анализ химического состава подземных вод.



Рис. 1. Схема распространения палеогенового водоносного комплекса и пунктов опробования подземных вод

Распределение пунктов опробования по территории Томской области довольно равномерно. Наибольшая плотность скважин на юге области. Правобережная часть р. Обь от р. Кеть до северной, северо-западной границ Томской области представлена единичными скважинами.

Общая выборка по свитам комплекса составляет 1236 скважины. Из них большая часть (83%) приходится на новомихайловскую, юрковскую, атлымскую свиты и составляет 1029 скважин.

Глубина вскрытия водоносного комплекса колеблется в широких пределах: от 510 метров новомихайловской свиты до 11,7 м кусковской свиты. Среднемаксимальная глубина вскрытия комплекса 260 м. Среднеминимальная составляет 143 м.

Характер изменчивости общей минерализации подземных вод палеогеновых отложений в целом отражают природные закономерности, отмеченные для вышележащих водоносных горизонтов.

Наиболее минерализованные воды имеют распространение на территории подтайги, южной тайги и имеют средние значения около 560 мг/л (таблица). Северная ландшафтная зона Томской области, зона средней тайги характеризуется средними значениями минерализации подземных вод 376 мг/л [4,6,7].

Среди ландшафтных зон области особое положение занимает обская пойменная провинция. Поскольку водоносный комплекс палеогеновых отложений имеет повсеместное распространение на территории Томской области, среднее значение общей минерализации вод территории пойменной провинции соответствует среднему значению 470 мг/л., характерному для водоносного комплекса в целом.

Таблица

Химический состав подземных вод палеогеновых отложений

Ландшафт		HCO ₃ , мг/л	SO ₄ , мг/л	Cl, мг/л	Ca, мг/л	Mg, мг/л	Na, мг/л	K, мг/л	Общая минерали- зация, мг/л	pH
Обская пойменная провинция		335,1	2,8	19,8	73,5	17,6	21,7	0,6	470,6	7,3
Средняя тайга	левобережье р. Обь	357,4	3,2	22,4	47,3	18,4	56,1	2,0	505,2	7,2
	правобережье р. Обь	167,8	1,2	4,6	29,7	8,9	17,1	0,7	229,2	7,3
Средняя тайга		268,8	2,3	14,1	39,1	14,0	37,8	1,4	376,2	7,3
Южная тайга	левобережье р. Обь	460,8	4,1	39,4	89,3	24,4	49,7	1,4	667,7	7,4
	правобережье р. Обь	350,8	2,8	4,8	74,9	14,9	21,4	0,5	469,4	7,5
Южная тайга		405,8	3,4	22,1	82,1	19,7	35,5	1,0	568,5	7,4
Подтайга	левобережье р. Обь	482,0	3,9	16,6	93,4	22,0	44,5	1,1	662,8	7,4
	правобережье р. Обь	346,6	4,0	7,7	76,1	16,9	17,7	0,5	469,0	7,5
Подтайга		372,9	4,0	9,5	79,5	17,9	22,9	0,7	506,7	7,5

Анализ средних значений минерализации с учетом положения пунктов опробования подземных вод относительно р. Обь указывает на влияние дополнительных факторов формирования химического состава подземных вод, помимо ландшафтной (широтной) зональности. Отмечается заметная разница между средними значениями минерализации право- и левобережья р. Обь. При сохранении тенденции к уменьшению общей минерализации от южных ландшафтов к северным, в подтаежной и южно-таежной зоне среднее её значение для правобережья составляет 470 мг/л. В то время как для тех же ландшафтных зон левобережья величина общей минерализации составляет 665 мг/л. В условиях ландшафтов средней тайги величина общей минерализации для правобережья составляет около 230 мг/л. Для левобережья увеличивается до 505 мг/л. Превышение средних величин минерализации ландшафтных зон левобережья над ландшафтными зонами правобережья примерно одинаково, и составляет около 223 мг/л [1-3,5].

Статистика химического состава подземных вод собственно водовмещающих отложений и отложений, перекрывающих таковые и находящихся в верхней части разреза, служит обоснованием задания исходных параметров химического состава вод для последующего регрессионного анализа.

Регрессионный анализ позволяет установить степень влияния природных факторов, таких как ландшафтные условия, степень дренированности и элементы водного баланса территории на формирование химического состава подземных вод. В качестве регрессоров выступают данные о положении пунктов опробования в пределах ландшафтов, мощность зоны аэрации в районе расположения пункта опробования, модуль подземного стока, средний годовой подземный сток, среднее годовое количество осадков, средний годовой сток рек, среднее годовое испарение участка исследования. Перечисленные факторы формирования химического состава подземных вод представлены в виде отдельных слоев полигональных объектов, содержащих числовую информацию в атрибутивной таблице.

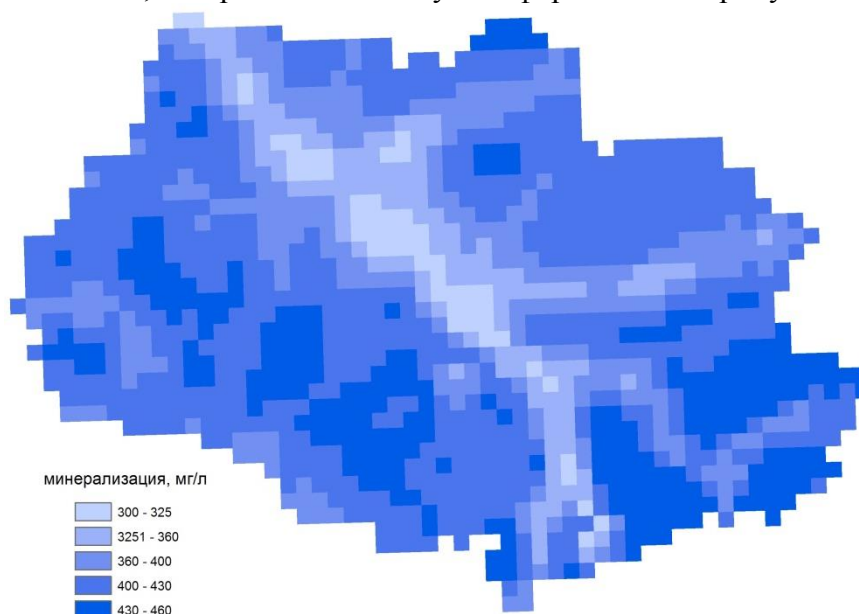


Рис. 2. Модель пространственного распределения общей минерализации подземных вод палеогеновых отложений

Коэффициенты, полученные в результате регрессионного анализа, позволяют рассчитать значения минерализации подземных вод для точечных объектов, имеющих в качестве атрибутов информацию о факторах, контролирующих химический состав подземных вод. Метод IDW (Обратное Взвешенное Расстояние) интерполяции данных точечных объектов позволяет получить модель пространственного распространения минерализации подземных вод с большей точностью, за счет учета степени влияния факторов формирования состава подземных вод.

Литература

1. Изменение гидрогеохимических условий при эксплуатации Академического месторождения / Е.М. Дутова, И.В. Вологодина, Д.С. Покровский [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 1. – С. 59–63.
2. Дутова, Е.М. Особенности химического и микробиологического состава подземных вод территории города Томска / Е.М. Дутова, Н.Г. Наливайко // Известия вузов. Геология и разведка. – 2011. – № 5. – С. 56–61.
3. Покровский, Д.С. Применение геоинформационных технологий для оценки гидрогеоэкологических условий застраиваемых территорий / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, К.И. Кузеванов // Известия вузов. Строительство. -2008. -№ 3 (591). -С. 107-112.
4. Покровский, Д.С. Качество природных питьевых вод и технологии водоподготовки в условиях юга Сибирского ре- гиона / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, Г.М. Рогов. – Томск : Изд. ТГАСУ, 2006. – 96 с

5. Гидрогеоэкологические условия водоснабжения населения юга Сибирского региона / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, А.А. Балобаненко [и др.] // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 383. – С. 189–197.
6. Покровский, Д.С. Гидрогеохимические среды и минеральные новообразования Томского водозабора из подземных источников / Д.С. Покровский, Е.М. Дутова, И.В. Вологодина // Известия вузов. Строительство. – 2010. – № 11–12. – С. 54–61
7. Dutova, E.M. Composition of underwaters of paleogene deposits of Tomsk region and technology of improvement of their quality / E.M. Dutova, D.S. Pokrovsky, K.K. Kuzevanov // VII International Water Forum «AQUA UKRAINE-2009», Scientific and Practical Conference: Water & Environment – Kyiv, Ukraine, November 10–13 2009. – Kyiv, Ukraine : International exhibition centre, 2009. – P. 563–564
8. The Research Underflooding Processes of Architecture Monuments On The Territory of Tomsk With Using GIS-technology/V. Pokrovskiy, D. Pokrovskiy, E. Dutova, A. Nikitenkov//Science and technologies in geology, exploration and mining. 14th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM2014. -Albena, Bulgaria, 2014. -V. 2. -P. 935-941.
9. Degree of Areal Drainage Assessment Using Digital Elevation Models/V. Pokrovsky, D. Pokrovsky, E. Dutova, A. Nikitenkov, A. Nazarov//IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 21 012018 -V. 21. -2014 DOI: 10.1088/1755-1315/21/1/012018.

ВЛИЯНИЯ ИСТОЩЕНИЯ РЕСУРСОВ НА ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

С.Х. Магидов

Институт геологии ДНЦ РАН, Махачкала, Россия, E-mail: salavmag@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены гидрогеологические и геоэкологические аспекты техногенной деятельности и возможного влияния их на протекание геодинамических процессов. Отбор значительных объёмов флюидов (нефть, газ, подземные воды) для хозяйственных нужд ведёт к существенному изменению термобарических условий в недрах, что может оказывать определённое воздействие на ход и интенсивность протекания геодинамических процессов и изменению сейсмического режима в районах интенсивного антропогенного воздействия.

Abstract. Hydrogeological and geo-ecological aspects of anthropogenic activities and their possible impact on the geodynamic processes are considered. Output of significant fluid volumes (oil, gas and ground water) for household needs results in a significant change in temperature and pressure conditions in the interior, which can have a definite impact on the occurrence and intensity of geodynamic processes and seismic regime change in areas of intensive anthropogenic influence.

Научно технический прогресс с одной стороны, удовлетворяя всё возрастающие потребности общества, с другой- приводит к нарастанию техногенного пресса на природные системы. В течение прошлого века масштабы антропогенной деятельности многократно возросли, что создаёт условия для проявления геоэкологических катастроф как регионального, так и глобального уровня.

Особую опасность представляют техногенные изменения в геосфере. Вследствие широкомасштабного извлечения подземных флюидов происходит вынужденная эволюция подземной гидросферы в глобальном масштабе с существенным изменением термобарических условий и физико-химических свойств, как самих геофлюидов, так и вмещающих горных пород. Подобное развитие событий может грозить непредсказуемыми последствиями, потому что современный уровень знаний не позволяет давать надёжных прогнозов относительно поведения глобальной геосистемы, при интенсивной техногенной нагрузке. Тем более, невозможно гарантировать безопасность и исключить возможность проявления глобальных катаклизмов на фоне нарастающих антропогенных воздействий.

Для повышения точности прогнозирования антропогенных изменений геологической среды при разных сценариях развития и предупреждения геоэкологических катастроф глобального масштаба в работе [7] обосновывается необходимость проведения целого

комплекса исследований, включающих в себя разные типы исследований: *in vitro*, *in situ*, а также аналоговое и компьютерное моделирование.

Техногенная деятельность, как правило, приводит к тому, что закрытость недр сменяется открытостью, а это может вести к кардинальным изменениям геодинамики верхних слоёв литосферы с нарушением характера протекания природных флюидодинамических и геотектонических процессов. Одной из главных причин подобной трансформации могут быть изменения гидрогеологических условий недр под влиянием техно-генезиса. В работах [6,7] было показано, что плотность действующих в мире нефтяных скважин в настоящее время достаточно велика и может оказывать серьёзное влияние на геотектоническую активность недр и поведение геогидродинамических систем, что требует создания надёжных методов гидрогеологического прогнозирования [3]. Если раньше из-за малочисленности скважин воздействие ограничивалось только прилегающей территорией, то при значительном увеличении их количества воздействие может стать кооперативным и распространяться на соседние скважины, образуя как бы единое поле влияния. Это поле может оказывать глобальное воздействие на свойства верхних слоев литосферы, нарушая естественный ход протекания циклических геодинамических процессов с перемещениями больших масс и энергий. Природная упруго-пластичная система вследствие этого может превращаться в природно-техногенную среду, которая, препятствуя естественному ходу геодинамических процессов, способствует накоплению сильных напряжений и возникновению глобальных геозеологических катаклизмов, в том числе сверхсильных тектонических землетрясений (СТЗ) [7, 4, 5]. В работе [5] доказывалась возможность проявления сверхсильного землетрясения с магнитудой равной 9 и выше в ближайшей перспективе. Прогноз сбился в течение 10 лет, и в начале XXI века произошло два (СТЗ). Нарастающие масштабы воздействия на геосистему Земли ведут к глобальным ускоренным изменениям свойств верхних слоёв литосферы, что потенциально может привести к возникновению даже гиперсильного землетрясения с магнитудой 10 и выше, которое может нанести цивилизации невосполнимый урон [5, 9]. Из-за нарастания тепловых потерь и интенсивной дефлюидизации, происходит снижение геотермического градиента, а также показателей барического поля в верхних слоях литосферы, подверженных техногенному воздействию. Некоторые данные, иллюстрирующие масштабы техногенного воздействия на природную геогидросистему, приведены на рис.1. В качестве показателей для иллюстрации изменений пластового давления в недрах использовались дебиты нефтяных скважин и доля фонтанных нефтяных скважин от общего числа. Из рис. видно, что за полвека оба показателя значительно уменьшились, а это свидетельствует об истощении ресурсов подземных флюидов, и существенной трансформации подземной геогидросферы с изменением параметров геологической среды. Существенным при этом является то обстоятельство, что флюиды, извлеченные из глубоких горизонтов, по всей видимости, являются невозобновляемыми естественным образом не только в среднесрочной, но и в далекой перспективе.

Согласно современным представлениям неотектонические процессы имеют большую длительность, достигающую многих тысяч и миллионов лет. Наблюдать природные процессы подобной длительности непосредственно не представляется возможным из-за временного фактора. Получить определённое представление о протекании геодинамических процессов об их масштабах и длительности могут дать прецизионные геодезические измерения в сочетании с методами аналогового моделирования. Задача осложняется наличием мощного техногенного воздействия на геосистемы, достигших особой интенсивности в последние десятилетия XX и начале XXI века, что может существенно исказить результаты исследований естественного хода геодинамических процессов, которые могли бы протекать в ненарушенных антропогенной деятельностью системах. К тому же наиболее точные измерения по современной геодинамике проведены именно в последнее

время (в конце XX и начале XXI веков). Этот период может быть охарактеризован и как время наибольших техногенных нагрузок на геологическую среду. Поэтому отграничить величину техногенной составляющей на современные геодинамические процессы посредством прямых измерений чрезвычайно трудно, а представляемые данные носят в значительной степени умозрительный характер, в связи с отсутствием эталонных данных о функционировании природных геосистем в доантропогенный период в плане тектоники и геодинамики.

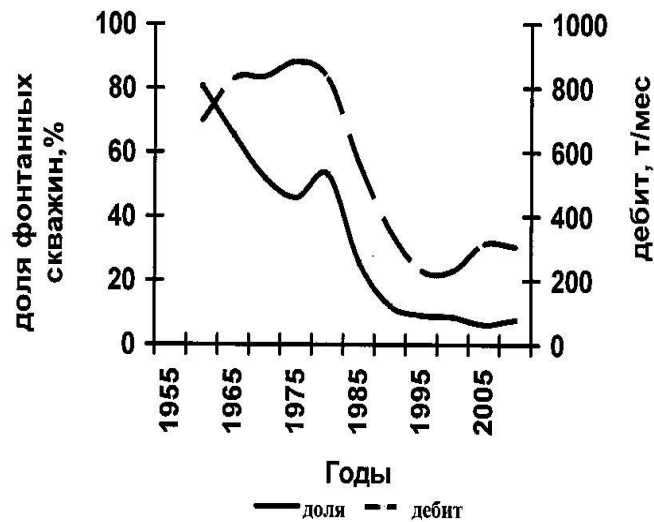


Рис. Дебит нефтяных скважин в РФ и упругоёмкий потенциал пластов

Необходимо учитывать и то обстоятельство, что недостаточная точность современных геодезических измерений не позволяет в большинстве случаев давать достоверные данные о реальных движениях в земной коре. Так, в отдельных районах в случае использования тригонометрического нивелирования средняя квадратичная ошибка взаимного положения смежных пунктов по высоте может достигать 20 см. Согласно инструкции по нивелированию ГКИНП (ГНТА) 03-010-02, изданной в начале века при среднем расстоянии между смежными пунктами в 25 км. суммарная среднеквадратичная ошибка составит 22 мм. [2]. Причём случайная ошибка имеет значение на порядок больше чем систематическая. Интенсивность геодинамических движений в большинстве случаев ниже, чем рассчитанная согласно данной инструкции по нивелированию [2]. Даже использование спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1) дают среднеквадратичные ошибки для смежных пунктов по каждой из координат – свыше 3мм., а по высоте – свыше 5 мм.

Доминирующая «Новая глобальная тектоника плит» У.Дж. Моргана не является единственно возможной. Существует целый ряд мобилистских концепций, начиная от «Дрейфа континентов» А. Вегенера до «Неомобилизма» П.Г.Кропоткина. Тектонические движения могут быть также обоснованы с помощью гипотез об изменяющемся объёме Земли, радиологических гипотезах и многих других. Более подробная информация об этих концепциях имеется в работах [1,8]. Особое место среди этих концепций занимают: Учение о геосинклиналях М.Бертрана и «Учение о платформах» Н. Головкинского. В первой половине прошлого века они были доминирующими и удовлетворительно объясняли тектонические движения, особенно вертикальные. Современные геодезические измерения не позволяют однозначно трактовать данные в пользу доминирующей в настоящее время «Глобальной тектоники плит». А выбор реальной, а не виртуальной, модели тектогенеза, имеет важное значение для правильной трактовки современных тектонических движений, а также для разработки более или менее надёжных прогнозов развития геосистемы во времени.

Несоответствие получаемых данных умоглядным концепциям, возможно, объясняется тем обстоятельством, что скорость изменений в геосферах вследствие техногенеза могла измениться в значительной степени (ускориться или замедлиться) по сравнению с естественным ходом событий из-за значительной трансформации условий в верхних слоях литосферы. Об этом свидетельствуют и данные по искусственной дефлюидизации недр. Только за последние полвека доля фонтанных скважин в нефтегазовой отрасли сократилась почти на порядок, заметно снизилась и величина дебитов скважин, что наглядно иллюстрируется рис.1. Эти данные свидетельствуют о глубоких изменениях в геологической среде, произошедших за относительно короткое время. А изменение физико-химических свойств геологической среды и прежде всего, реологических, несомненно, отразилось на протекании геодинамических процессов. В связи с техногенной трансформацией геосистем, на соответствующих территориях изменится и сейсмотектонический режим, что выразится, прежде всего, в изменении частоты проявления и силы землетрясений.

Литература

1. Васильчук Ю.М. и др. Общая и историческая геология // М: «Недра», 1977. 472 с.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов ГКИНП (ГНТА)-03-010-02 // М: «ЦНИИГАиК», 2003.
3. Конилов Д.Ф., Паттен Э.П. Гидрогеологическое прогнозирование // Гидрогеологическое прогнозирование // М: «Мир», 1988. С. 271-334.
4. Магидов С.Х. О возможности сверхсильного тектонического землетрясения //Тез. докл. конф. по итогам географических исслед. в Дагестане. Махачкала, 1994, вып. XXII. С. 20-22.
5. Магидов С.Х. О возможности проявления сверхсильных тектонических землетрясений // Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа. Махачкала, 2002. С.86-88.
6. Магидов С.Х. Широкомасштабный геохимический и флюидодинамический «эксперимент» и его возможные последствия в ближайшей перспективе // Ежегодный семинар по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии. М.,2009. С. 58.
7. Магидов С.Х. Изучение антропогенных изменений подземной геогидросферы для оценки и прогноза геоэкологической опасности.// Вестник Отделения наук о Земле РАН, том 3, NZ6068, doi: 10.2205/2011NZ000198, 2011.
8. Магидов С.Х. Анализ некоторых теоретических аспектов литогенеза и проблема верификации доминирующих концепций // Материалы 10 Уральского литологического совещания «Виртуальные и реальные литологические модели». Екатеринбург, 2014. С.108-110.
9. Магидов С.Х. Некоторые данные по частоте проявления сильных землетрясений и их классификация // Материалы II международной конференции: « Природные опасности: связь науки и практики». Саранск, 2015. С.240- 245.

РОЛЬ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ В ФОРМИРОВАНИИ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИКАСПИЙСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАСЕЙНА

Н.Г. Мязина

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия, E-mail: miazinanatalia@rambler.ru

Аннотация. В осадочном чехле Прикаспийской нефтегазоносной мегавпадины сформированы четыре гидродинамических этажа: 1) Верхний, надсолевой пластовых поровых, трещинно-поровых вод. В гидрогеологическом бассейне ячеистых межкупольных мульд и типичных куполов выявлены разведованы и эксплуатируются месторождения УВ в триасово-меловом комплексе. Они сформировались за счет собственного генерационного потенциала и латеральной (вторичной) миграции флюидов из подсолевого комплекса по зонам разломов в межсолевых мульдах, заполнив ловушки образовав залежи. 2) Межсолевой этаж является региональной покрывкой между надсолевой и подсолевой нефтегазоносной, гидрогеодинамической толщей, 3) Подсолевой этаж трещинных и пластово-трещинных вод содержит основные зоны нефтегазонакопления и подсолевые нефтегазоносные комплексы, сформировавшиеся под влиянием механизма аномально высоких пластовых давлений, 4) Гидродинамический этаж трещинных жильных вод земной фемической коры и литосферы представляет собой область питания флюидов подземной гидросферы от астеносферы и глубинных частей подземной гидросферы в подсолевой этаж.

Abstract. the sediments of the Caspian oil and gas mega depression, were formed four hydrodynamic floor: 1) Upper, post-salt reservoir pore, jointed in the hydrogeological basin cellular marcopoli of mould and typical domes identified rashodovany and exploited deposits of hydrocarbons in Triassic-Cretaceous complex. They were formed at the expense of own generation potential and lateral (secondary) migration of fluids from the pre-salt complex fault zones in mislevy the mould, filling the traps forming deposits. 2) Mesolevel floor is a regional the tyre between post-salt and pre-salt neftegazonosnoi, hydro layer, 3) pre-salt floor and fractured stratum-fissure waters contains the main oil and gas bearing zone and the pre-salt oil and gas bearing complexes formed under the influence of the mechanism of abnormally high reservoir pressures, 4) hydrodynamic floor fissure vein waters terrestrial mafic crust and lithosphere represents the area of nutrition fluids underground hydrosphere from the asthenosphere and deep parts of underground hydrosphere in subsalt floor.

Прикаспийский мегабассейн в тектоническом отношении представляет собой наложенную впадину Восточно-Европейской платформы, фундамент которой в краевых частях представлена двухслойным строением (гранитный и базальтовый слои). В центральной части впадины платформенный чехол начинается с рифейских отложений, залегающих непосредственно на базальтовом слое [1]. Безгранитная консолидированная кора составляет по вертикали не более 15-20 км. На ней располагается мощный осадочный слой. Погружение поверхности консолидированной коры сопровождается подъемом границы Мохо. Амплитуда погружения поверхности консолидированной коры в 2 раза превышает величину подъема раздела Мохо. В краевых частях впадины с появлением и увеличением мощности гранитного слоя, базальтовый слой утоняется до 10-15 км. Общая мощность консолидированной коры в Центрально-Прикаспийской депрессии измеряется 17-25 км, в бортовой зоне на севере и западе она увеличивается до 35 км, на востоке до 40-42,5 км. Астеносферный слой залегают в центральной части впадины на глубине 80-100 км. Бассейн впадины является Прикаспийской нефтегазоносной провинцией (Прикаспийская НГП). В осадочном чехле Прикаспийской нефтегазоносной мегавпадины, были, сформированы четыре гидродинамических этажа:

1) Верхний, надсолевой (P2-QIV) с зонами активного (интенсивного) затрудненного, весьма затрудненного водообменов пластовых поровых, трещинно-поровых вод. В зоне активного, затрудненного водообмена воды формируются под влиянием атмосферных факторов. К хвалынским отложениям приурочены солоноватые и соленые воды, а пресные накапливаются в песчаных линзах и носят преимущественно сезонный характер. Особое место занимает Волго-Ахтубинская пойма, где в результате инфильтрации атмосферных

осадков и питанием поверхностных вод на всем ее протяжении формируются пресные воды с минерализацией до 0,5 г/дм³, реже до 1 г/дм³, иногда до 2,8 г/дм³.

Прикаспийская впадина является закрытой гидрогеологической структурой, в которой формируются преимущественно соленые воды и рассолы. Лишь в краевых ее частях на западе и севере территории в четвертичных и верхних горизонтах плиоценовых отложений содержатся пресные и слабосоленоватые воды с минерализацией до 3 г/дм³.

Надсолевые рассолы зон затрудненного и весьма затрудненного водообмена представлены тремя основными геохимическими и генетическими типами: 1) хлоридными натриевыми инфильтрогенными рассолами выщелачивания каменных солей, 2) хлоридными натриевыми седиментогенными водами и рассолами 3) хлоридными натриево-кальциевыми (кальциево-натриевыми) седиментогенными рассолами.

Хлоридные натриевые сульфидно-углекисло-метаново-азотные рассолы выщелачивания с минерализацией 37÷320,0 г/дм³ связана с сульфатизированными и битуминозными породами верхнепермского, карбонатно-терригенных триасового, юрского и мелового возраста. Эти воды связаны с выщелачиванием солей вблизи примыкания водоносных горизонтов к соляным куполам. Вдоль бортовой части синеклизы хлоридные натриевые рассолы установлены в терригенно-карбонатных отложениях триаса и верхней перми, с минерализацией 50÷100 г/дм³. Кровля рассолов располагается на глубинах 900-1200 м.

Хлоридные натриевые и кальциево-натриевые, йодо-бромные азотно-метановые рассолы установлены в карбонатно-терригенных отложениях верхней перми и во всех отделах мезозоя и кайнозоя на глубинах 1076-4430 м.

В надсолевом этаже в морских терригенных и карбонатных толщах вне зон влияния соляных куполов содержатся седиментогенные хлоридные натриевые воды и рассолы с минерализацией до 2-40 г/ дм³ реже до 70 г/ дм³. Газы вод надсолевых отложений в основном азотные, метаново-азотные, в пределах газоносных структур метановые с тяжелыми углеводородами.

Хлоридные натриево-кальциевые и кальциево-натриевые, йодо-бромные азотно-метановые рассолы установлены в карбонатно-терригенных отложениях мезозоя и верхней перми в межсолевых мульдах на глубинах 1470-4430 м, с минерализацией 83,9-344 г/дм³, J 18-83 мг/л, Br 182-600 мг/л. Она характеризуется условиями весьма затрудненного водообмена. Рассолы можно использовать как поликомпонентное, бальнеологическое и гидроминеральное сырье.

В гидрогеологическом бассейне ячеистых межкупольных мульд и типичных куполов выявлены разведованы и эксплуатируются месторождения (Совхозное, Шаджинское, Северо-Шаджинское, Бугринское, Верблюжье, Вязовское газовые; Узеньское газонефтяное. Куриловское нефтяное и т.д.) в надсолевом этаже, которые сформировались за счет собственного генерационного потенциала и латеральной (вторичной) миграции флюидов из подсолевого комплекса по зонам разломов в межсолевых мульдах, заполнив ловушки образовав залежи. Достаточно мощные толщи триаса и юры, выполняющие обширные межкупольные депрессии, находятся в благоприятных условиях для генерации УВ [37].

2) Межсолевой этаж приурочен к кунгурской сульфатно-галогенной толще (P1kg) который одновременно является региональным водупором или крышкой между надсолевой и подсолевой гидрогеодинамической толщей. Содержит трещинно-карстовые воды хлоридного магниевого, натриево-магниевого реже натриевого состава.

К кунгурской галогенной формации приурочены проявления реликтовых внутрисолевых и межсолевых хлоридных магниевых, натриево-магниевых рассолов с минерализацией 170-480 г/дм³ и более, содержат Br от 1 до 12,3 г/дм³, H₃BO₃-5,5 г/дм³ и относительно невысокие концентрации йода J 1-35 мг/дм³ [6]. Они приурочены к линзам и представляют собой малоизмененную рапу кунгурского солеродного бассейна. Вскрытие

рапоносных горизонтов наиболее вероятно в сводах внутрисолевых складок в разуплотненной зоне солей. При бурении рассолы изливаются с высокими аномальными пластовыми давлениями (АВПД) и дебитами до 100 м³/сут и более. Бороться с проявлениями самоизлива рапы трудно. Многие ранее пробуренные скважины ликвидировали.

3) Подсолевой этаж трещинных и пластово-трещинных вод, с зонами затрудненного водообмена и квазизастойного режима, объединяет нижедевонские-нижнепермские гидрогеологические подразделения (PZ1-D2-P1ar).

Подсолевые рассолы зон весьма затрудненного водообмена и квазизастойного режима представлен хлоридными натриевыми инфильтрационно-седиментогенными рассолами диффузионного выщелачивания каменных солей, которые связаны с сульфатизированными и битуминозными породами каменноугольного и нижнепермского возраста (СЗ-P1ar) и хлоридными кальциево-натриевыми (натриево-кальциевыми) седиментогенными рассолами.

Хлоридные натриевые инфильтрационно-седиментогенные рассолы с минерализацией 128-280 мг/дм³ Верхний предел минерализации инфильтрационных рассолов ограничен пределом растворения галита - 330 г/дм³. Рассолам свойственна низкая метаморфизация (r_{Na}/r_{Cl} обычно $0,85 \div 1,0$), обедненность Br ($0,05 \div 0,4$ г/ дм³, I ($1 \div 10$ мг/дм³) [2].

Хлоридные кальциево-натриевые, йодо-бромные азотно-метановые рассолы установлены в карбонатно-терригенных отложениях девона, карбона (визейского, башкирского, московского и гжельского ярусов нижнего, среднего и верхнего карбона) и нижней перми на глубинах 890-4952м и глубже, с минерализацией 128-280 г/дм³ и более. Они характеризуются условиями застойного водообмена. Месторождения углеводородов связаны с крупными подсолевыми поднятиями. В подсолевых отложениях открыты и эксплуатируются многоярусные нефтегазоносные комплексы от терригенного девона (D2vb) до филлиповского горизонта кунгура(P1k(fl)) многочисленных месторождений углеводородов Астраханское, Карачаганакское газоконденсатные и т.д.. К бортовому уступу приурочено и открыто незначительное количество нефтяных месторождений (Южно-Кисловское, Лободинское, Комсомольское). Стратиграфический диапазон нефтегазоносности (D2 - P1) бортовой ступени и уступа располагается на глубинах 2000-6000м – значительно глубже. Мощность подсолевых отложений изменяется от 2-3 км в западной бортовой зоне до 15 км в Центрально-Прикаспийской депрессии.

На границе с фундаментом в нижних горизонтах осадочного чехла содержатся опресненные рассолы и воды с минерализацией от единиц до десятков г/дм³ в краевых частях Прикаспийской впадины. Они сформировались за счет притока флюидов по коровым разломам или зонам разуплотнения в осадочный чехол.

4) гидродинамический этаж трещинных жильных вод земной фемической коры состоящей из гранитного, диоритового, метабазитового слоев и верхней мантии, включая астеносферу. Он содержит паро-газовые флюиды и является областью питания для подсолевого этажа. И может являться областью разгрузки флюидов в открывающиеся трещинные коллекторы главного гидродинамического этажа.

Выводы

1) Верхний надсолевой этаж с зонами активного (интенсивного) водообмена и регионального стока, воды которого формируются под влиянием атмосферных факторов, глубинные флюиды в этом этаже не сохраняются или сохраняются только их продукты окисления. В гидрогеологическом бассейне ячеистых межкупольных мульд и типичных куполов выявлены в надсолевом этаже месторождения (Верблюжье, Вязовское газовые, Узеньское газонефтяное и т.д.), которые сформировались за счет миграции флюидов из подсолевого комплекса по зонам разломов в межсолевых мульдах, заполняя ловушки образовав залежи.

2) **Межсолевой этаж** кунгурской сульфатно-галогенной толщи который является одновременно региональным водоупором или крышкой между надсолевой и подсолевой нефтегазоносной, гидрогеодинамической толщей.

3) **Подсолевой этаж трещинных и пластово-трещинных вод** образует водонапорную систему за счет развития хорошо выдержанных региональных водоупоров (сульфатно-галогенная толща кунгура(P_{1kg}), верейско-мелекесская терригенная толща ($C_{2mel-vr}$). Этаж характеризуется максимальной закрытостью, минимальной скоростью и преобладанием локальных преимущественно вертикальных перемещений флюидов. Породы этажа изолированы, как от поверхности земли, так и от главного этажа планеты. Именно здесь сосредоточены основные нефтегазоносные горизонты, сформировавшиеся под влиянием механизма аномально высоких пластовых давлений. Накопление углеводородных флюидов в осадочном чехле тесно связано с периодами образования АВПД. Между этими периодами происходит перераспределение масс флюидов в водонапорной системе с формированием залежей и месторождений углеводородов. При большой мощности этого этажа месторождения приобретают многоярусный характер.

4) **Нижний этаж** осадочного чехла содержит водоупорные горизонты пород, но в периоды формирования АВПД они становятся проницаемыми или полупроницаемыми. Поэтому имеющиеся здесь залежи углеводородов не отличаются значительными ресурсами из-за взаимодействия с главным гидродинамическим этажом.

Таким образом, с учетом направленности и изменчивости тектонического и палеогидрогеологического развития конкретного региона, можно выделить следующие элементы водонапорных систем: а) главный гидродинамический этаж **трещинных жильных вод земной фемической коры и верхней мантии, включая астеносферу** и три гидродинамических этажа осадочного чехла нефтегазоносных бассейнов; б) две области питания подземной гидросферы, связанных с проявлением нисходящих движений с поверхности земли и приповерхностных горизонтов, и снизу от астеносферы и глубинных частей подземной гидросферы в подсолевой этаж; одна из которых проявляется при восходящих движениях флюидов с формированием зон пьезомаксимумов, проявлением восходящих источников, положительных геотермических, гидрохимических и других аномалий (купола); вторая проявляется при положительных тектонических движениях с формированием зон пьезомиимумов за счет разгрузки флюидов в открывающиеся трещинные коллекторы главного гидродинамического этажа.

Литература

1. Соколин Х.Г. Геология и нефтегазоносность солянокупольных областей // М.: «Наука», 1976. 149с.
2. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов подсолевого комплекса Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2012. №4 (47), С. 24-27.
3. Мязина Н.Г. Вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод Прикаспийской впадины // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2013. №4 (51), С. 59-64
4. Мязина Н.Г. Гидрогеохимические особенности рассолов надсолевого комплекса Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2013. №4 (51), С. 96-100
5. Мязина Н.Г. Влияние тектогенеза и галогенеза на геохимические особенности рассолов Прикаспийской синеклизы (Северо-Каспийский артезианский бассейн) // Вестник ОГУ. Оренбург. 2014. № 1 (155). С. 136-145.
6. Мязина Н.Г. Внутри и межсолевые рассолы кунгурских отложений Прикаспийской синеклизы // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань. 2014. № 2, С. 57-65
7. Мязина Н.Г., Кечина Т.М., Черных Н.В. Гидрогеохимические особенности рассолов мезозойского возраста на территории Волгоградской области // Вестник ОГУ. Оренбург. 2014. № 9 (155). С. 133-138.
8. В.А. Жингель, В.М.Абрамов, Ю.А. Герасименко, Н.Г. Мязина. Оценка перспектив нефтегазоносности надсолевых отложений Волгоградского сектора Прикаспийской впадины // Недра Поволжья и Прикаспия. Саратов. 2015. № 2(81). С. 3-14.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ

Я.В. Садыкова

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
E-mail: SadykovaYV@ipgg.sbras.ru*

Аннотация. На основе комплексной интерпретации материалов ГИС глубоких скважин, результатов описания керна, гидрогеохимии, данных по стратиграфии, литологии, седиментологии Енисей-Хатангской нефтегазоносной области была построена схема детальной гидрогеологической стратификации. Выделены водоносные этажи, комплексы, водоносные и водоупорные горизонты.

Abstract. A scheme of detailed hydrogeological stratification of Yenisei-Khatanga oil and gas region was constructed on the basis of complex interpretation of well logging data, results of core description and hydrogeochemical analysis of ground waters and the data of stratigraphy, lithology, sedimentology, geology and hydrogeology. The waterbearing stages, complexes, aquifers and seals were allocated.

В гидрогеологической стратификации при расчленении разрезов выделяются следующие основные подразделения: водоносные и водоупорные горизонты, водоносные комплексы, ярусы и этажи. В результате детального анализа имеющейся информации по стратиграфии, литологии, седиментологии, гидрогеологии, учитывая данные интерпретации ГИС глубоких скважин, была составлена схема детальной гидрогеологической стратификации Енисей-Хатангской нефтегазоносной области. Водоносные этажи были выделены согласно общепринятой гидрогеологической стратификации Западно-Сибирского мегабассейна. Названия ярусов давались в соответствии с названиями эратем (для протерозоя – акро- и эонотем), а комплексов – систем. Наименования водоносных и водоупорных горизонтов давались согласно их приуроченности к стратиграфическим ярусам, утвержденным Межведомственным стратиграфическим комитетом (МСК). Выделение водоносных горизонтов базировалось на определении фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и состава слагающих их пород по результатам интерпретации диаграмм каротажа скважин, описания и результатов лабораторного анализа фильтрационно-емкостных свойств керна. Также привлекались описания разрезов палеозойских и мезозойских обнажений, выполненных сотрудниками ИНГГ СО РАН во время проведения полевых работ в 2009-2014 годах.

Исследуемый регион неравномерно изучен глубоким бурением: слабо изучена его восточная часть, в пределах которой пробурено порядка 30 скважин, намного равномернее разбурена западная часть. В результате исследования были выделены водоносные и водоупорные горизонты, прослежено их изменение по площади и в разрезе, на основании которой проведена детальная гидрогеологическая стратификация в отдельности для западной и восточной частей исследуемого региона ввиду особенностей осадконакопления. Изучение сейсмических материалов и данных глубокого бурения (скрыты пермские осадки на Волочанской площади) показало согласное залегание палеозойских пород под мезозойскими в восточной части региона. В западной части региона палеозойские породы интерпретируются как сильно дислоцированные магматические образования, являющиеся продолжением фундамента Западно-Сибирской плиты. Триасовые осадки также имеют разный генезис: так для западной части характерно распространение вулканогенных и магматогенных пород красноселькупской и тампейской серий, а в восточной части региона преобладают терригенные породы с небольшой примесью вулканогенного материала.

На территории исследования в пределах фанерозоя выделяются два водоносных этажа: верхний, который является зоной активного водообмена (аэрации), и нижний – затрудненного и застойного водообмена. Гидрогеологические комплексы, согласно их приуроченности к крупным стратиграфическим подразделениям (эрам, зонам), объединяются в

нерасчлененный палеозойский (западная часть)\ верхнепалеозойский и нижне-среднепалеозойский (западная часть), мезозойский (триасовый-меловой) и кайнозойский ярусы.

Анализ фактического материала позволил выделить восемь водоносных комплексов (снизу - вверх): 8) каменноугольно-пермский (на востоке), 7) триасово-плинсбахский (триасовый – на западе), 6) нижне-среднеюрский, 5) верхнеюрский, 4) неокомский, 3) апт-альб-сеноманский – в пределах нижнего водоносного этажа, 2) верхнемеловой и 1) палеоген-четвертичный – в зоне активного водообмена (Табл. 1,2).

Таблица 1

Гидрогеологические подразделения западной части Енисей-Хатангской НГО

Водоносный этаж	Индекс	Водоносный ярус	Водносный комплекс	Индекс	Горизонт		Индекс		
Верхний	1(K ₃ -Q)	кайнозойский (KZ)	палеоген-четвертичный	8(p-Q)	полигенетический водоносный горизонт		4(P ₁ -Q)		
			верхнемеловой	8(K ₂)	кампан-маакстихтский водоносный		5(K ₂ cp ₂ -K ₂ m)		
					нижнекампанский водоупорный		4(K ₂ cp ₁)		
					среднетуронско-сантонский водоносный		5(K ₂ t ₂ -K ₂ st)		
					верхнесеноманско-туронский водоупорный		4(K ₂ s ₃ -K ₂ t ₁)		
Нижний	9(PZ-MZ)	мезозойский (MZ)	апт-альб-сеноманский	8(K ₁ a-K ₂ s)	среднеальбско-сеноманский водоносный		5(K ₁ a ₁₂ -K ₂ s ₂)		
					среднеаптско-альбский водоупорный		4(K ₁ a ₂ -K ₁ a ₁₂)		
			неокомский	8(K ₁ b ₂ -K ₁ br)	валанжинско-нижнеаптский водоносный		5(K ₁ v-K ₂ a ₁)		
					верхнеюрский	8(J)	батско-берриасский	кимериджско-валанжинский водоупорный	4(J ₃ k m-K ₁ v)
								оксфордский водоносный	5(J ₃ o)
			келловейский водоупорный		4(J ₂ c)				
			нижне-среднеюрский	8(J ₁₋₂)	верхнебайосско-батский водоносный		5(J ₂ b ₂ -J ₂ bt)		
					верхнебайосский водоупорный		4(J ₂ b ₂)		
					нижнебайосский водоносный		5(J ₂ b ₁)		
					ааленский водоупорный		4(J ₂ a)		
					верхнетоарский водоносный		5(J ₁ t ₂)		
					нижнетоарский водоупорный		4(J ₁ t ₁)		
					верхнеплинсбахский водоносный		5(J ₁ p ₂)		
					верхнеплинсбахский водоупорный		4(J ₁ p ₂)		
					геттангско-нижнеплинсбахский водоносный		5(J ₁ g-J ₁ p ₁)		
триасовый	8(T)	индско-рэтский водоупорный		4(T ₁ i-T ₃ r)					
палеозойский нерасчлененный 8(Pz)									

Каменноугольно-пермский водоносный комплекс распространен в восточной части региона. Каменноугольные породы не вскрыты глубоким бурением, но их наличие предполагается по аналогии с Ледянскими скважинами и опорными разрезами р. Ханар. Отложения представлены пачками тонкого чередования алевролитов, песчаников и углистых пород. Вышезалегающие пермские отложения вскрыты скважинами Волочанской и

Таблица 2

Гидрогеологические подразделения восточной части Енисей-Хатангской НГО

Водоносный этаж	Индекс	Водоносный ярус	Водоносный комплекс	Индекс	Горизонт	Индекс
Верхний	1(K ₃ -Q)	кайнозойский (Kz)	палеоген-четвертичный	8(p-Q)	полигенетический водоносный горизонт	4(P1-Q)
					верхнекампанский водоносный	5(K ₂ cp ₂)
			верхнемеловой	8(K ₂)	нижнекампанский водоупорный	4(K ₂ cp ₁)
					среднетуронско-сантонский водоносный	5(K ₂ t ₂ -K ₂ st)
					верхнесеноманско-туронский водоупорный	4(K ₂ s ₃ -K ₂ t ₁)
Нижний	9(PZ ₃ -MZ)	мезозойский (MZ)	апт-альб-сеноманский	8(K ₁ a-K ₂ s)	среднеальбско-сеноманский водоносный	5(K ₁ a ₂ -K ₂ s ₂)
					среднеаптско-альбский водоупорный	4(K ₁ a ₂ -K ₁ a ₂)
					неокомский	8(K ₁ b ₂ -K ₁ br)
			кимериджско-валанжинский водоупорный	4(J ₃ km-K ₁ v)		
			верхнеюрский	8(J)	оксфордский водоносный	5(J ₃ o)
					келловейский водоупорный	4(J ₂ c)
					нижне-среднеюрский	8(J ₁₋₂)
			верхнебайосский водоупорный	4(J ₂ b ₂)		
			нижнебайосский водоносный	5(J ₂ b ₁)		
			ааленский водоупорный	4(J ₂ a)		
			верхнетоарский водоносный	5(J ₁ t ₂)		
			нижнетоарский водоупорный	4(J ₁ t ₁)		
			верхнеплинсбахский водоносный	5(J ₁ p ₂)		
			верхнеплинсбахский водоупорный	4(J ₁ p ₂)		
			триасово-плинсбахский	8(T-J ₁ p)	верхнекорнийско-нижнеплинсбахский водоносный	5(T ₃ k ₂ -J ₁ p ₁)
нижнекорнийский водоупорный	4(T ₃ k ₁)					
анизийско-лайдинский водоносный	5(T ₂ a-T ₂ l)					
оленекский водоупорный	4(T ₁ o)					
верхнепалеозойский (PZ ₃)		каменноугольно-пермский	8(C ₂ -P)	башкирско-северодвинский водоносный	5(C ₂ b ₁ -P ₃ s)	
нижне-среднепалеозойский нерасчлененный 8(Pz1-2)						

Балахнинской площадей и представлены совокупностью ниже- и верхнекожевниковской и мисайлапской свит. Нижнекожевниковская свита сложена переслаиванием аргиллитов и песчаников, нередко переходящих в алевролиты. Верхнекожевниковская представлена аргиллитами, алевролитами и песчаниками, в верхней части с прослоями углей. Мисайлапская свита сложена серыми алевропелитами с прослоями алевролитов и туфогенных песчаников. Совместно они образуют башкирско-северодвинский водоносный горизонт.

Триасово-плинсбахский комплекс распространен и в западной и в восточной части Енисей-Хатангской НГО, но сложен различными водоносными и водоупорными горизонтами. На востоке региона в подошве комплекса выделяется оленекский водоупорный горизонт, разделяющий каменноугольно-пермский и триасово-плинсбахский комплексы. Он представлен мелкозернистыми глинистыми алевролитами, аргиллитами алевроитовыми с подчиненными прослоями туфоалевролитов. Выше залегает анизийско-ладинский водоносный горизонт, сложенный совокупностью пастахской, устьянабарской и гуримисской свит, сложенных переслаиванием темно-серых мелкозернистых алевролитов, аргиллитов с песчаниками. Перекрывает его нижнекорнийский водоносный горизонт, сложенный морскими темно-серыми аргиллитами и серыми глинистыми алевролитами осипайской свиты. Замыкает разрез верхнекорнийско-нижнеплинсбахский водоносный горизонт, сложенный песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов чайдахской, тумулской и зимней свит (Табл. 2).

На западе региона нижняя часть триаса вскрыта единичными скважинами (Тундровая 1), сложена базальтами и туфами нерасчлененной красноселькупской серии и туфами и туфогенно-осадочными породами тампейской, выделяемых в единый индско-рэтский водоупорный горизонт. Вышезалегающие сероцветные песчаники с прослоями алевролитов, аргиллиты, гравелитов и конгломератов зимней свиты замыкают триасово-плинсбахский комплекс и слагают геттангско-нижнеплинсбахский водоносный горизонт (Табл. 1).

Нижне-среднеюрский гидрогеологический комплекс широко распространен в Енисей-Хатангском прогибе представлен чередованием водоносных песчаных (верхнеплинсбахский, верхнетоарский, нижнебайосский, верхнебайосско-батский) и водоупорных глинистых горизонтов (верхнеплинсбахский, нижнетоарский, ааленский, верхнебайосский) морского генезиса.

Верхнеюрский гидрогеологический комплекс. Морские мощные отложения верхней юры сложены терригенными породами с преобладанием алевролитов, аргиллитов и песчаников, с редкими прослоями конгломератов. На востоке региона выделяются оксфордский водоносный горизонт, представленный песчаниками и алевролитами светло-серыми, иногда глауконитовыми, с прослоями аргиллитов сиговской свиты, изолированный в кровле и подошве келловейским (точинская свита) и кимериджско-валанжинским (яновстанская свита) водоупорными горизонтами. На западе региона оксфордский водоносный горизонт замещается батско-берриасским водоупорным горизонтом (гольчихинская свита).

Меловые отложения широко распространены в пределах Енисей-Хатангского прогиба, преимущественным распространением пользуются верхнемеловые (апт-альб-сеноманские) осадки – песчано-алевролитовые породы с прослоями глин, галечников и маломощных бурых углей. Нижнемеловые (неокомские отложения) сложены мелкозернистыми, полимиктовыми пестроцветными песками и песчаниками, алевролитами, алевролитами, мергелистыми глинами и аргиллитами.

Неокомский гидрогеологический комплекс представлен песчаными и глинистыми алевроитами валанжин-нижнеаптского водоносного горизонта и изолирован от вышезалегающего апт-альб-сеноманского комплекса водоупорным среднеаптско-альбским горизонтом (яковлевская свита).

Апт-альб-сеноманский гидрогеологический комплекс сложен среднеальбско-сеноманским водоносным горизонтом, изолированным от зоны активного водообмена верхнесеноманско-туронским водоупорным горизонтом.

Верхнемеловой комплекс представлен глинами, алевролитами и песками насоновской, салпадаяхинской и танамской свит, распространенных фрагментарно на исследуемой территории и относящихся к зоне активного водообмена. Среди них выделяется среднетуронско-сантонский и кампан-маастрихтский (кампанский в восточной части) водоносные горизонты и нижнекампанский относительно водоупорный, разделяющий их.

Палеоген-четвертичный комплекс полигенетических отложений практически сплошным маломощным чехлом покрывает территорию исследования, он представлен озерно-аллювиальными и ледниковыми несцементированными отложениями.

ОПЫТ ЭПИГНОЗНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И КАЛИБРАЦИИ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД БЕРЕГОВОГО ВОДОЗАБОРА

В.Н. Самарцев¹, Н.Н. Муромец²

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

¹ *E-mail: vnsamartsev@gmail.com*

² *E-mail: nedaj@mail.ru*

Аннотация. В статье на примере модели действующего берегового водозабора рассматривается усовершенствованная методика автоматической калибровки с использованием программы UCODE. Две опытные откачки, проведенные на расстоянии 500 метров друг от друга, показали различные фильтрационные параметры. За счет совместного использования результатов этих опытных откачек удалось диагностировать ошибки в использованной геофильтрационной схеме объекта и, впоследствии, разработать модель, которая наилучшим образом отвечает всем имеющимся данным.

Abstract. This paper considers an improved method of automatic calibration using the UCODE program by the example of a working groundwater intake. Two pumping tests yielded different parameters. Due to joint use of observations of these two tests it was possible to find a fault in the concept model and ultimately make a model that has the best fit to all available data.

Большинство водозаборов в г. Воронеже являются береговыми, расположенными вокруг Воронежского водохранилища и эксплуатирующими водоносный горизонт, приуроченный к неоген-четвертичным отложениям. В конце 90-х годов прошлого столетия в акватории водохранилища напротив водозабора ВПС-4 был намыт искусственный остров, на который в данный момент перенесен водозабор, в связи с чем проводилась переоценка запасов подземных вод с учетом ввода в строй нового водозабора. Для этого на намывном острове в разное время были проведены две кустовые откачки: первая – осенью 1998 года, вторая – весной 2011 года. Центральные скважины опытных кустов расположены на расстоянии менее километра друг от друга. Интерпретация обеих откачек аналитическими методами выявила существенные различия значений проводимости T основного горизонта и фильтрационного сопротивления донных отложений A_0 , описывающего связь подземных и поверхностных вод, на разных участках намывного острова. Расхождение результатов интерпретации можно объяснить наличием в пределах острова границы бортовой и центральной областей палеодолины р.Дона, точное расположение которой неизвестно, а также сложной формой и разной глубиной зоны размыва донных отложений, существующей вокруг острова (рис.1), что невозможно учесть в аналитических решениях. В связи с этим интерпретация была проведена методом математического моделирования.

Для уточнения геофильтрационных параметров была разработана упрощенная модель участка ВПС-4. На ней воспроизводились проведенные в 1998 и 2011 годах опытные кустовые откачки. Калибровка модели проводилась на основании замеров понижений

уровней подземных вод, выполненных в течение указанных опытно-фильтрационных работ. Эта модель использовалась только для уточнения геофильтрационных параметров, которые в дальнейшем были перенесены в прогнозную модель. На модели, используемой для обработки откачки, необходимо учесть важную особенность рассматриваемого участка: наличие подводного карьера, сформированного в результате намыва острова, в пределах которого размывы слабопроницаемые покровные отложения (Рис. 1).

На модели калибровались значения самых важных параметров: коэффициента фильтрации песков основного водоносного горизонта K_n , вертикального коэффициента фильтрации слабопроницаемых отложений $K_{сл}$, коэффициента фильтрации донных отложений в пределах карьера K_o , а также упругой водоотдачи основного водоносного горизонта μ^* .

Таблица 1

Значения параметров, полученных после калибровки моделей

Параметр	По данным 1998 г.	По данным 2011 г.
Коэффициент фильтрации песков K_n , м/сут	88	58
Условный коэффициент фильтрации слабопроницаемых отложений $K_{сл}$, м/сут	0.075	0.075
Коэффициент фильтрации ила, K_o , м/сут	0.05	0.05
Упругая водоотдача μ^*	3×10^{-5}	3×10^{-5}

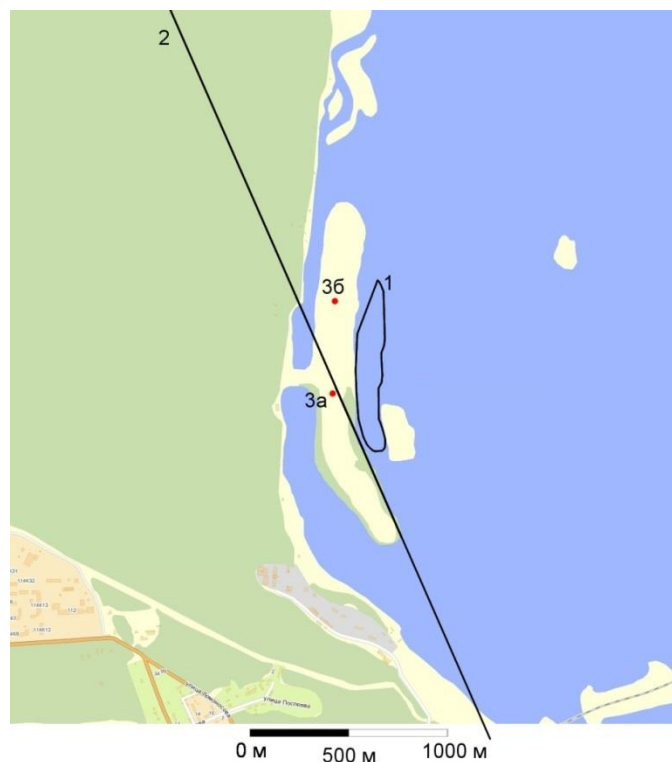


Рис. 1. Схема участка ВПС-4 с намывным островом. Обозначения: 1 – контур подводного карьера; 2 – предполагаемая граница палеодолины р. Дон; 3а и 3б – положение центральных скважин для кустовых откачек 1998 г. и 2011 г. соответственно

Как видно из Таблица 1, учет в модели зоны размыва слабопроницаемых отложений и реальной конфигурации береговой линии водохранилища позволил для двух наборов данных подобрать одинаковые значения параметров, определяющих взаимодействие подземных вод и водохранилища. Тем не менее, расчетная проводимость эксплуатационного водоносного

горизонта различается в полтора раза. Независимая обработка опытов не позволяет однозначно выбрать параметры для модели всего участка водозабора ВПС-4.

Для составления достоверного прогноза необходимо учесть все имеющиеся наблюдения. В рассматриваемом случае может быть полезна предлагаемая модификация методики калибровки – совместное использование наборов данных по разным опытам. В этой модификации все имеющиеся наблюдения объединяются в единую целевую функцию. При калибровке одновременно изменяются параметры для двух моделей, и отклонения модельных уровней от наблюдений учитываются совместно для двух откачек.

В результате совместной калибровки удалось получить один набор параметров, оптимально удовлетворяющий двум опытам. Однако он не позволил на модели воспроизвести ход откачек с достаточной точностью. Это может свидетельствовать о наличии ошибки в принятой геофильтрационной схеме. Наиболее оптимальное из возможных решений при выбранной схеме не позволяет считать модель достоверной. При детальном рассмотрении разрезов центральных скважин откачек установлено, что в пределах данного участка происходит изменение гранулометрического состава песков основного горизонта. Предполагается наличие в его пределах двух зон с различной проводимостью, а ориентация границы этих зон примерно соответствует ориентации палеодолины р. Дон (Рис. 1). Таким образом, было принято решение пересмотреть используемую схему эксплуатируемого водоносного горизонта.

В новой постановке задачи для основного водоносного горизонта необходимо определить коэффициенты фильтрации для песков «восточной» зоны $K_{не}$ и для песков «западной» зоны $K_{нз}$. Назначить в указанных двух зонах коэффициенты фильтрации, полученные при обработке откачек по отдельности нецелесообразно, так как влияние каждой из откачек охватывает и «западную», и «восточную» зону.

Методика калибровки не изменилась. После ее проведения были получены следующие значения параметров: $K_{не}= 58$ м/сут; $K_{нз}= 97$ м/сут; $K_{сл}= 0.07$ м/сут; $K_о= 0.007$ м/сут. При этих значениях параметров обе модели показывают наилучшее соответствие фактическим данным, а полученная при этом схема неоднородного, разделенного на две зоны, пласта позволила подобрать более достоверные значения параметров, которые и были приняты при прогнозном моделировании.

Ввиду того, что со временем будет происходить заиливание существующей вокруг острова зоны размыва, прогнозное моделирование работы водозабора было проведено по двум предельным сценариям: с существующей на данный момент (сразу после намыва острова) зоной и без нее. Для первого сценария моделирования была рассчитана оптимальная нагрузка на водозаборные скважины, которая в дальнейшем явилась исходной для определения понижений при развитии события по второму сценарию. Для описанных сценариев было проведено прогнозное моделирование работы водозабора при рассчитанной оптимальной нагрузке на водозаборные скважины, по результатам которого построены карты распределения напоров в основном водоносном пласте (Рис. 2). Таким образом, расчеты показали, что в случае отсутствия зоны размыва покровного слоя происходит не только существенное увеличение понижений уровня в основном водоносном горизонте, но и смещение области максимальных понижений в сторону северной части намывного острова в область бортовой зоны палеодолины.

Переход от напоров в блоках модели к напорам в водоносном пласте показал, что в случае отсутствия зоны размыва понижения в отдельных скважинах ряда превысят предельно допустимые при пересчете на их реальный радиус, без учета гидравлического. Дополнительные понижения, обусловленные несовершенством водозаборных скважин по характеру вскрытия (учитывая результаты интерпретации двух откачек), составили 1 – 2 м – для гидравлического радиуса центральной скважины куста на южном фланге, 1 – 5 м (в среднем – 1,5 – 2 м) – на северном. Приняв для прогноза гидравлический радиус центральной

скважины куста северного фланга как более жесткие условия, получим превышение предельно допустимых понижений в половине из числа скважин водозаборного ряда. Учитывая, что на данном водозаборе в процессе эксплуатации в прискважинной зоне возникает дополнительный скин-эффект за счет кольтматации ее соединениями железа, водозабор в условиях второго сценария прогноза не сможет обеспечить заявленную потребность, несмотря на наличие в непосредственной близости от водозаборных скважин крупного источника привлекаемых ресурсов.

Существующая на данный момент зона размыва покровных отложений позволяет привлечь дополнительные ресурсы, в результате чего понижения в водозаборных скважинах не достигают предельно допустимых даже при учете несовершенства скважины по характеру скрытия пласта.

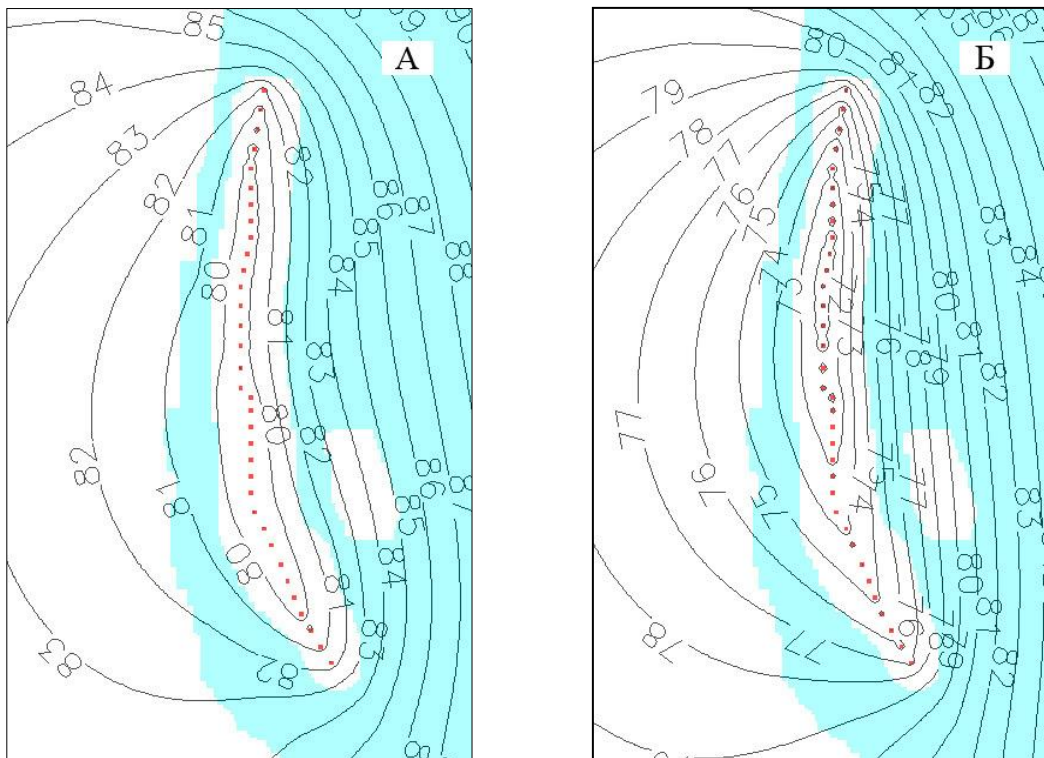


Рис. 2. Распределение напоров в основном водоносном горизонте при оптимальном водоотборе (А-первый сценарий, Б-второй сценарий)

Таким образом, эпигнозное моделирование позволило установить границы зон с различными фильтрационными параметрами основного водоносного горизонта и донных отложений, определить значения параметров в пределах каждой зоны. И в дальнейшем показать влияние значения этих параметров на прогноз работы водозабора в подобных гидрогеологических условиях.

Литература

1. Hill, Mary C., Tiedeman, Claire R., Effective groundwater calibration: with analysis of data, sensitivities, predictions and uncertainty, 2007
2. Poeter E. P., Hill M. C., Banta E.R., Mehl S., Christensen S., UCODE_2005 and six other Computer Codes for Universal Sensitivity Analysis, Calibration, and Uncertainty Evaluation. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A11, 283p., 2005
3. Отчет о геологическом и гидрогеологическом доизучении, инженерно-геологической съемке масштаба 1:200000 с эколого-геологическими исследованиями на площади листа М-37-IV (Воронеж). Книга 2. Текст отчета. / «Воронежгеология», г. Воронеж, 2000. – 159 с.

ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ СИБИРИ

А.Ф. Сухорукова

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия,
E-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru*

Аннотация. Рассмотрены основные достижения в изучении геокриологических проблем, возникающих при освоении нефтегазовых месторождений арктических районов Сибири. На основе анализа обзора проведенных исследований выделены основные особенности криолитозоны, сопровождающие разведку и добычу углеводородов: - искажение физических свойств за счет льдистости и как результат снижение точности решения задач структурной геологии геофизическими методами; сложности бурения скважин при отрицательных температурах, добычи нефти; специфические условия залегания углеводородов, наличие криопэгов.

Abstract. The main achievements in investigating of geocryological issues during petroleum field development in Siberian Arctic have been considered. Based on the review analysis of conducted researches, main features of permafrost zone attending hydrocarbon production and exploration have been highlighted. These are: disturbance of physical properties due to ice content resulted in loss in accuracy of task solving of structural geology by geophysical methods; complications in well drilling at negative temperatures and oil exploration; terms of hydrocarbon occurrence and presence of cryopegs.

Поиск, а затем разведка и освоение нефтегазовых залежей в арктических районах ставят перед теорией и практикой нефтегазового дела специфические проблемы, связанные прежде всего с широким развитием мощной толщи криогенных пород.

В тридцатых годах XX века, когда поиски нефти в Арктики только начинались (низовья Енисея, Нордвикский район) только начинались, было обращено внимание на исключительные трудности проведения здесь геофизических исследований из-за наличия в разрезе мощного диэлектрика – толщи льдистых и мерзлых пород. В дальнейшем, еще в 40–е годы прошлого века исследованиями на северном склоне Алданского массива Ф.Г. Гурари установлено загустевание нефти при низких пластовых температурах, ее усиленную парафинизацию. С развитием мерзлых пород на больших пространствах постепенно начали связывать отсутствие поверхностных нефтепроявлений на севере Западно-Сибирской равнины. Об этом неоднократно писали Н. С. Шатский, Н. А. Гедройц, Г. Е. Рябухин и многие другие исследователи. Н.А. Гедройц [2] также указывал на осложняющее влияние мерзлоты на бурение, крепление и испытание скважин. Позднее, анализируя материалы разведочных работ в Усть - Порту, О. В. Равдоникас отмечала, что минимальная температура мерзлых пород в данном районе могла составить —11 — 12°C, что в пойме Енисея многолетнемерзлые породы повсеместно отсутствуют, а геотермический градиент в мерзлой толще не превышает 1,2°C/100 м. О.В. Равдоникас выделила в разрезах скважин сплошную и перемежаемую мерзлоту, указав на ее полную неизученность [12].

В конце пятидесятых годов объемы разведочных работ на нефть и газ в северных районах быстро увеличиваются. Растет и количество информации о многолетнемерзлых породах. Появляются работы Г. Б. Острога, Земцова А.А., В. В. Баулина [10,6,1], в которых детально описываются проявления реликтовых мерзлых пород на большой глубине в разведочных скважинах. Намечены и обоснованы важные закономерности в поведении мерзлой толщи, обусловленные спецификой глубинного геологического строения.

Г. Д. Гинсбург, Иванова Г.А. и другими геологами [4], отмечает решающую роль мощной криогенной толщи при формировании аномально низких пластовых давлений в газовых залежах, когда дефицит давления против условного гидростатического достигает 10 и более атмосфер. Не исключено, что тем самым выявлен один из поисковых признаков «твердого газа».

Ряд статей сборника посвящен попыткам трассирования дизъюнктивных нарушений по газопроявлениям из-под мерзлоты. Г. Д. Гинсбург поместил здесь же чрезвычайно важные материалы, дающие основание для реального выделения в разрезе Джангодской площади газа в твердой фазе. Ю. Ф. Макогон еще в 1965 г. выступил с предложением [8] о том, что гидратные залежи природного газа тяготеют преимущественно к зонам сплошного развития многолетнемерзлых пород.

Существенную помощь в изучении геокриологических особенностей районов Западной Сибири сыграли геотермические исследования недр. Этому вопросу посвящены работы Г. А. Череманского, Б. Ф. Маврицкого, Н. М. Кругликова, В.Н. Девяткина [5], Б. П. Ставицкого и А. Э. Конторовича. В названных районах хорошо изучены гидрогеологические особенности обширных территорий Западно-Сибирской равнины, описан солевой состав пластовых вод и некоторые особенности распределения температурного поля. Показано, в частности, что устанавливается прямая связь между поведением геоизотерм и строением недр, между усилением теплотополюсов и наличием региональных глубинных разломов.

Упоминания об осложняющем влиянии мерзлоты на поиски нефти и газа в северных районах Западной Сибири, рекомендации по ее изучению содержатся почти в каждом отчете о буровых и геофизических работах, проведенных по данной территории. но, к сожалению, дальше рекомендаций дело не продвигалось. В течение длительного периода вплоть до середины шестидесятых годов геокриологические исследования были почти полностью оторваны от практики нефтегазодобывающей промышленности. Публикации по вопросам нефтегазовой геокриологии носили скорее всего описательный или постановочный характер.

В 50-60-е годы расширяется круг геокриологических исследований в Западной Сибири, в которых наряду с экспедициями Академии наук СССР принимают активное участие специализированные отряды научно-исследовательских организаций и партии территориального геологического управления. В скважинах глубокого бурения в комплексе геофизических исследований часто проводились температурные измерения, выполнявшиеся различными организациями. Сведения о температуре мерзлых пород содержатся в работах А.И. Попова, В.М. Пономарева, и Н.И. Салтыкова и др. авторов. Большое внимание при геокриологических исследованиях уделялось изучению криогенного строения мерзлых толщ, подземным льдам и криогенным явлениям (Баулин В.В., Розенбаум Г.Э., Шполянская Н.А., Шевелева Н.С., Фотиев С.М и др. [1,13,14,15]). Начало XXI века ознаменовалось новым импульсом развития геокриологических исследований, проводимых в арктических нефтегазовых районах. На сегодняшний день достигнуты определенные успехи в области геокриологии и гидрогеологии мерзлой зоны арктических районов Сибири. Значительные площади территории распространения многолетнемерзлых толщ покрыты мерзлотно-гидрогеологической и инженерно-геологической съемкой среднего масштаба.

В 60-80-е годы прошедшего столетия проводились обширные мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геокриологические исследования во всех районах развития криолитозоны Сибири, где велось строительство автомобильных и железных дорог, газо- и нефтепроводов, возводились гидротехнические сооружения на многолетнемерзлых породах, создавались разномасштабные сооружения государственного или ведомственного значения. Научные результаты, полученные в результате проведения широкомасштабных исследований, нашли отражение в выпусках «Мерзлотные исследования» МГУ, трудах ученых Института мерзлотоведения СО РАН, десятках научных монографий и статей специалистов самого различного профиля [3,9,11,13,14,15].

В 90-е годы прошедшего столетия по известным причинам произошел резкий спад в проведении полевых геокриологических исследований по всей стране, но накопленный фактический материал, полученный в предыдущий период, позволил ученым-мерзлотоведам его детально проанализировать. Крупным обобщением геокриологических материалов явились следующие работы: 5-томная монография «Геокриология СССР» (1989); вышли в

свет шесть томов монографии «Основы геокриологии», подготовленные учеными Московского государственного университета.

Широкий спектр научных и прикладных работ по различным направлениям геокриологии и смежным наукам ведется в региональных отделениях Академии наук: в Институте мерзлотоведения СО РАН им. акад. П.И.Мельникова (г. Якутск) и Институте криосферы Земли СО РАН [7] (г. Тюмень). Нужно отметить, что ни одно более или менее крупное строительство в криолитозоне не начинается без проведения предварительных мерзлотно-гидрогеологических изысканий и составления геокриологического прогноза.

В Институте нефтегазовой геологии и геофизики в последние годы проводились работ по составлению карт мощностей криогенных толщ, геотермальных карт с расчетом геотермических градиентов для Енисей-Хатанской, Анабаро-Хатангской, Лено-Анабарской нефтегазоносных областей (по данным более чем 300 глубоких скважин). Анализ имеющихся гидрогеохимических данных позволил выделить зоны развития криопэгов (высокоминерализованных вод с отрицательными температурами).

Накопленный опыт многих предыдущих исследователей, позволяет выделить особенности криолитосферы, сопровождающие разведку и добычу углеводородов:

- искажение физических свойств за счет льдистости (вносят большой разбой в корреляцию верхней части разреза);
- влияние криогенной толщи на точность решения задач структурной геологии геофизическими методами;
- сложности бурения скважин при отрицательных температурах (смятие колонн при растеплении скважин, образования ледяных пробок, прорыв газа при цементировании скважин);
- условия залегания углеводородов в зоне развития мерзлых и охлажденных пород
- добыча нефти (парафинизация);
- наличие высокоминерализованных вод с отрицательными температурами (криопэгов);
- использование криогенной толщи в качестве естественного подземного газохранилища.

Начало XXI века ознаменовалось новым импульсом развития геокриологических исследований, проводимых в арктических нефтегазовых районах. На сегодняшний день достигнуты определенные успехи в области геокриологии и гидрогеологии мерзлой зоны арктических районов Сибири. Значительные площади территории распространения многолетнемерзлых толщ покрыты мерзлотно-гидрогеологической и инженерно-геологической съемкой среднего масштаба, что создает условия для более успешного решения сложных геокриологических проблем.

Литература

1. Баулин В.В. Многолетнемерзлые породы нефтегазоносных районов СССР. М.: Недра, 1985, 175 с.
2. Гедройц Н.А. Нефтеносность Советской Арктики по данным на 1949 год. Районирование по перспективам нефтеносности. Л., М., Изд-во Главсевморпути, 1950. Тр. НИИГА, Т. 3. 68 с.
3. Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции // Новосибирск.: Наука, 1983, 180 с.
4. Гинсбург Г.Д. Геотермическая характеристика района // Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. - Л., 1971. - С. 13- 32.
5. Девяткин В.Н. Тепловой поток криолитозоны Сибири, Новосибирск: Наука, 1993, 163 с.
6. Земцов А.А. Глубокозалегающие толщи многолетнемерзлых горных пород в Западной Сибири, Изв. АН СССР, сер. география № 4, 1960
7. Криосфера нефтегазоконденсатных месторождений полуострова Ямал: в 3 т./ Под общей ред. Ю.К. Васильчука, Г.В.Крылова, Е.Е. Подборного – Тюмень ООО «ТюменьНИИгипрогаз»; СПб.: Недра, С.-Петербург. Отделение, 2006
8. Макогон Ю.Ф. Некоторые вопросы размещения, разведки и эксплуатации месторождений природных газов в условиях многолетней мерзлоты. Изв. ВУЗ, серия нефть и газ, № 7, 1965

9. Обидин Н.И. Вечная мерзлота и подземные воды Западно-Сибирского мезозойского прогиба и Сибирской платформы севернее полярного круга. Тр. Ин-та геологии Арктики, т. 65, 1959
10. Острый Г.Б. Поиски и освоение нефтегазовых месторождений в Западной Сибири в связи с ее геокриологическими условиями. Тр. Запсибниги, выпуск 44, Тюмень, 1971.-343с.
11. Пономарев В.М. Подземные воды территории с мощной толщей многолетнемерзлых горных пород. АН СССР, 1960
12. Равдоникас О.В. Основные итоги гидрогеологических исследований нефтеносных районов севера Западной Сибири // Труды НИИГА, т.129, М., 1962, 194 с.
13. Розенбаум Г.Э., Шполянская Н.А. Позднекайнозойская история криолитозоны Арктики и тенденции ее будущего развития, М.: Научный мир, 2000, 103 с.
14. Фотиев С.М., Данилова Н.С., Шевелева Н.С. Геокриологические условия Средней Сибири. Москва, Наука, 1974, 147 с.
15. Шевелева Н. С. Хомичевская А. С. Геокриологические условия Енисейского севера. – М.: Изд-во «Наука», 1967. – 127 с.

СОВМЕСТИМОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПЕРВОМАЙСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ, С ПЛАСТОВЫМИ ВОДАМИ И ПОРОДОЙ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Н.С. Трифонов^{1,2}

¹ *Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Томск, Россия, E-mail: Trifonovnik@mail.ru*

² *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Аннотация. приводятся результаты исследования совместимости подземных вод апт-альб-сеноманского водоносного горизонта с пластовыми водами и породой продуктивных отложений пласта Ю1 Первомайского нефтяного месторождения.

Abstract. the results of groundwater compatibility studies the Aptian-Albian-Cenomanian aquifer with reservoir water and breed productive deposits of the stratum U1 Pervomaysky oil field.

Первомайское нефтяное месторождение расположено на территории двух субъектов Российской Федерации: большей (южной) частью месторождение находится в Каргасокском районе Томской области, меньшей (северной) – в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа-Югры. Месторождение было открыто в 1969 году благодаря скважине номер 260, вскрывшей верхнеюрские отложения, а активная стадия разработки запущена в 1981 году. Промышленная нефтеносность месторождения связана с терригенными верхнеюрскими отложениями васюганской свиты (пласт Ю1, представляющий из себя песчаники с прослоями алевролитов и глин) [1].

В настоящее время Первомайское месторождение находится на III стадии разработки, для которой характерно падение добычи нефти при росте обводнённости углеводородного сырья. С 1982 г. в южной части месторождения, а с 1990 г. – в северной, начато применение системы поддержания пластового давления (ППД) с использованием подземных вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса. Данный водоносный комплекс, представляющий собой верхнюю часть разреза нижнего гидрогеологического этажа Западно-Сибирского артезианского бассейна, содержит на территории Западной Сибири значительные запасы подземных вод, используемых для нужд ППД.

Согласно имеющимся нормативным документам, для вод, используемых в системе ППД, обязательно должна выполняться оценка совместимости с пластовой водой и породой коллектора. Для этой цели автором использованы методы численного физико-химического моделирования, реализованные в программном комплексе HydroGeo [2].

Для моделирования техногенных геохимических процессов применительно к системе «вода-порода» пласта Ю1 использовалась следующая методика.

На первом этапе работ в программный комплекс HydroGeo были внесены исходные данные лабораторных анализов пластовой воды отложений васюганской свиты (пласт Ю1) (табл. 1) Первомайского месторождения и проведены пересчеты для восстановления электронейтральности раствора при стандартных условиях: $t=22^{\circ}\text{C}$, $P=0,1$ МПа (восстановление электронейтральности осуществлялось по иону Cl^-). После этого состав вод Первомайского месторождения был переведен к термодинамическим условиям пласта ($90,7^{\circ}\text{C}$ и $25,8$ МПа) с учетом дополнительного растворения газов нефти, в первую очередь CO_2 , меняющего кислотно-щелочные свойства раствора (табл. 1), и приведен к равновесию с условной породой коллектора путем подбора значений стандартной свободной энергии Гиббса, отвечающих состоянию равновесия текущих составов раствора и породы.

Исходный состав породы принят по данным литологического описания пласта Ю1: кварц – 48 %, кальцит – 10,5 %, альбит и калиевый полевой шпат – по 10 %, анортит – 9 %, каолинит и моноклинный пироксен – по 6 %, сидерит – 0,3 %, хлорит – 0,2 %, помимо этих минералов он был дополнен некоторыми из акцессорных примесей (гиббсит, монтмориллонит, доломит, ангидрит и гипс), ожидаемых в соответствии с общими литологическими соображениями. Открытая пористость принята равной 16,5 %.

Таблица 1
Изменение состава подземных вод васюганской свиты (пласт Ю1) Первомайского месторождения в процессе подготовки к моделированию

Компонент	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Fe^{2+}	Al^{3+}	$(\text{HCO}_3)^-$	Cl^-	$(\text{SO}_4)^{2-}$	SiO_2	$(\text{CO}_3)^{2-}$	CO_2	pH	M (г/л)	Плотн., (кг/м ³)	Ионная сила (моль/л)	t (град,С)	P (МПа)
исходный электронейтральный	1160,8	300,1	12961,9	12,8	54,5	$5,0\text{E}^{-05}$	319,8	23427,0	0,05	$3,0\text{E}^{-06}$	2,1	5,5	7,0	41,2	1027,7	0,7	22,0	0,1
уравновешено с CO_2 пласта	1169,4	317,2	13166,1	11,9	52,7	$5,0\text{E}^{-05}$	0,0	23999,2	0,04	$3,3\text{E}^{-05}$	0,0	6,5	3,1	40,2	1000,7	0,8	90,7	25,8

Вторым этапом работ стала подготовка к моделированию состава подземных вод апт-альб-сеноманских отложений по той же схеме, что и для пластовых вод.

На этапе пути движения подземных вод апт-альб-сеноманских отложений от устья водозаборной скважины до забоя нагнетательной, изменения, обуславливающие возможное техногенное изменение состава раствора, могут быть связаны только со сменой термодинамических условий. Ввиду отсутствия информации по соответствующим расходам потоков и скоростям течения закачиваемых вод, расчеты для трубопроводов и промышленного оборудования осуществлялись без учета времени взаимодействия, в связи с чем, их результаты характеризуют не действительное, а максимально возможное выпадение солей.

Изменения, происходящие с составом раствора, приведены в табл. 2. Полученные в ходе моделирования данные о возможных химических процессах, приводящих к техногенному минералообразованию как в наземном оборудовании, так и стволе нагнетательной скважине, свидетельствуют о малых изменениях состава раствора, даже учитывая выпадение кальцита из литра раствора до 18,4 мг в наземном оборудовании и 79,7 мг – в стволе нагнетательной скважины. Вместе с тем, постепенное накопление карбонатов в наземном оборудовании и стволе нагнетательной скважины, может привести к некоторому снижению производительности последних.

Таблица 2

**Изменение состава подземных вод апт-сеноманских отложений
Первомайского месторождения в процессе подготовки к моделированию**

Компонент, мг/дм ³	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Fe ²⁺	Al ³⁺	(HCO ₃) ⁻	Cl ⁻	(SO ₄) ²⁻	SiO ₂	(CO ₃) ²⁻	CO ₂	pH	M (г/л)	Плотн.(кг/м ³)	Ионная сила (моль/л)	t (°C)	P (МПа)
исходный электронейтраль- ный	549,7	89,6	6674,8	80,5	1,60	4,0E-06	109,2	11639,2	0,83	1,2E-06	1,3	0,5	7,6	19,9	1012,8	0,4	22,0	0,1
имитация отстоя и движения в наземном оборудовании	543,4	89,6	6675,7	80,5	1,61	1,3E-09	101,1	11639,1	0,83	1,8E-06	0,5	1,0	7,2	19,8	1012,2	0,4	22,0	0,1
на забое (приведение к пластовым условиям)	528,1	84,5	6794,9	78,8	1,65	3,2E-10	8,9	11870,1	0,86	2,2E-04	0,2	0,6	6,5	19,8	987,7	0,4	90,7	25,8

Третьим этапом стало моделирование непосредственно закачки в пластовые воды отложений васюганской свиты Первомайского месторождения подземных вод апт-альб-сеноманских отложений используемых для поддержания пластового давления. Поведение закачиваемых вод в условиях продуктивного пласта в геохимическом отношении имеет сложный характер. Свое действие здесь оказывает, во-первых, смешение нагнетаемых вод с пластовыми, во-вторых, в пласте смесь этих вод получает возможность взаимодействовать с минералами породы и газовой фазой, растворенной в остаточной нефти. Смесь пластовых (А) и закачиваемых (В) вод в пропорциях от 0,8:0,2 до 0,0:1,0 долей единиц (т. е. от 80:20 до 0:100 в процентном соотношении), имитирующих увеличение доли закачиваемых вод апт-альб-сеноманских отложений в общем объеме пластовых вод от 20 % до практически полного заполнения коллектора, по мере приближения к нагнетательной скважине, на каждом этапе смешения приводилась в равновесие с породой коллектора. Расчет взаимодействия в системе вода-порода выполнялся без учета времени, т. е. до установления полного равновесия (табл. 3). Для определения состава раствора, получающегося при смешении вод в указанных пропорциях, использовалась функция “Смешение/Испарение”, для расчета взаимодействия получаемой смеси с породой коллектора использовалась функция “Растворение-осаждение” модуля “Гидрогеохимия” программного комплекса HydroGeo.

Таблица 3

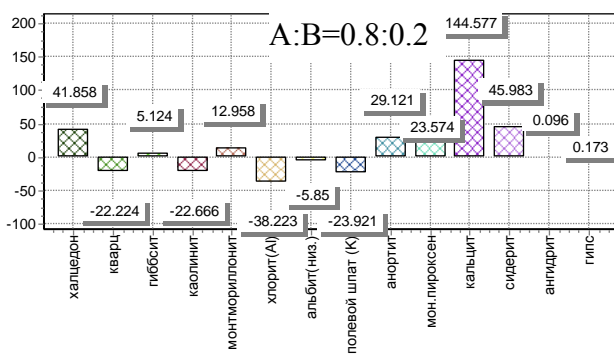
**Состав раствора на конец этапов моделирования, мг/л
(продуктивный пласт после взаимодействия с породой)**

Компонент	пласт Ю ₁	A:B=0,8:0,2	A:B=0,6:0,4	A:B=0,4:0,6	A:B=0,2:0,8	A:B=0,0:1,0	апт- сеноман
Ca ²⁺	1169,38	941,08	784,47	628,78	499,51	455,55	528,05
Mg ²⁺	317,18	259,57	218,56	175,16	131,92	90,22	94,52
Na ⁺	13166,10	11792,40	10538,50	9279,58	8019,41	6720,32	6794,90
K ⁺	11,88	27,47	38,92	49,95	63,67	76,92	78,81
Fe ²⁺	52,69	19,80	5,77	2,24	0,16	0,59	1,65
Al ³⁺	5,00E-05	8,06E-05	3,25E-06	4,74E-04	2,41E-05	2,45E-06	3,18E-10
(HCO ₃) ⁻	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,90
Cl ⁻	23999,20	21303,40	18931,10	16554,20	14172,10	11707,60	11870,10

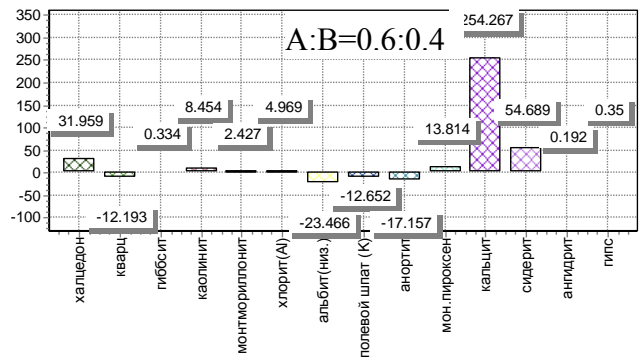
Компонент	пласт Ю ₁	A:B=0,8:0,2	A:B=0,6:0,4	A:B=0,4:0,6	A:B=0,2:0,8	A:B=0,0:1,0	апт-сеноман
(SO ₄) ²⁻	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,86
SiO ₂	3,33E-05	3,99E-12	2,11E-05	1,78E-05	1,92E-05	1,81E-05	0,00
(CO ₃) ²⁻	5,36E-07	7,84E-12	7,60E-12	7,28E-12	7,25E-12	5,54E-12	0,16
H ₂ CO ₃	427,14	0,12	0,23	0,39	0,46	0,05	36,60
CO ₂	6,50	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,55
pH	3,05	2,45	2,33	2,24	2,25	2,71	6,50
M(г/л)	40,20	35,19	31,20	27,21	23,26	19,27	19,76
Плотн.(кг/м ³)	1000,68	997,92	995,29	992,65	990,04	987,45	987,68
Ионная сила (моль/л)	0,76	0,66	0,59	0,51	0,43	0,36	0,36

Техногенные геохимические изменения состава вод и породы пласта, полученные по данным моделирования, свидетельствуют о преобладании процессов вторичного минералообразования над процессами растворения породы коллектора (из каждого литра раствора количество новообразованных минералов на 120–380 мг превышает количество растворенных), что указывает на возможность постепенного снижения фильтрационно-емкостных свойств пласта и приемистости нагнетательной скважины.

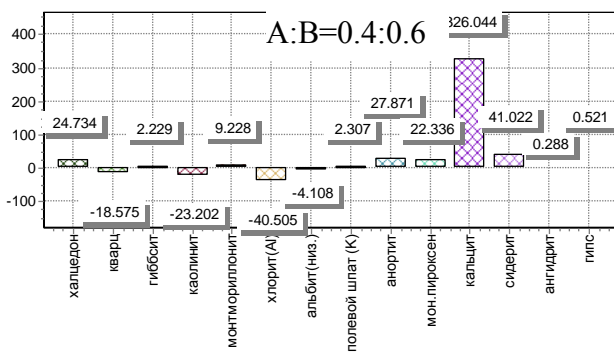
Техногенное изменение коллектора связано, в основном, с растворением полевых шпатов, хлорита, каолинита и кварца, и одновременным образованием вторичных сульфатов, глин (монтмориллонитовых) и карбонатов (кальцита и сидерита) (рис. 1). Каждый цикл промыва приводит к сравнительно небольшому изменению состава породы, но многократный её промыв может привести к довольно существенному преобразованию минерального состава и пористости, а последняя постепенно убывает, приводя к соответствующему изменению фильтрационно-емкостных свойств пласта-коллектора.



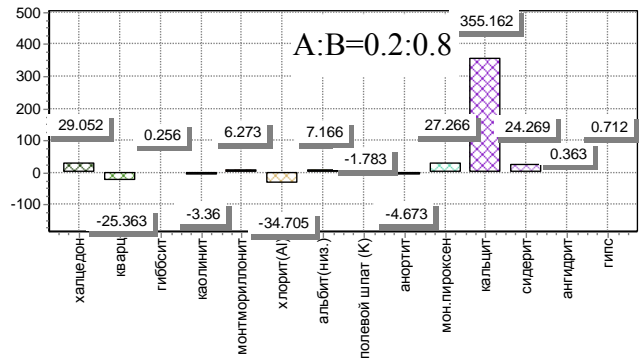
Высажено из раствора (мг/л)



Высажено из раствора (мг/л)



Высажено из раствора (мг/л)



Высажено из раствора (мг/л)

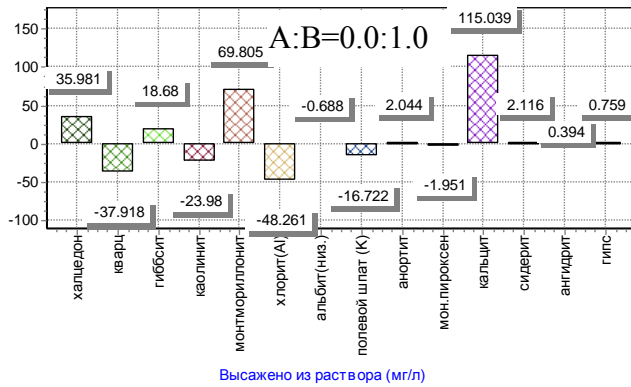


Рис. 1. Выпадение (положительные) и растворение (отрицательные значения) минералов в продуктивном пласте для разных пропорций смешения пластовых вод продуктивных отложений и подземных вод апт-сеноманских отложений используемых для поддержания пластового давления

Полученные в ходе моделирования закачки апт-альб-сеноманских вод в продуктивный пласт (горизонт Ю1) результаты указывают на достаточно хорошую совместимость данных типов вод. Следует ещё раз повториться, что количественные изменения составов раствора и породы – это максимально возможные изменения, которые в действительности (с учетом времени взаимодействия в системе вода-порода) будут более низкими.

Литература

1. Конторович А.Э., Нестеров И.И., Сурков В.С. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири. - Москва, 1975.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач / М.Б. Букаты // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т.305. – №6. – С. 348 – 365.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛКИНСКОЕ (КАМЧАТКА): УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ СОСТАВА

Н.А. Харитонов^{1,2}, Г.А. Челноков², А.В. Асеева²

¹Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, г.Москва, Россия,
E-mail: tchenat@mail.ru

²Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. В работе приводятся новые данные по химическому и изотопному составу холодных углекислых минеральных вод месторождения Малкинское. Проведенные исследования показали, что все исследованные воды являются метеорными, а их химический состав формируется в результате сложных химических реакций в системе вода-водовмещающие породы-углекислый газ. Высокое парциальное давление CO₂ в данном случае увеличивает скорость и интенсивность реакций растворения водовмещающих пород.

Abstract. New data about chemical and isotopic composition of high pCO₂ groundwater from Malkinskoe spa is represented. According to the obtained results all studied waters are meteoric ones and their chemical composition was formed during the complex of chemical reactions in the water-bedrock-CO₂ system. The high content CO₂ in mineral groundwater enhances the rate of the dissolution reaction in bedrock and sometimes leads to spouting high pCO₂ groundwater.

В пределах полуострова Камчатка очень широко распространены минеральные воды различных геохимических типов: к настоящему моменту на территории полуострова известно более 100 групп термальных и около 40 холодных минеральных источников [2]. Источники холодных углекислых вод локализованы в основном по периферии Малкинского гидрогеологического массива и горных хребтов п-ова Озерный. Наиболее крупным и известным месторождением холодных минеральных вод полуострова является Малкинское месторождение, расположенное в Елизовском административном районе Камчатского края РФ. Месторождение было открыто в 60-десятых годах прошлого века и его площадь

составляет 7 км². Климат на территории месторождения – умеренно-континентальный. В орографическом отношении район исследования представляет собой горную местность, а основным водотоком района является р. Быстрая, которая характеризуется высоким паводочным режимом с частичным затоплением низкой поймы.

В настоящее время воды месторождения активно бутылруются и широко используются не только в качестве столовых вод, но и для лечения группы хронических заболеваний органов пищеварения. Основной целью данной работы является выявление физико-химических условий образований минеральных вод месторождения на основе детального изучения геолого-гидрогеологических условий территории, а также данных по геохимии и изотопии вод.

Методы исследования

Исследование химического и изотопного состава минеральных вод и газов проводилось в течение 5 лет. Были изучены естественные выходы (источники Малкинской группы) вод и воды вскрытые буровыми скважинами в долинах рек Быстрая и Ключевка под чехлом аллювиальных отложений.

Нестабильные параметры измерялись непосредственно на месте отбора проб, также проводилась фильтрация водных проб через целлюлозный фильтр (0,45 мкм) для удаления взвеси. Для определения химических элементов и компонентов в водах использовался комплекс методов: основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU), а микро- и рассеянные элементы анализировались с использованием плазменно-оптической эмиссионной спектрометрии (ICP-AES, Plasmaquant-110) и индуктивной плазменной масс-спектрометрии (ICP-MS, Agilent 7500c) в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН. Стабильные изотопы кислорода и водорода анализировались в аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН в лаборатории стабильных изотопов, погрешность определения δD и $\delta^{18}O$ (1σ) составляла 0.8‰ и 0.2‰ ($n=5$), соответственно. Подготовка проб воды для изотопного анализа проведена стандартным методом высокотемпературного пиролиза воды на углероде.

Геология и гидрогеология района

В региональном структурно-тектоническом плане Малкинское месторождение минеральных углекислых вод локализовано в западном крыле крупной грабен-синклинальной структуры, сложенной преимущественно терригенными кремнисто-вулканогенными и вулканогенно-осадочными породами верхнемелового возраста [1]. Терригенно-осадочные отложения прорваны многочисленными интрузиями и дайками различного состава и возраста, из которых наиболее древними на участке являются дайки интенсивно измененных метаморфизованных базальтовых порфиритов (βK_2). Широко распространены на площади месторождения позднемиоценовые интрузии, представленные гранодиоритами, диоритами, диоритовыми порфиритами и гранит-порфирами. Вероятно, интрузивные тела имеют общую основу и на территории месторождения существует глубинный гранитоидный массив. Интрузивные породы, как правило, интенсивно изменены, а вмещающие породы метаморфизованы и гидротермально переработаны.

Подземные воды месторождения относятся к трещинно-жильному типу, и основным коллектором для минеральных вод месторождения являются интенсивно дислоцированные верхнемеловые терригенно-осадочные породы Кихчинской серии (K_2kh) мощностью примерно 2000 – 3000 м. В местах циркуляции минеральных вод водовмещающие породы сильно карбонатизированы и серицитизированы. На участках разгрузки вод в водоносные горизонты и комплексы рыхлых четвертичных образований, водовмещающие породы практически нацело изменены и превращены в кварц-серицит-карбонатный рыхлосвязанный агрегат. В местах естественных выходов углекислых вод на поверхность образуются железистые травертины.

Минеральные воды месторождения – напорные, напоры меняются от скважины к скважине – от 57 до 250 м. Параметры самоизлива зависят от условий вскрытого скважиной разреза.

По долине р. Быстрой установлен глубинный разлом субмеридионального направления, который является частью Главного Камчатского разлома [1]. Серия разрывных нарушений глубокого заложения северо-западного простирания хорошо прослеживается по территории месторождения. Поступление с больших глубин наиболее минерализованных вод связано с зонами этих разрывных нарушений, которые, как правило, сопровождаются мощными (до 100 и более метров) зонами трещиноватости и дробления. Очевидно, разломы северо-западного направления, секущие Главный Камчатский разлом, нарушают его сплошность как экрана для регионального потока подземных вод.

Тектоническими нарушениями район месторождения разбит на многочисленные мелкие блоки с различными амплитудами смещения. Породы в зонах нарушений интенсивно раздроблены, милонитизированы, часто представляют собой тектонические брекчии, сильно изменены, иногда нацело переработаны в кварц-карбонатные, кварц-серицит-глинистые породы. На участке месторождения выделяется две хорошо изолированные тектонические зоны: северо-западного и субмеридионального простирания. По первой зоне происходит движение (разгрузка) почти неразбавленных высокоминерализованных глубинных растворов. Для скважин этой зоны (скв.15, 17, 9, 12) характерны минимальные удельные дебиты – меньше 0,004 л/с м. Вторая зона – прослеживается лишь частично и проходит по линии скважин 11, 9, 2. Видимо, ее изоляция нарушена тектоническими нарушениями.

Кроме этих двух зон, в пределах месторождения выделены системы более проницаемых, взаимно пересекающихся трещин, в которых происходит смешение вод различного генезиса – минерализованных глубинных (углекислых и безуглекислых) и маломинерализованных вод зоны свободного водообмена. С глубиной происходит затухание активной трещиноватости (особенно в блоках) и формируется зона затрудненного водообмена.

Химический и изотопный состав вод

Углекислые минеральные воды месторождения являются холодными, температура воды на скважинах колеблется от 7,5 до 12,0° С. Минерализация вод сильно зависит от степени проницаемости водовмещающих пород – в более проницаемой системе минерализация вод ниже. Минимальная минерализация воды на изливе (3,8-4,5 г/л) фиксируется на контуре месторождения, в скважинах 14, 16 с максимальным удельным дебитом (до 0,34 л/с).

По химическому составу выделяют три группы минеральных вод: хлоридно-гидрокарбонатные натриевые невысокой минерализации (2-5 г/л), хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-натриевые средней минерализации (8-10 г/л) и высокоминерализованные (15,5 – 26 г/л) хлоридно-гидрокарбонатные натриевые. По содержанию железа ($Fe_{\text{общ}}$ до 84 мг/л), кремния (H_2SiO_3 до 150 мг/л) и бора (H_3BO_3 до 800 мг/л) минеральные воды относятся к железистым, кремнистым, борным. Железо представлено преимущественно Fe^{2+} . Величина рН составляет 6,3 – 7,0.

Выявлены значительные концентрации Cr (до 20,8 мкг/л), Ni (до 19,9 мкг/л), Zn (до 56,9 мкг/л), Pb (до 5,7 мкг/л), Bi (до 6,1 мкг/л), Ge (до 28,1 мкг/л), Li (до 11,7 мг/л), Cs (до 40,8 мкг/л) и Sb (до 13,1 мкг/л). Кроме того, можно отметить повышенные содержания Sr (до 11 мг/л) и Ba (до 5,3 мг/л).

В соответствии с ГОСТ 13273-88 воды скважин 10, 14, 16 относятся к Малкинскому типу и могут быть использованы в качестве питьевых лечебных (скв. 10) и лечебно-столовых (скв.14, 16) минеральных вод. Воды скважины № 14 активно бутылкируются и реализуются под торговой маркой «Камчатская №1».

Анализ данных по химическому составу показывает, что в пределах месторождения водоносные горизонты с различной минерализацией распространены на разных глубинах. В

интервале глубин 215-652 м вскрыты углекислые воды с минерализацией от 4,5 до 32,5 г/л – на нижних горизонтах, воды имеют более высокую минерализацию. Максимальный водоприток отмечается на глубинах 200-227 м и 245-385 м для скважины 14, а для скважины 15 на глубинах 235-290 м и 310-380 м. Наиболее интенсивный водоприток приурочен к контакту гранодиоритов с туфами и туффитами.

Спонтанный газ месторождения представлен главным образом CO_2 , содержание которого незначительно варьирует от скважины к скважине, но находится в диапазоне 91-100 об.%. В составе прочих газов выявлены: азот (0,5 – 0,8 об.%), метан (0,005-0,27 об.%), кислород (менее 0,1 об.%) и незначительное количество углеводородов (C_2H_6 и C_3H_8). Рассчитанное парциальное давление углекислого газа составляет 1,5 атм, а его дебит - около 1,7 т/сут.

Изучение стабильных изотопов кислорода и водорода показало, что атмосферные осадки имеют значения $\delta^{18}\text{O}$ в пределах от -104 до -125‰, δD – от -14,7 до -17,2‰ и ложатся на линию метеорных вод (рис.). Данные по содержанию $\delta^{18}\text{O}$ и δD в поверхностных и грунтовых водах региона варьируют незначительно и близки к линии метеорных вод (GMWL). Термальные воды Малкинского месторождения (как в источниках, так и в скважинах) демонстрируют стабильный изотопный состав, который близок к метеорным водам региона.

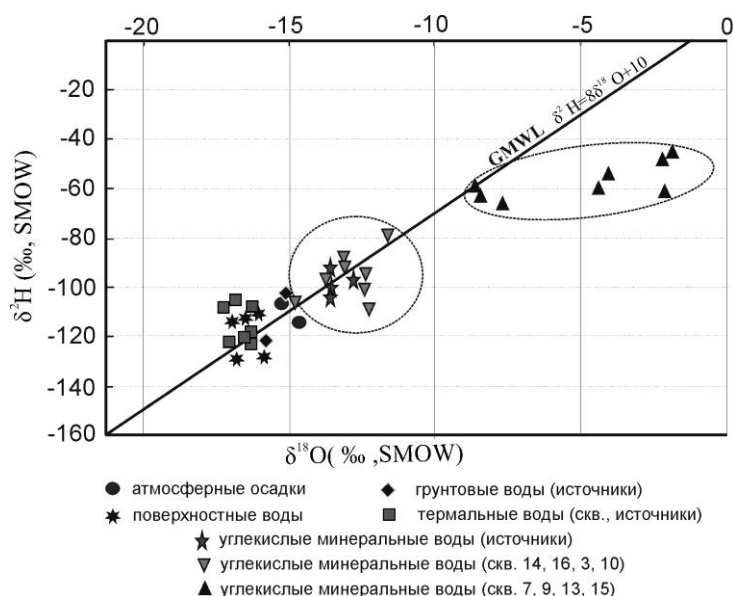


Рис. Соотношение стабильных изотопов кислорода и водорода в природных водах месторождения Малкинское

Холодные углекислые минеральные воды месторождения, наоборот, имеют довольно пестрый изотопный состав: разброс значений по $\delta^{18}\text{O}$ составляет около 13‰, а по δD – около 62‰. Отчетливо выделяются две группы вод: 1. воды, имеющие отчетливое метеорное происхождение, со значениями $\delta^{18}\text{O}$ варьирующими от -13,3 до -15,3‰ и δD – от -77 до -116‰; 2. воды, обогащенные изотопами O^{18} и D , в которых фиксируется отчетливый сдвиг вправо от линии метеорных вод (рис.1). К первой группе вод относятся минеральные воды невысокой минерализации (2-5 г/л), $\text{Na-HCO}_3\text{-Cl}$ типа, а ко второй высокоминерализованные (до 26 г/л) Na-Cl-HCO_3 типа. Отчетливый сдвиг в сторону обогащения кислородом (+6,7‰) указывает на фракционирование изотопов кислорода между водной фазой и водовмещающей породой в условиях затрудненного водообмена.

Выводы

Полученные данные показывают, что Малкинское месторождение углекислых минеральных вод относится к типу трещинно-жильных. Холодные минеральные воды

являются метеорными, а их химический состав формируется в результате сложных химических реакций в системе вода-водовмещающие породы-углекислый газ. Высокая газонасыщенность минеральных вод увеличивает скорость и интенсивность реакций растворения водовмещающих пород и в ряде случаев способствует самоизливу газовой смеси. В процессе эксплуатации месторождения гидрохимические границы вод могут подвергаться изменениям, возможно поступление в водозабор некондиционных вод. За счет газлифта более высокоминерализованные воды нижних горизонтов смешиваются на верхних горизонтах с менее минерализованными, и таким образом, на выходе скважин получается усредненный состав вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 14-05-00171 А.

Литература

1. Демченко А.А., Петров М.А. Отчет о результатах предварительной разведки Малкинского месторождения углекислых минеральных вод с подсчетом эксплуатационных запасов по состоянию на декабрь 1986 г. (в двух томах). П. Термальный. Камчатская область. 1986. 194 с.
2. Чудаев О.В. Состав и условия образования современных гидротермальных систем Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2003. 203 с.

КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫЕ ВОДЫ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Э.И. Чембарисов¹, Т.Ю. Лесник¹, М.Н. Рахимова²

¹ *Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при ТИИМ, г.Ташкент, Узбекистан, E-mail: echembar@mail.ru*

² *Ташкентский Институт ирригации и мелиорации, г.Ташкент, Узбекистан*

Аннотация. В статье рассмотрены объемы и минерализация коллекторно-дренажных вод крупного орошаемого массива Узбекистана-Голодной степи (Сырдарьинская и Джизакская области). Выделены основные коллекторы массива и приведены сведения о расходах воды и минерализации.

Abstract. The article examines the volume and salinity of drainage water of a large irrigated area in Uzbekistan, the Hungry Steppe (Syrdarya and Jizzakh regions). The basic collector array and provides information about water consumption and mineralization.

Минерализация и расходы воды в коллекторах. Коллекторно-дренажная сеть в Голодной степи начала строиться в 1940 году. За 1957—2012 гг. ее длина только в пределах Сырдарьинской области увеличилась от 2000 до 9030 км.

Общий сток дренажных вод в 1977 г. составил 1,38 км³, в 1986 г.—2,24 км³, а в 2012 г.—2,87 км³. В последние годы часть дренажных вод (включая и воду из скважин вертикального дренажа) используется на поливы: в 1985 г. отобрано 320 млн. м³, а в 1986 г.—350 млн. м³[1-6].

Дренажные воды с поливных земель старой зоны орошения Голодной степи отводятся в Сырдарью и Арнасайское понижение.

Среднегодовое значение минерализации воды в коллекторах меняется в следующих пределах г/л: в Баяутском — от 1,9 до 3,6; в Джетысайском — от 3,4 до 5,5, в Центральном-Голодностепском (ЦГК) — от 3,6 до 4,6, в Главном пойменном — от 2,6 до 3,7, в Шурузяке — от 2,5 до 3,6 и в Пограничном — от 2,2 до 3,5. Из названных коллекторов самым крупным является ЦГК, который образуется после соединения Баяутского и Джетысайского коллекторов; длина его 85 км. При впадении в Арнасайское понижение расход воды достигает 50,6 м³/с. Состав дренажных вод преимущественно хлоридно-сульфатный кальциево-магниевый-натриевый.

Орошение, начавшееся на основном массиве Голодной степи в 1912 г., с первых же лет вызвало подъем грунтовых вод и вторичное засоление почв.

Часть магистральных коллекторов (Главный Пойменный — ГПК, Шурузяк, Западный, Северный и Концевой) впадает в Сырдарью, а остальные (Арнасайский, Кызылкумский, Центрально-Голодостепский) сбрасывают воду в Арнасайское понижение (рис.).

Управление мелиоративных систем в Голодной степи и Сырдарьинском ОбЛУОСе было организовано в 1963 г. Начиная с этого времени проводится ежемесячный отбор проб коллекторных дренажных вод на анализ химического состава. В настоящее время оно входит в состав Нижне-Сырдарьинского бассейнового управления ирригационных систем (БУИС).

Наименьшая минерализация (0,65 г/л) была установлена в коллекторе К-1, а наибольшая (5,59 г/л)—в Машинном коллекторе. Наибольшие расходы воды (22,9—30,25 м³/с) наблюдались в Центрально-Голодостепском коллекторе.

Согласно проведенному анализу, состав дренажных вод преимущественно хлоридно-сульфатный кальциево-магниевый-натриевый.

Для лучшей водообеспеченности земель построено Джизакское водохранилище объемом 60 млн. м³, питающееся стоком р. Санзар.

Дренажные воды отводятся р. Клы и коллекторами Токурса-ем, Акбулакским, Пограничным и Кутайли. Минерализация воды в них изменяется от 2,6 до 5,3 г/л, состав воды преимущественно сульфатно-натриевый.

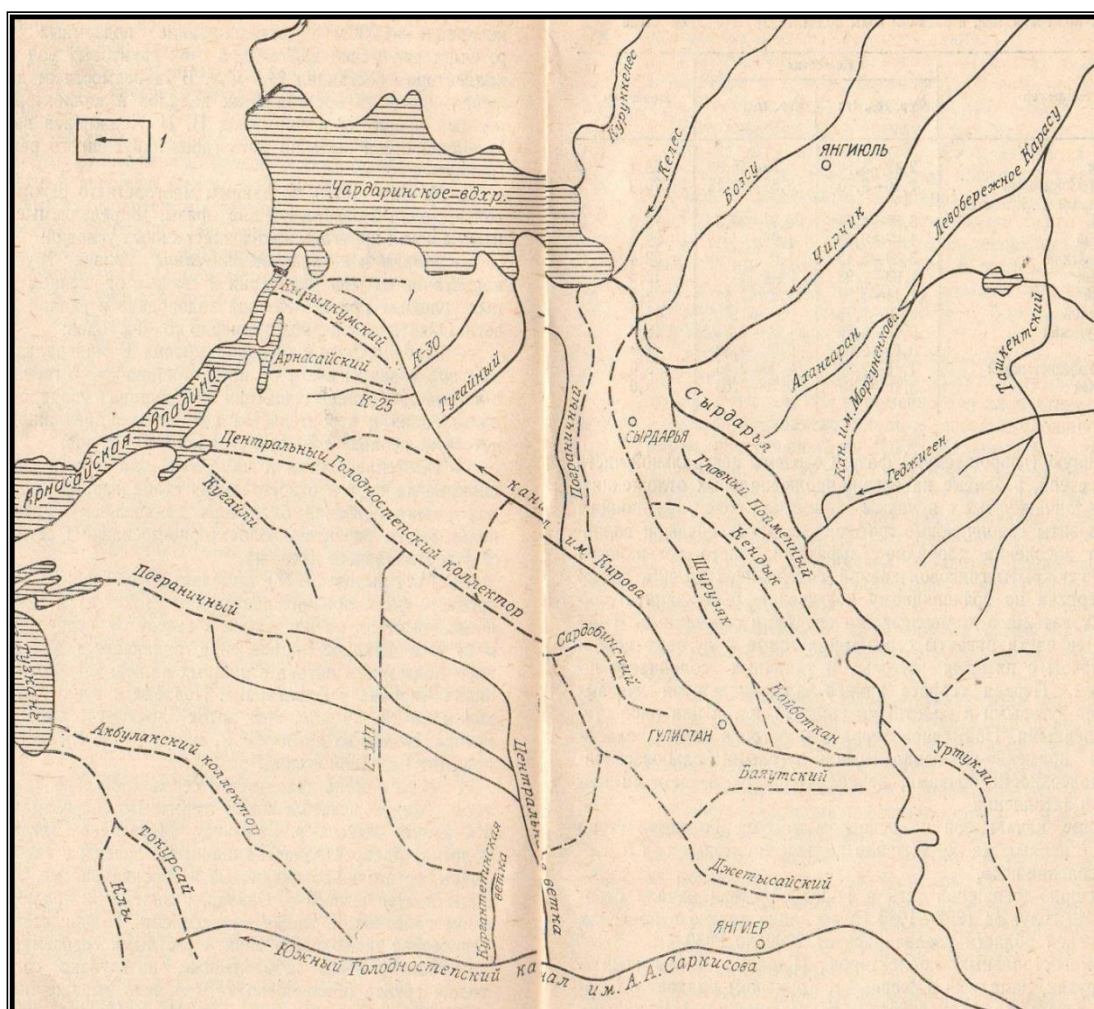


Рис. Схема наиболее крупных коллекторов Голодной степи (1- направление стока)

В Арнасайском понижении минерализация воды неодинакова. Наиболее повышена она в приплотинной зоне, а также в районе впадения коллекторов Акбулак и Клы — до 13—15 г/л. В южной части (бывшее оз. Тузкан)—9—10 г/л и в западной части—4—6 г/л. По составу воды сульфатно-натриевые. Использование этих вод для орошения требует глубокого обоснования с постановкой полевых опытов.

Заключение

Наиболее крупные коллекторы Голодной степи: Баяутский, Джетысайский, Центрально-Голодностепский, Шурузяк, Главный пойменный. Средняя минерализация вод в рассматриваемых коллекторах изменяется в настоящее время от 2,29 (ГПК-С) до 5,51 г/л (ЦГК). Состав вод в большинстве коллекторов хлоридно-сульфатный кальциево-магниевонатриевый, а в Джетысайском и ЦГК — хлоридно-сульфатный магниевонатриевый. Центрально-Голодностепский коллектор образуется ниже слияния Джетысайского и Баяутского коллекторов.

В настоящее время коллекторные воды Голодной степи без всякого учета сбрасываются в р. Сырдарью и Арнасайскую впадину.

К использованию вод коллекторов нужно подходить дифференцированно. Воды из Шурузяка и Главного Пойменного коллектора целесообразно использовать для промывания засоленных почв, освобождая при этом объемы пресной речной воды, которые можно использовать в нижележащих орошаемых массивах бассейна Сырдарьи. Эти воды можно также частично использовать для орошения хлопчатника, риса, кормовых культур в следующих вариантах: при смешении с речной водой и без смешения. В обоих случаях необходимо соблюдать необходимые требования (выбор почв с легким механическим составом, наличие необходимой дренажной сети, создание отрицательного баланса и др.). Конкретный объем используемых вод должен определяться расчетным путем для каждого коллектора.

Воды из Баяутского, Джетысайского и Центрально-Голодностепского коллекторов лучше всего использовать для промывания солончаков или для орошения солеустойчивых культур на пустующих целинных землях (с выбором участков легкого механического состава).

Воду Центрально-Голодностепского коллектора можно использовать и для создания водного природного комплекса (ВПК) на базе Арнасайского водоема. Для этого необходимо добиться, чтобы минерализация воды во всех его зонах не превышала 8 г/л (биологический барьер для ценных пород рыб).

При пользовании коллекторных вод нижних участков необходимо построить различные по объему «пруды-стокохранилища». Величина используемого для различных целей объема коллекторных вод зависит не только от расходов воды в коллекторах, но и от существующих отраслевых норм водопотребления.

Проблема использования коллекторных вод в народном хозяйстве в перспективе, по нашему мнению, не потеряет своей актуальности, несмотря на постоянное развитие способов орошения и мелиорации (в рамках общего научно-технического прогресса), направленных на уменьшение безвозвратных потерь внутри орошаемых массивов и увеличение коэффициентов полезного действия оросительных систем. В перспективе отвод коллекторных вод из оазисов, несомненно, сохранится, по крайней мере, в ближайшие 25—35 лет. Поэтому приведенные рекомендации по унифицированию коллекторных вод можно использовать и в будущем.

Литература

1. Духовный В.А., Баклушин М.Б., Томин Е.Д., Серебренников Ф.В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель // М: «Колос», 1979. 250с.
2. Лесник Т.Ю., Чембарисов Э.И. Коллекторно-дренажные воды бассейна Сырдарьи // Международный научно-практический журнал «Проблемы освоения пустынь», Ашхабад, 2001. № 3, С. 54-56.

3. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере Аральского моря) // Ташкент: «Фан», 1988. 104 с.
4. Чембарисов Э.И. Бахритдинов Б.А. Гидрохимия речных и дренажных вод Средней Азии // Ташкент: «Укитувчи», 1989. 232 с.
5. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т. Коллекторно-дренажные воды Республики Каракалпакстан // Нукус: «Билим», 2008. 56 с.
6. Якубов М.А., Якубов Х.Э., Якубов Ш.Х. Коллекторно-дренажный сток Центральной Азии и оценка его использования на орошение // Ташкент: «НИЦ МКВК», 2011. 188 с.

МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ ВОД И ЕГО АПРОБИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ «ТИМИРЯЗЕВСКОГО» БОЛОТА

А.В. Шмаков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
E-mail: ashmakov@sibmail.ru*

Аннотация. Рассмотрены проблемы изменения химического состава болотных вод от их фильтрационного режима на фиксированных глубинах стратиграфического разреза торфяной залежи. Для решения задачи разработан и применён комплекс оборудования для отбора проб болотных вод с разных фиксированных глубин торфяной залежи с возможностью получения значений фильтрационных расходов. На основе созданного комплекса разработана методика отбора проб с одновременным определением фильтрационных расходов отбираемой воды. По результатам полевых работ получены ряды фильтрационных расходов, а по лабораторным исследованиям получены ряды химического состава болотных вод. Математический анализ исследуемых рядов выявил наличие надёжной корреляционной связи между химическим составом отобранных проб и их фильтрационным режимом. Установлены особенности и характер распределения компонентов химического состава болотных вод, как во времени, так и по глубине их вмещения от условий их фильтрационного режима. Сделан вывод о возможности влияния Томского водозабора на особенность гидрологического режима вод исследуемого болота.

Abstract. Problems changing the chemical composition of the marsh water from their filtration mode at a fixed depth stratigraphic section of peat deposits. To solve the problem developed and applied a set of equipment for sampling the bog water with different fixed depth of peat deposits with the ability to obtain the values of filtration costs. On the basis of the complex created the technique of sampling with simultaneous determination of seepage water sample costs. According to the results of field work received ranks filtration costs, and in laboratory tests obtained ranks of the chemical composition of the bog water. Mathematical analysis of the test series revealed the presence of a reliable correlation between the chemical composition of the samples and filtration mode. The features and nature of the distribution of the components of the chemical composition of the marsh waters, both in time and depth of their receiving the conditions of their filtration mode. The conclusion about the possible impact of the Tomsk water intake on the hydrological regime of the marsh waters under study.

В настоящее время происходит резкое увеличение интенсивности техногенного воздействия на болотные геосистемы, сочетающие в себе функции и свойства подземных и поверхностных водных объектов, почвенного покрова, лесных экосистем, геологических объектов. Существует актуальность исследований влияния болот на граничащие с ними природные комплексы и компоненты окружающей среды.

В рамках этих исследований достигнуты значительные успехи и тем не менее, многие вопросы, например, в плане изучения закономерностей изменения химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи и во времени (как внутри года, так и в многолетнем разрезе), остались недостаточно полно раскрыты. В значительной степени это определяется методологической и инженерной сложностью опробования болотных вод в заданной точке без смешения вод различных горизонтов, а также трудоёмкостью болотных исследований в целом.

Создание комплекса усовершенствованных методов исследования этой проблемы представляется важным, как с точки зрения создания инструмента экологического мониторинга природных болотных объектов, так и в повышении эффективности методов нормирования хозяйственной деятельности на заболоченных территориях. Практическая значимость результатов этих исследований находит место в районах интенсификации антропогенных нагрузок на болотные экосистемы.

Средством решения представленной задачи являются исследования химического состава болотных вод в разрезе торфяной залежи с присущим им фильтрационным режимом. В состав исследований входит выявление: 1) изменений химического состава болотных вод по глубине торфяной залежи; 2) изменений химического состава болотных вод во времени; 3) особенности фильтрационного режима болотных вод в генетически разнородных слоях торфяной залежи на фиксированных вертикальных интервалах исследуемого болота; 4) влияние работы Томского подземного водозабора на изменения химического состава болотных вод.

Объектом исследования являются болотные и подземные воды «Тимирязевского» болота расположенного в 2 км на юго-запад от п. Тимирязево, в левобережной части долины р. Томи [6]. «Тимирязевское» болото представлено в качестве натурной модели для разработки, новых и совершенствования уже имеющихся методов исследования химического и фильтрационного режимов болотных вод и выбор методов и методик обработки полученных данных наблюдений. Критерием при выборе этого болотного массива является его типичность, для болот подтаёжной зоны, Западной Сибири.

Выполненные исследования основывались на разработанном методическом комплексе применение которого направленно на изучение изменений химического состава болотных вод и выявление их связи с существующим фильтрационным режимом. При этом качество результатов выполнения полевых работ и полученные на их основе материалы, определяли качество их последующей обработки и сделанные на их основе выводы.

Методический комплекс исследования включает в себя:

1. *Разработку и создание приборов и устройств*, позволяющих проводить пробный отбор болотных вод с присущими ему оптимальными параметрами функционирования.
2. *Разработку методов, технологий* (порядка, режима) проведения отбора проб воды с определением их фильтрационных расходов.
3. *Методы обработки и последующая интерпретация* полученной информации о гидрохимическом и гидродинамическом режиме болот.

Для проведения работ, в соответствии с задачами исследований, было создано три пункта фиксированного отбора проб, это:

Экспериментальная скважина 1, позволяющая получать поинтервальные, интегральные и суммарные данные по физико-химическим свойствам и гидродинамическим условиям водного режима по глубине торфа относящейся к генетически неоднородным слоям слагающим эту залежь.

Скважина 2, изготовлена в соответствии с требованиями к болотным станциям и постам [3]. Её назначением является наблюдение за изменениями уровня и химического режима болотных вод. Гидрохимический состав этой скважины характеризует физико-химические свойства воды в условиях её формирования, приуроченных к деятельному слою активного водообмена торфяной залежи.

Оборудованный постоянный пункт отбора проб с поверхности болота – 3, представляет собой углубление, сделанное на поверхности болота на глубину 50 см.

Вода в этой точке опробирования выражает характерный химический состав корнеобитающего слоя, её поступление обусловлено фильтрацией вод, с поверхности микрорельефа болота поступающих на его поверхность в виде атмосферных осадков и вод капиллярного поднятия с нижерасположенных слоев деятельного горизонта.

В соответствии с разработанной методикой всего было отобрано 59 проб воды, по которым в аккредитованных лабораториях Томского политехнического университета, выполнено 78 анализов. Из них 71 выполнено в аккредитованной лаборатории НОЦ «Вода» ИПР и 8 в аккредитованном научно-аналитическом центре при ТПУ.

На основании полученных материалов сделан вывод, о классификации, составе и качестве исследуемых вод [6]. Установлено, что изменения содержаний главных ионов и значений рН в разрезе торфяной залежи имеют достаточно сложный характер. Но их минимальные значения в целом приурочены к верхней части деятельного горизонта [рис.2, б].

В нижних слоях торфяной залежи отмечены достаточно сильные колебания минерализации болотных вод, связанные, предположительно, с генетической неоднородностью торфов и, как следствие, неоднородностью их фильтрационных свойств (по стадии формирования) [6].

Установлено, что максимальное содержание большинства веществ отмечается в весенний (Na^+ , K^+ , PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Si , перманганатная окисляемость, ХПК, ГК, ФК, Zn , Cd , Pb , Cu), или в летний (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , сумма главных ионов $\Sigma_{\text{ми}}$) периоды [табл. 3, 6].

Процессы оказывающие влияние на выявленный режим изменений химического состава болотных вод, происходящих как во времени, так и в разрезе торфяной залежи исследуемой натурной модели, могут характеризовать химический режим типичных (по признаку ландшафтно-климатического районирования) природных объектов в пределах подтаёжной зоны Западной Сибири.

Из этого можно сделать вывод, что причинами антропогенного характера следует отнести, преимущественно увеличение амплитуды колебаний уровней болотных вод, а также химическое загрязнение через атмосферу [6].

При обработке массива полученных данных применены методы математической статистики и метод математического обобщения, т.е. унифицирования полученных данных, приведения их в единообразный, безразмерный вид с учётом пространственного распределения [4].

В соответствии с примененной методикой по полученным значения рядов относительной интенсивности фильтрационных (ОИФ) и выраженных через модульные коэффициенты приведенные к среднему значению суммы главных ионов построена графическая зависимость (рис.), на которой отражены графики, характеризующие закономерно взаимно разнонаправленную изменчивость распределения сумм главных ионов к фильтрационному режиму. В построенных графиках видна сохраняющаяся тенденция изменчивости на каждом рассматриваемом вертикальном интервале как во времени (в разные периоды опробирования), так и по интервалам опробирования.

Результатом статистической обработки исследуемых рядов наблюдений, включая их проверку на случайность и однородность, был выявленный коэффициент корреляции ряда значений относительной интенсивности фильтрации к значениям полученного ряда сумм главных ионов, который составил $r = -0,89$ при $E_r = 0,14$, что указывает на достаточно тесную и надёжную связь между ними. Полученное уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -70,05x + 84,79.$$

Полученные результаты позволяют сделать вывод, о существовании устойчивой связи между химическими свойствами вод и гидродинамическими условиями в стратиграфическом разрезе генетически разнородных слоев, слагающих торфяную залежь.

Вероятно, это обусловлено относительным постоянством химического состава болотных вод, на разных глубинах торфяной залежи, где слои различного видового состава торфа, ограничены разделяющими их барьерными прослойками, сформированными в характерные периоды сукцессии фитоценозов.

Подобные условия определяют свойства саморегулирующейся системы, обладающей определённым гомеостазом в условиях гидрохимического режима болотных вод, сформированного составом и свойствами вмещающих их торфов в условиях гидродинамического режима, что обуславливает процесс эволюции торфяной залежи.

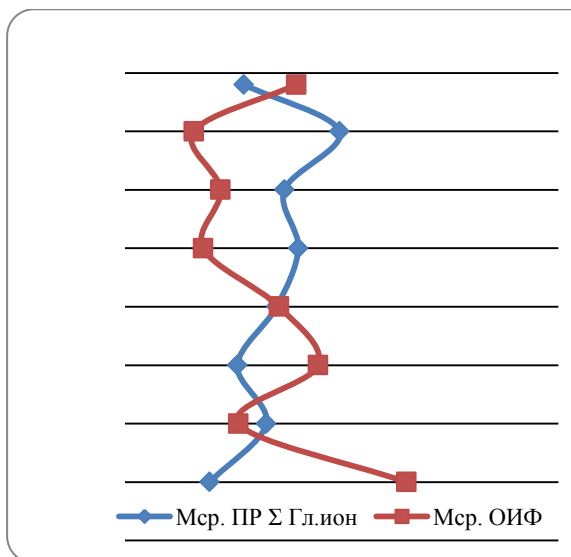


Рис. Зависимость осреднённых значений модуля относительной интенсивности фильтрации к модулю приведённой минерализации от глубины

режима исследуемого объекта, связаны с образованием депрессионной воронки образованной в результате эксплуатации Томского подземного водозабора. Исследуемый болотный массив, согласно [7] попадает под влияния первой и второй очереди Томского подземного водозабора.

Полученный анализ данных динамики уровней подземных вод на режимных скважинах в районе исследуемого болота не выявил значительные многолетние изменения гидродинамических условий в течение последних тридцати лет [рис. 3, 6]. Из чего можно предположить, что сформированные, антропогенным воздействием, гидродинамические условия режима подземных вод имеют характер стабильно направленной изменчивости, на фоне которой происходит адаптация функционирования болотной системы, приобретая свойства некоторой устойчивостью к внешним воздействиям.

Подобная устойчивость болотной системы объясняется условиями энтропии взаимодействия типо-видовых слоев, обуславливаемой прежде всего формированием барьерных условий. Об этом свидетельствуют проведенные комплексные исследования [1] сводимые к выводу, что болота обладают определенной устойчивостью как по отношению к колебаниям уровней воды в воронках, так и определяющим последние метеорологическим условиям.

Влияние на гидрогеохимический режим «Тимирязевского» болота проявляется, главным образом, в увеличении амплитуды колебаний уровней болотных вод, внося тем самым изменения в баланс минеральной составляющей вод, увлажняющих нижние слои инертного горизонта.

Выводы сделанные К.Е. Ивановым [2], предполагают, возникновения условий ведущих к началу завершающего этапа эволюционного развития болотных экосистем, где основным факторам выделяется понижение уровня болотных вод в системе торфяная залежь – подстилающее минеральное дно - уровень грунтовых вод.

Гидрохимический режим исследуемого природного объекта, формируется под влиянием антропогенного фактора вызванного воздействием Томского подземного водозабора. Основным элементом влияния, является нарушение естественного, регулируемого природными условиями, водным режимом болотных вод, выраженных в первую очередь в амплитуде колебания их уровня режима. В среднем за период наблюдений, амплитуда колебаний уровней болотных вод «Тимирязевского» превысила диапазон колебаний уровней воды на типичных природных объектах в два раза, и составила 0,3...1,5 м, в то время как по материалам наблюдений проводимых на Васюганском болоте, амплитуда колебания уровней (за тот же период) составила (0,2...0,7 м). Поэтому влияние водозабора исключать нельзя.

Возможно подобные изменения водного

Можно предположить, что этот процесс влечет обезвоживание, т.е. изменения отношения баланса теплообеспеченности к изменениям увлажнения болотного объекта, вызванного снижением уровня грунтовых вод ниже дна торфяной залежи [6].

Это обуславливает изменения относительной увлажненности различных слоёв торфа слагающих торфяную залежь и как следствие изменения гидрохимического их фона. По результатам исследований, амплитуда колебания степени влажности в разрезе торфяной залежи находится в пределах 100 – 91%.

Таким образом, создаются условия с нетипичным изменением влагонасыщенности, стимулирующей проявление динамической изменчивости компрессионного воздействия на нижележащие, от деятельного горизонта, слою инертного горизонта. В первую очередь не типичность подобных изменений создаёт условия для принудительного водообмена в слою, инертного горизонта и как следствие перераспределение продуктов трансформации органического вещества.

В заключение можно сказать, что торфяная толща болота является системой взаимодействующих разнородных слоёв торфа, взаимодействие которых определяется процессами проходящими между ними. Эти процессы направлены на создание условий устойчивости болотной системы, характеризующей состояние ее экологического равновесия.

Выявленная закономерно сохраняющаяся взаимосвязь типо-видовых слоев, как во времени, так и в пространстве даёт возможность создания дополнительного инструмента в применяемых методах проведения мониторинга болотных объектов. Суммарная оценка степени происходящих изменений от интенсивности и продолжительности антропогенной нагрузки на экологическую ситуацию рассматриваемого природного объекта, позволит делать оценку степени и динамики изменений химического состава воды от её гидродинамического режима и их влияние на экологическую ситуацию верховых или переходных болот.

Литература

1. Вислогузова Д.В. Эколого-гидрологические наблюдения на карстовых болотах Тульской области (на примере системы болот у пос. Озерный) // Исследования природы Тульской области и сопредельных территорий: сб. науч. тр. Тула, 2008. С 130-133
2. Иванов К.Е. Основы гидрологии болот лесной зоны и расчеты водного режима болотных массивов // Л: «Гидрометеиздат», 1957. 500с.
3. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 8. Гидрометеорологические наблюдения на болотах // Л: «Гидрометеиздат», 1990. 360 с.
4. Пат. 2532505 РФ / Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Способ определения равновесности химического состава болотных вод от их гидродинамических условий. Заявлено 23.07.2013. Опубликовано 10.11.2014. Бюл. № 31. Приоритет: 23.07.2013.
5. Пат. 2548464 РФ / Шмаков А.В., Шмакова Т.Х. Комплекс для отбора проб воды и способ его работы. Заявлено 15.07.2013. Опубликовано 20.04.2015. Бюл. № 11. Приоритет: 15.07.2013.
6. Савичев О.Г., Шмаков А.В. Вертикальная зональность и внутригодовые изменения химического состава вод Тимирязевского болота (Томск, Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 1. С. 156–156.
7. Состояние геологической среды (недр) территории Томской области в 2013 году. Вып. 19: информационный бюллетень / Томскгеомониторинг; Сибгеомониторинг; под ред. В. А. Лыготина. //Томск: изд-во «Д-Принт», 2014. С.27.

Магнитно-резонансное зондирование подземных водоносных пластов в гидрогеологии и инженерной геологии

О.А. Шушаков^{1,2}, А.Г. Марьясов¹

¹ *ФАНО России Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В.Воеводского Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия, E-mail: shushako@kinetics.nsc.ru*

² *Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия, E-mail: shushako@kinetics.nsc.ru*

Аннотация. Быстрые, безопасные и недорогие методы дистанционного детектирования и определения характеристик подземных водоносных пластов необходимы для гидрогеологических и инженерно-геологических исследований. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР) используется для каротажа скважин и анализа кернов коллекторских пород в нефтяной индустрии, и для многих других аналитических применений в химии, материаловедении, физике и биологии. Наиболее распространенный вариант ядерного магнитного резонанса – протонный магнитный резонанс – является прямым методом детектирования протонсодержащих жидкостей, таких как вода (или углеводороды). Этот метод использует магнитное поле Земли как статическое магнитное поле, что позволяет избежать сложности и дороговизны генерации независимого магнитного поля для дистанционного обнаружения флюидов под поверхностью. В случае его применения для обнаружения подземных водоносных пластов очень важным аспектом является то, что сигналы ото льда и снега обычно не наблюдаются при экспериментальных условиях, используемых для обнаружения жидкой воды. Характеристики РЧ отклика чувствительны к молекулярному окружению ядер. Это позволяет различить сигнал от воды в порах горных пород разного размера. Более того, сигналы ЯМР от нефти и воды могут быть разделены на основе присущей им разнице в ЯМР-отклике от этих типов жидкостей. Это позволяет в перспективе детектировать разливы нефти под землёй или подо льдом, например в Арктике.

Abstract. Fast, safe, and inexpensive techniques of remote detection and characterizing of aquifers are needed for hydrogeological and engineer-geological studies. Nuclear magnetic resonance (NMR) is used for borehole logging and for core sample analyses in the oil industry, and for many other analytical applications in chemistry, material science, physics, and biology. Proton magnetic resonance using hydrogen is the most widely used variant of NMR. This NMR technique appears most appropriate to solve the problem under study because it detects hydrogen containing liquids like water (or hydrocarbons) directly. The technique uses the Earth's magnetic field as the static one thus avoiding additional complexity of generating an independent static magnetic field. An important feature of NMR in the Earth's field is that the signals produced by solids such as snow and ice are unobservable. Features of the electromagnetic response are specific to the molecular environment of the nuclei. This allows separation of the NMR signals of water in different pore size of core. Moreover, NMR signals from oil and water can be differentiated based on the inherent differences in the responses. This allows in perspective remote detection of accidental oil spills under ground or under ice, e.g. in Arctic.

По данным программы "Чистая вода", централизованным водоснабжением питьевой водой в РФ охвачено только 77% населения. Это в основном жители городов и поселков городского типа, сельское население получает воду в основном из колодцев или поверхностных источников. Около 600 городов и посёлков, в том числе большинство крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Екатеринбург, Омск, Волгоград, Челябинск, Ростов и др.), практически не используют в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения подземные воды. Так как поверхностные воды не защищены от возможного загрязнения, население этих городов находится под постоянной угрозой выхода питьевых водозаборов из строя. Многие города имеют подземные источники водоснабжения, но эксплуатируют первый от поверхности водоносный горизонт, связанный с поверхностными водами и недостаточно защищённый от загрязнения (Красноярск, Воронеж, Владикавказ, Улан-Удэ и др.). По данным программы "Ак булак", не обеспечено централизованным водоснабжением 36% населения Республики Казахстан (6 млн. чел.).

Магнитно-резонансное зондирование (МРЗ) подземных водоносных пластов - быстрый, безопасный и недорогой метод дистанционного детектирования и определения характеристик подземных водоносных пластов при проведении комплекса геологоразведочных работ по изучению подземных вод. Уникальность метода МРЗ в том, что он является прямым, а не косвенным методом детектирования подземной воды, в отличие от известных геофизических методов электроразведки, сейсморазведки и других. В настоящее время доказано, что магнитно-резонансное зондирование в геомагнитном поле можно использовать для детектирования подземной воды в соответствующих геологических формациях на глубине до 100 м и более в зависимости от степени экранирования электромагнитного поля горными породами и интенсивности естественного или техногенного электромагнитного шума. [1-3]. Физический принцип основан на исследовании резонансного сигнала, создаваемого спиновой намагниченностью ядер (протонов), содержащихся в атомах водорода воды. Макроскопические участки подземных водоносных пластов исследуются посредством измерения ядерной магнитной релаксации (ЯМР) протонов воды в порах и трещинах горных пород в геомагнитном поле. Возбуждение и прием сигнала МРЗ производится с помощью расположенной на поверхности антенны размерами порядка 100 метров (в форме круга или другой формы, например восьмерки, для уменьшения влияния внешних электромагнитных помех).

По петле (рис.1) радиуса порядка 50м пропускается переменный ток с частотой, совпадающей с частотой ларморовской прецессии ядер в геомагнитном поле. Ток создает переменное магнитное поле той же частоты, которое поворачивает ядерную намагниченность от равновесного положения. После выключения возбуждающего импульса ядерная намагниченность свободно прецессирует в геомагнитном поле. Получающийся при этом сигнал свободной ядерной индукции принимается той же антенной. Частота магнитного резонанса в рассматриваемом случае составляет несколько килогерц, мертвое время аппаратуры - несколько миллисекунд (рис. 2). Регистрируется только способная к гидродинамическому перемещению вода. Вода в очень мелких порах водоупорных пород (например, в глинистых грунтах), химически связанная, кристаллизационная или замерзшая вода имеет более короткие времена спиновой релаксации и не регистрируется

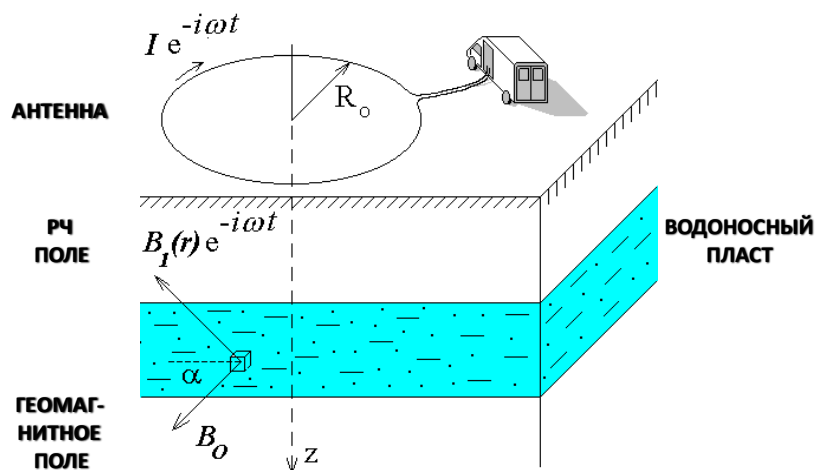


Рис. 1. Схема эксперимента по МРЗ в геомагнитном поле

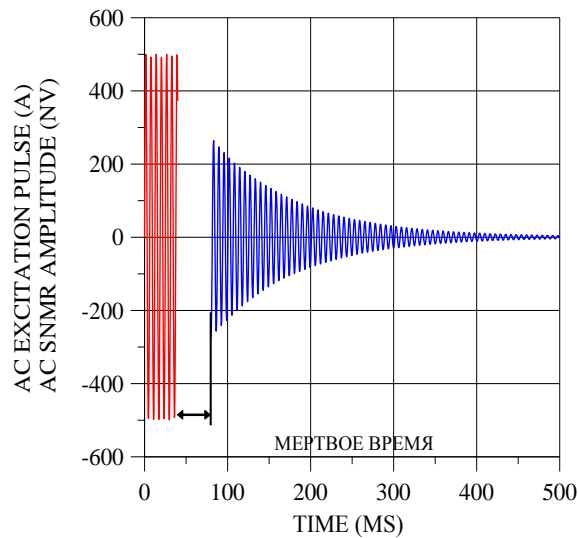


Рис. 2. Принцип регистрации МРЗ в геомагнитном поле

Ядерная спиновая намагниченность M_0 в равновесии параллельна геомагнитному полю. При воздействии импульса поля, осциллирующего с частотой, равной ларморовской частоте прецессии (порядка 1-3 кГц), намагниченность отклоняется от равновесного положения на некоторый угол. После выключения отклоняющего радиоимпульса свободно прецессирующая вокруг геомагнитного поля с ларморовской частотой намагниченность индуцирует сигнал МРЗ – спад свободной индукции, осциллирующий с ларморовской частотой и затухающий с постоянной времени - временем неоднородной спин-спиновой релаксации. Сигнал ЯМР регистрируется с некоторой задержкой («мертвое» время – порядка 40 мс), поэтому сигнал от связанной со стенками пор жидкости (например, вода в глине) успевает затухнуть и не регистрируется. Амплитуда ЯМР пропорциональна индексу свободного (т.е. способного к перемещению) флюида.

Распределение концентрации воды по глубине определяется посредством обращения интегрального уравнения, содержащего модельные и измеренные зависимости сигнала ЯМР от интенсивности возбуждения (рис.3).

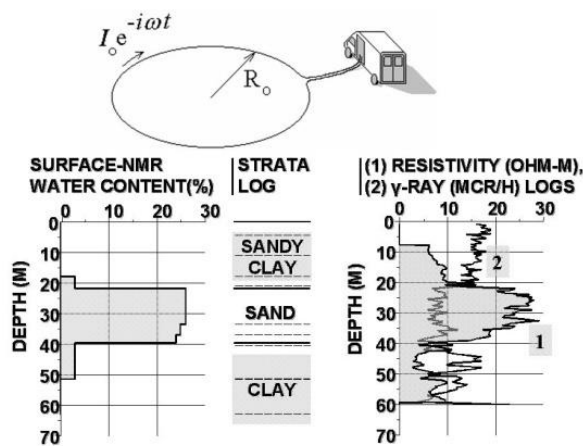


Рис. 3. Сравнение результатов МРЗ в геомагнитном поле с данными бурения и каротажа на примере скважины №37, Новосибирск

Измерение распределения воды в разных точках в плане позволяет строить карты содержания воды (рис. 4). На примере карты, показанном на рис.4, синим цветом выделены наиболее обводненные участки. Красные треугольники – существующие скважины.

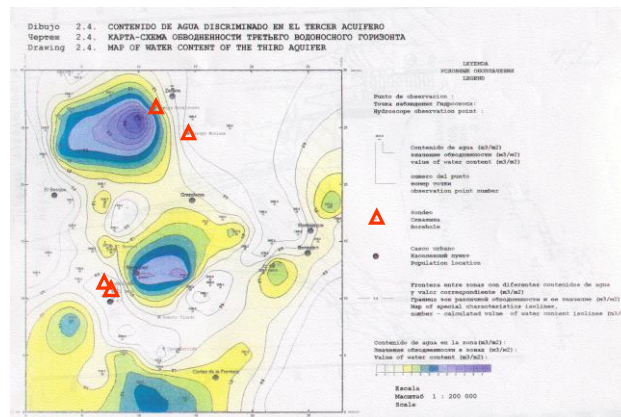


Рис. 4. Пример карты содержания воды по данным МРЗ в геомагнитном поле (Гразалема, Испания, 1996)

Времена релаксации связаны с размерами пор, проницаемостью пород или водопроницаемостью. Измерение времен ЯМР-релаксации в разных точках в плане позволяет строить карты водопроницаемости (рис. 5). На примере карты на рис.5, синим цветом выделены участки с наибольшей водопроницаемостью, красные треугольники - существующие скважины.

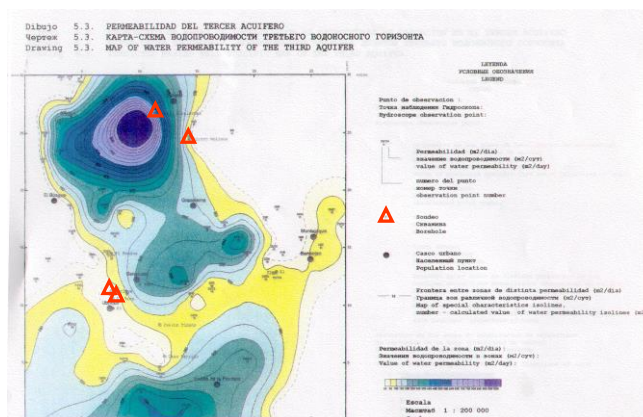


Рис. 5. Пример карты водопроницаемости по данным МРЗ в геомагнитном поле (Гразалема, Испания, 1996)

Исследование двойного диэлектрического экранирования сигнала ЯМР позволяет оценить содержание диамагнитных примесей в воде («соленость»).

Для новой модификации прибора МРЗ АКВАТЕР планируется возможность детектирования водоносного пласта мощностью 5 м, содержанием воды 10% на глубине до 200м при удельном сопротивлении формации не менее 100 Ом·м и уровне электромагнитных помех не более 20нв. Повышение чувствительности и глубины разведки достигается за счёт разделения приёмной и передающей антенн, а также за счёт значительного увеличения максимальной амплитуды тока передающего устройства (до 1000А в передающей антенне диаметром 150м), что превосходит аналогичные параметры лучших зарубежных аналогов (600А, глубина до 150м у NUMIS^{Poly} французской компании IRIS-Instruments) и отечественных аналогов (250А, глубина до 120м у прибора Гидроскоп). В приборе АКВАТЕР используется более корректный алгоритм интерпретации данных.

При проведении бурения без геофизических работ маломощные и малодобитные горизонты могут быть не зафиксированы. Для разведки и поиска подземных водоносных пластов используются геофизические методы электроразведки, сейсморазведки. Используются также георадары, но они имеют малую глубину зондирования. Популярным в последнее время является аудиомагнитотеллурический (АМТ) метод, который представляет собой комбинацию электрического и магнитно-индукционного зондирования. Исследуются сигналы как от естественных электромагнитных полей, так и от радиопередатчиков [4]. Однако, все эти методы не прямые. Электрическое сопротивление пород, получаемое методами электроразведки или АМТ не может быть напрямую ассоциировано с литологией, пористостью среды или водопроницаемостью. Измеренное электрическое сопротивление зависит одновременно от литологии, от наличия флюида и от структуры порового пространства, поэтому его невозможно конвертировать в физические свойства пород или содержащихся в них флюидов. Перспективным направлением дальнейших исследований методом МРЗ является детектирование углеводородных загрязнений подземных водоносных пластов [5].

Литература

1. Шушаков О.А., Легченко А.В. // Геол. и геофизика, 1994, т. 35, с. 161.
2. Shushakov O.A. // Geophysics, 1996, v. 61, p. 998.
3. Legchenko A.V., Shushakov O.A. // Geophysics, 1998, v. 63, p. 75.
4. Pedersen L.B. et al. // Geophysics, 2005, v. 70, G8.
5. Фоменко В.М., Шушаков О.А., Кусковский В.С. // Геол. и геофизика, 2008, т.49, с. 244.

Секция 2

ГРУНТОВЕДЕНИЕ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА. МЕТОДЫ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНО-
СИБИРСКОГО МЕГАБАССЕЙНА

Ю.В. Беспалова, Р.Н. Абдрашитова

Тюменский государственный нефтегазовый университет, институт геологии и нефтегазодобычи, кафедра геологии месторождений нефти и газа, Россия, 625000 г. Тюмень, ул. Володарского, 56, тел. 8(3452)390-346, E-mail: bespalova_y@mail.ru

Аннотация. В данной статье уделяется особое внимание наиболее актуальному вопросу совместимости пластовых и закачиваемых вод в термобарических условиях нефтепродуктивных пластов различных месторождений Западной Сибири. Образующийся осадок кальцита на скважинном оборудовании и в призабойной зоне пласта негативно влияет на производственные и экономические показатели. Приведена статистика осложненного солеотложениями фонда скважин различных недропользователей. Проанализированы наиболее эффективные технологии применения ингибиторов и марки химических реагентов для исследуемых месторождений.

Abstract. In this article the special attention to the most topical issue of compatibility of the reservoir and pumped waters in the termobaricheskikh conditions of petroproductive layers of various fields of Western Siberia is paid. The formed calcite deposit on the borehole equipment and in a bottomhole zone of layer negatively influences an operational and economic performance. The statistics of the well stock of various subsoil users complicated by salt sedimentations is given. The most effective technologies of use of inhibitors and brand of chemical reagents for the studied fields are analysed.

В настоящее время при реализации системы поддержания пластового давления (ППД), согласно термодинамическому моделированию, прогнозируется значительное выделение осадка кальцита при смешении пластовых и закачиваемых вод. Осложненный солеотложениями фонд скважин, эксплуатируемых с использованием электро-центробежных насосов (ЭЦН), представлен в табл. 1. Система ЭЦН состоит из нескольких компонентов, которые вращают последовательно соединенные центробежные насосы для повышения давления скважинной жидкости и подъема ее на устье.

Таблица 1

Сравнительные данные осложненного солеотложениями фонда скважин

	Фонд ЭЦН, шт.	Осложненный солеотложением фонд скважин	
		шт.	%
ООО «РН-Пурнефтегаз»	1319	290	22,0
ОАО «Самаранефтегаз»	1679	64	3,8
ОАО «Ставропольнефтегаз»	341	105	30,8
ОАО «Томскнефть ВНК»	1612	224	13,9
ОАО «Удмуртнефть»	925	70	7,6
ОАО «РН-Юганскнефтегаз»	5778	1430	24,7
ИТОГО	11654	2183	18,7

Процесс солеотложения непосредственно связан со значительным перенасыщением водной среды трудно растворимыми солями за счет изменения физико-химических параметров системы добычи нефти (температуры, давления, выделения газа, концентрации осадкообразующих ионов и т.д.). Химический состав неорганических отложений представлен в основном сульфатами и карбонатом кальция (ангидритом, гипсом, кальцитом), сульфатом бария (баритом), сульфатом стронция (целестином), окислами, карбонатами и сульфидом железа.

Как показывают результаты исследования (табл. 2), в зависимости от индекса насыщения пластовой воды карбонатом кальция, эффективность ингибирования солеотложения одними и теми же реагентами может существенно различаться. В этой связи, для повышения эффективности ингибирования необходим подбор марки и дозировок ингибитора для каждого осложненного солеотложением месторождения.

Таблица 2

Эффективность ингибирования выпадения кальцита на моделях пластовых вод

Наименование ингибитора	Дозировка ингибитора, мг/л	Эффективность ингибиторов солеотложения (%) на модели пластовой воды месторождения нефти			
		Приобское, пласт А ₁₀₋₁₂	Фаинское, пласт Ю ₁	Южно-Сургутское, пласт Б ₁₀	Мамонтовское, пласт Б ₁₀
Характеристика модели воды					
Ионная сила		0,1252	0,4541	0,2826	0,2337
Соотношение Ca ²⁺ /HCO ₃ ⁻ , мг-экв/мг-экв		0,122	0,702	1,549	0,97
Индекс насыщения CaCO ₃ (20 °С, 1 ат)		3,03	2,53	2,39	2,3
Эффективность ингибирования					
Акватек 511 М	10	25	78	75	78
	20	50	84	82	85
	50	70	94	90	96
	100	62	84	78	85
Азол 3010	10	78	81	89	95
	20	84	100	93	100
	50	89	94	91	98
	100	80	88	92	93
Сансол 2001 А	10	60	64	78	88
	20	83	88	94	96
	50	91	93	95	100
	100	70	86	64	88

Результаты моделирования, иллюстрируемые зависимостями количества образующейся соли от глубины скважины (рис. 1) служат основой для выявления зон солеотложения и являются необходимой информацией для разработки мер по предупреждению солеобразования [2]. На рисунке 2 видно, что наибольшее количество осадка 145 г/дм³ отмечается непосредственно на глубине насоса 2558 м.

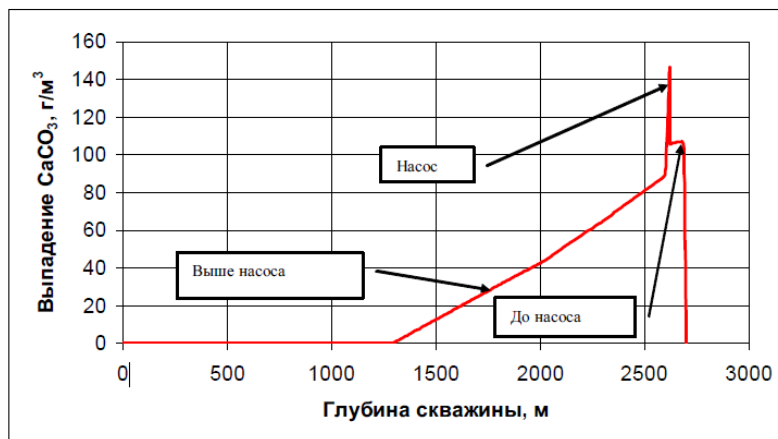


Рис. 1. Солеобразование в зоне ЭЦН скважин Приобского (правый берег) месторождения

В зависимости от технологии применения эффективность действия ингибиторов солеотложения различается. По результатам 2010-2012 гг., представленным в работах [1] из трех способов организации ингибиторной защиты (периодическая подача ингибитора в затрубное пространство; непрерывное дозирование с помощью скважинной установки дозирования реагентов (СУДР); обработка призабойной зоны (ОПЗ)), технология периодической подачи ингибитора, обладает наименьшей эффективностью защиты вне зависимости от марки ингибитора и различий в физико-химических свойствах попутно добываемых вод разных лицензионных участков на территории «ТНК-Нягань» (рис. 2, 3). Эффективность ингибиторов солеотложения определяется по способности ингибировать выпадение кальцита в определенной пластовой воде. Фактически это определение минимальной рабочей концентрации, ниже которой ингибитор будет работать неэффективно.

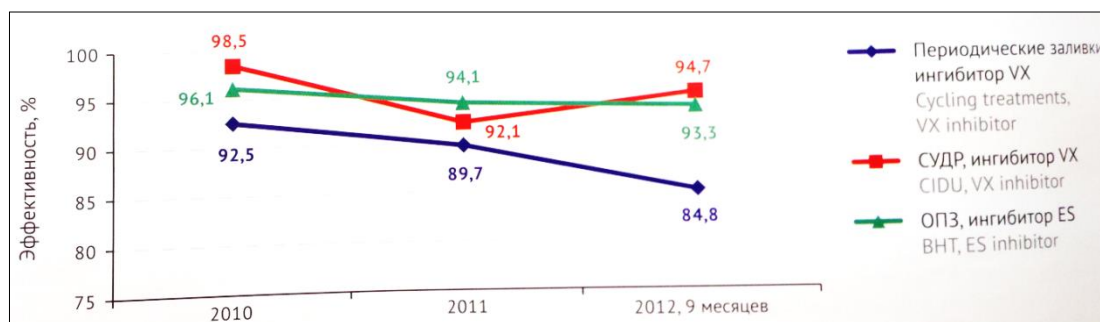


Рис. 2. Эффективность ингибиторов VX8697 и ES6246 в зависимости от технологий их применения.

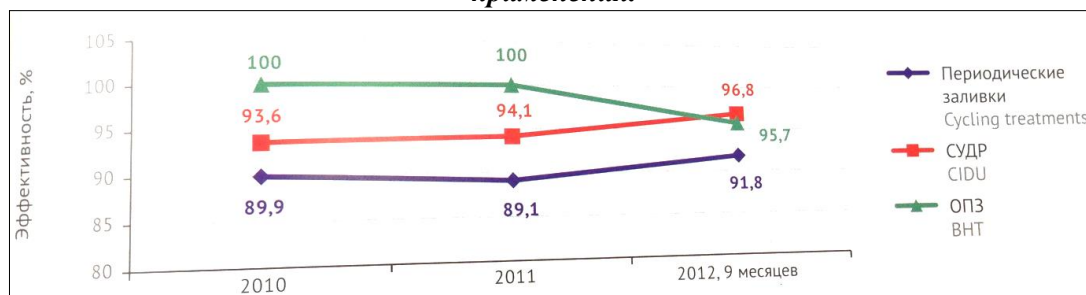


Рис. 3. Эффективность ингибитора «Сансол-2011Б» в зависимости от технологий его применения.

По итогам опытно-промышленных испытаний ингибиторов солеотложений на объектах «ТНК-Нягань» два из трех отказов по причине солеотложений, полученных при испытаниях, произошли при защите заливками. Технология ОПЗ как в случае с базовыми марками, так и с испытанием ряда новых химических реагентов («Сонсол-2003», «Uniskale RS 201», «Азол 3010 В», «Акватек-512 НМ») подтвердила высокую эффективность. Так же, ОПЗ в сравнении с СУДР при приблизительно равной эффективности имеет ряд преимуществ: отсутствует необходимость в обслуживании сложного технологического оборудования СУДР в части ремонта и заправки. В период стабильного выноса обслуживание при ОПЗ сводится к плановому отбору проб, т.е. нет необходимости работать с находящимся под напряжением опасным оборудованием [1].

Для иллюстрации итогов прогнозирования по Приобскому месторождению была построена трехмерная диаграмма (рис. 4), на которой по оси Y отчается уровень опасности солеотложения [3]. Этот уровень прямо пропорционален индексу насыщения, который зависит от двух параметров - забойного давления и содержания ионов кальция. Диаграмма служит не только способом и инструментом прогнозирования солеотложений, но также и иллюстрацией реального положения дел на Приобском месторождении, т.к. содержание ионов кальция в попутно добываемой воде бывает зачастую гораздо больше, чем 120 мг/литр.

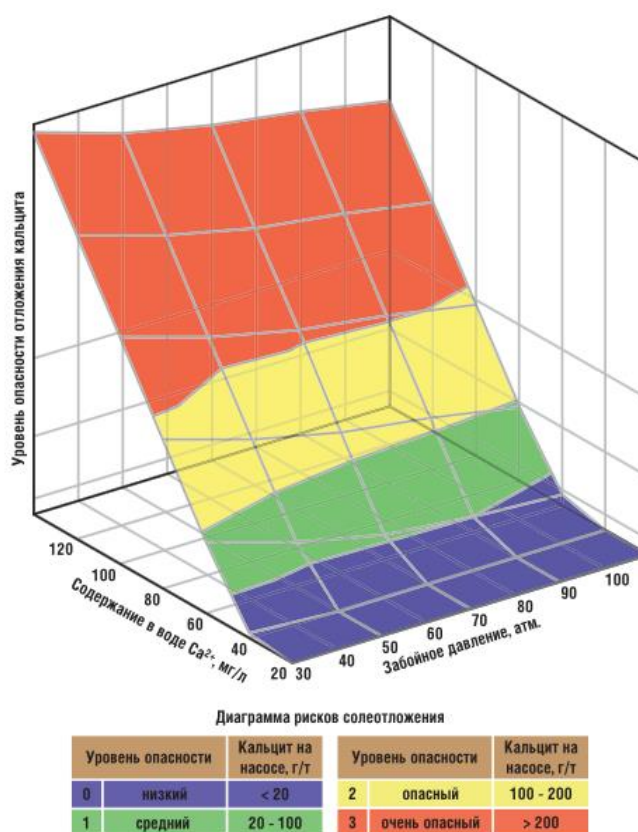


Рис.4. Расчет рисков солеотложения в процессе добычи

Как видно из табл. 3, наиболее эффективной на месторождениях «Роснефти» оказывается задавливание ингибитора в пласт.

Нагнетание ингибирующих составов через систему ППД в данном случае играет все меньшую роль, потому что связь нагнетающих и нефтяных скважин зачастую тоже не установлена и не очевидна. И в этой связи необходимо оптимизировать частоту задавливания через нагнетаемые скважины и подбор ингибирующего состава, который

бы не адсорбировался в пласте. Если мы закачиваем какой-то гидрофильный состав, велика вероятность того, что он просто «сядет в пласте». И пока он достигнет добывающей скважины, практически ничего не останется. В этой связи, необходимо подбирать ингибиторы с низкой адсорбционной способностью ингибитора в пласте.

Таблица 3

Результаты наиболее эффективного применения технологий на месторождениях НК «Роснефть»

N п/п	Ингибитор	Дозировка, мг/л	Содержание ионов в модели попутно-добываемой воды, мг/л		
			Ca ²⁺ = 79; Mg ²⁺ = 26; HCO ₃ ⁻ = 1964; Na ⁺ = 2669; Cl ⁻ = 3188	Ca ²⁺ = 180; Mg ²⁺ = 316; HCO ₃ ⁻ = 1769; Na ⁺ = 3933; Cl ⁻ = 6106	Ca ²⁺ = 2966; Mg ²⁺ = 49; HCO ₃ ⁻ = 2440; Na ⁺ = 5336; Cl ⁻ = 12 212
Эффективность ингибирования, %					
1	Акватек 511 М	10	78	70	22
20	85	75	30		
50	73	80	17		
100	68	68	10		
2	Инсан	10	60	50	30
20	70	65	35		
50	75	47	20		
100	65	37	10		
3	Азол 3010	10	64	37	30
20	75	60	25		
50	80	43	20		
100	68	30	10		

Литература

1. Ключин И. Ингибиторная защита в ОАО «ТНК-Нягань»: выбор оптимальных технологий, поиск эффективных реагентов // Вестник механизированной добычи. №5 апрель 2013. 60 с.
2. Кудряшов С.Н. Менеджмент солеотложений на месторождениях «НК РОСНЕФТЬ». Нефтегазовое дело 2006.
3. Невядовский Е. Ю. Менеджмент солеотложения на месторождениях НК «РОСНЕФТЬ» // Инженерная практика. Пилотный выпуск. 2009. С. 37- 45.

СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИЙ АЗС И АЗК Г.ТОМСКА

Н.Н. Бракоренко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: brakorenko@sibmail.com

Аннотация. Нефтепродукты (НП) являются многокомпонентным, кумулятивным, глобальным, региональным и локальным загрязнителем окружающей среды. На территории г. Томска функционирует 119 автозаправочных станций (АЗС) и автозаправочных комплекса (АЗК). Поэтому изучение состояния геологической среды данных территорий является весьма актуальным. В статье приводится комплексная оценка экологического состояния компонентов геологической среды территорий АЗС-24 и АЗК-3 г.Томска, включающая выявление факторов, обуславливающих неравномерность загрязнения грунтов и подземных вод данных территорий.

Abstract. Petroleum products (NP) are multiple, cumulative, global, regional and local environmental pollutant. On the territory of Tomsk operates 119 petrol stations. Therefore, the study of the geological environment of these areas is very important. The article provides a comprehensive assessment of the ecological state of the components of the geological environment areas filling

stations, including the identification of the factors causing uneven contamination of soils and groundwater of these areas.

Автозаправочный комплекс (АЗК-3) расположен в восточной части г.Томска, вблизи склона третьей надпойменной террасы. В геологическом строении участка до разведанной глубины 17 метров принимают участие современные насыпные грунты, представленные гравием с песком и верхнечетвертичные аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р.Томи, представленные неоднородными глинистыми грунтами – супесями, суглинками пойменных, русловых, старичных фаций, переслаивающимися в разрезе, содержащими включения гумуса, значительное количество песчаных фракций, что характерно для аллювиальных отложений и что способствует инфильтрации поверхностных вод и нефтепродуктов. Изыскания на участке проводились в 1995 и 1999 г.г с изучением грунтов и подземных вод по скважинам. Содержание нефтепродуктов в грунтах и воде представлено в табл. 1. Результаты за 1999 год показывают загрязнение грунтов нефтепродуктами по всей площади АЗК с глубины 3,5 м до 15 м. Степень загрязнения грунтов различна и увеличивается с глубиной. В верхней и средней частях разрезов с глубины 2,3 м. до глубины 7,2 м уровень загрязнения невысокий и равен 28,2-29,2 мг/кг. В скважине 3 до глубины 8 метров концентрация нефтепродуктов в грунтах соответствует значениям – 2,23 мг/кг. Загрязнение грунтов наблюдается не только по глубине, но и по площади. На глубине 10 метров происходит увеличение концентрации нефтепродуктов от скв. 3 к скв. 2, расположенной ближе к АЗС. Наибольшее значение загрязнения наблюдается на поверхности водоносного горизонта, где оно составляет 977,01 мг/кг.

Супеси текучие, вскрытые до глубины 15 м., являющиеся водовмещающими грунтами, загрязнены нефтепродуктами в количестве от 67,34 до 706,70 мг/кг.

Содержание нефтепродуктов в грунтовых водах изменяется от 142,6 до 359,03 мг/дм³, что значительно превышает ПДК. Увеличение загрязнения грунтов с глубиной непосредственно на площадке АЗК, по – видимому, связано с тем, что она функционирует уже долгое время (более 30 лет) [1]. За это время источниками загрязнения грунтов и подземных вод являлись испарения нефтепродуктов, проливы бензина при заправке автомашин и закачке бензина в резервуары, выхлопы отработанных газов автомашин. Загрязнение грунтов и подземных вод наблюдается не только непосредственно на площадке АЗС, но и на прилегающей территории в скважинах 1,2,3,4 (1995г.). Но здесь ситуация несколько иная. Концентрация нефтепродуктов в грунтах скв.1 у АЗС изменяется от 23,8 до 61,1 мг/кг, причем наибольшая концентрация нефтепродуктов отмечается в верхней части разреза.

Концентрация нефтепродуктов в грунтах остальных скважин, пробуренных в направлении уклона местности, также значительна и составляет 0,8-81,4 мг/кг. Наибольшие концентрации наблюдаются в верхней и средней частях разреза, что, по – видимому, связано с тем, что суглинки разреза менее проницаемые и нефтепродукты концентрируются в верхних частях разреза. На глубине 11 метров происходит увеличение концентрации нефтепродуктов от скв. 2 к скв.1. Концентрация нефтепродуктов в грунтовых водах составляет 41,2 мг/л, что намного превышает ПДК. Загрязнение грунтов и подземных вод нефтепродуктами с территории АЗК распространяется за ее пределы путем стока подземных вод по уклону местности, а также путем смыва нефтепродуктов с площадки АЗС атмосферными осадками по рельефу местности с инфильтрацией их в грунты и подземные воды. Это подтверждается результатами бурения скв. 5, удаленной по уклону от площадки АЗК на расстояние более 123 м, где наблюдается наибольший ореол загрязнения АЗК.

Таблица 1

**Содержание нефтепродуктов в грунтах на площадке АЗК - 3 по ул. Герцена
(на 1995 и 1999 года) (НД на методику выполнения измерений ПНД Ф14.2:116-97)**

1995 год				1999 год			
№ сква- жины	Разновидность грунта, вода	Глубина, м	Концентра- ция, мг/кг	№ сква- жины	Разновидность грунта, вода	Глубина, м	Концентра- ция, мг/кг
1	Суглинок мягкопластичный	3	61,1	1	Супесь пластичная	4,5	28,39
	Супесь текучая	11	30,8		Супесь пластичная	7	28,2
	Супесь текучая	20	23,8		Супесь текучая	14,5	706,78
2	Супесь текучая	11	9,4		Вода	10,2	359,03 мг/дм ³
	Супесь текучая	20	16,5	2	Суглинок мягкопластичный	3,5	29,2
	Вода	11	41,2 мг/дм ³		Супесь пластичная	7,5	208,41
3	Супесь текучая	12	18,8	Супесь текучая	9,5	977,01	
	Супесь текучая	17	15,6	3	Супесь пластичная	4,5	2,23
4	Суглинок мягкопластичный	1,5	46,7		Супесь пластичная	7	2,94
	Суглинок мягкопластичный	3,5	10,1		Супесь текучая	10,5	67,34
5	Насыпной грунт	1,5	15,3		Вода	9,1	142,60мг/дм ³
	Насыпной грунт	3	84,4				
	Суглинок мягкопластичный	6	0,8				

АЗС-24 по расположена в северо-восточной части г. Томска. В геоморфологическом отношении участок приурочен к поверхности Томь-Яйского междуречья (у бровки склона к долине р. Ларинки). Абс. отметки 167,34 до 165,50 м, вниз по склону до 158,8м. Функционирует с 1977 года. Геологический разрез до изученной глубины 10,8 метров представлен средне-верхнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями – суглинками бурыми туго-мягко-текучепластичными с прослоями темно-серых; в основании разреза – супеси текучие. Перекрыты данные отложения насыпными грунтами (гравий, суглинок), мощностью 2,8 метров. Для оценки загрязнения грунтов нефтепродуктами на данной площадке было пробурено 8 скважин: 1 и 7 – вблизи подземных резервуаров, 3 – в 5 метрах от раздаточной бензоколонки, 2 – в 60 метрах от АЗС-24. Сква. 8, 4, 6, 5 пробурены на склоне и в гипсометрическом отношении находятся значительно ниже самой АЗС-24.

В 1997г до реконструкции АЗС – 24 концентрация нефтепродуктов на площадке в грунтах составляла 6,9 – 818,8 мг/кг, а в воде – до 18000 мг/л (табл. 2).

При реконструкции АЗС-24 на площадках сооружений была проведена выемка грунта и замена его незагрязненным, что привело к снижению загрязнения грунта и подземных вод. После реконструкции АЗС эксплуатируется со строгим соблюдением правил по недопущению загрязнения геологической среды. Но опробование грунта и

Таблица 2

Содержание нефтепродуктов в грунтах и подземных водах АЗС – 24
(НД на методику выполнения измерений ПНД Ф14.2:116-97)

№ скважины	Разновидность грунта, вода	Глубина, м	Концентрация НП, мг/кг
1	суглинок мягкопластичный	2,0	29,1
	суглинок мягкопластичный	4,0	31,6
	суглинок мягкопластичный	6,0	73,7
	суглинок мягкопластичный	8,0	130,0
	вода	8,3	18000 мг/дм ³
2	суглинок мягкопластичный	2,0	20,01
	суглинок мягкопластичный	4,2	12,12 мг/л
3	насыпной грунт	1,0	40,02
	суглинок тугопластичный	3,0	20,44
	суглинок тугопластичный	5,0	11,88
	вода	5,5	0,70 мг/дм ³
4	насыпной грунт	2,0	71,2
	супесь текучая	4,0	69,1
5	супесь пластичная	4,0	21,17
6	супесь пластичная	2,5	78,84
	супесь текучая	11,5	16,7
7	суглинок мягкопластичный	4,0	818,81
	суглинок мягкопластичный	5,0	390,90
	суглинок мягкопластичный	6,0	29,88
	суглинок текучепластичный	7,0	23,71
	супесь текучая	8,0	22,88
8	суглинок мягкопластичный	2,0	6,94
	вода	2,5-4,9	1800 мг/дм ³

Ореол загрязнения по площади значительно превышает площадь АЗС, имеет вытянутую форму по уклону борта реки (рис 1).

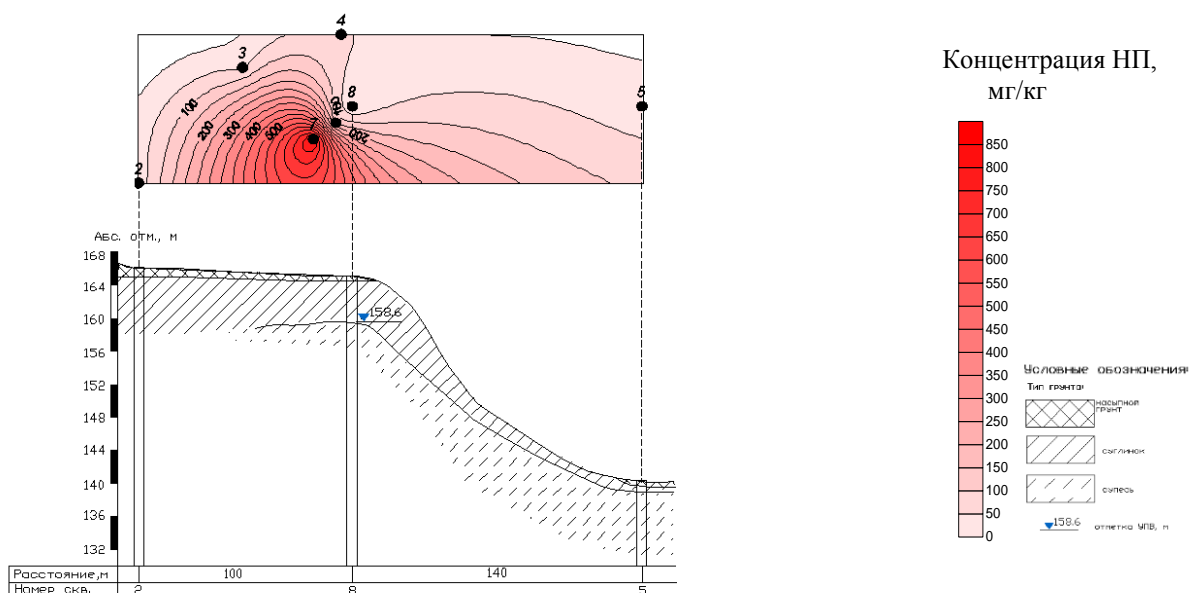


Рис. 1. Ореол распространения НП в суглинках (АЗС – 24)

воды в скважине, пробуренной непосредственно на территории данной реконструированной площадки АЗС в 1999 г. снова показало, что концентрация нефтепродуктов остается повышенной (таблица 3).

Таблица 3

Содержание нефтепродуктов в грунте и воде (АЗС-24) (НД на методику выполнения измерений ПНД Ф14.2:116-97) (на 1999 год)

Разновидность грунта, вода	Глубина залегания, м	Концентрация, мг/кг
Вода	9,0	314,50 мг/дм ³
Суглинок тугопластичный	4,0	35,53
Суглинок мягко и текучепластичный	6,0	64,93
Супесь текучая	9,0	147,04

Возможно, увеличение концентрации нефтепродуктов связано не с новым загрязнением, а с перераспределением нефтепродуктов в ореоле загрязнения.

Таким образом, анализ данных по содержанию нефтепродуктов в грунтах показывает, что их значения изменяются в широких пределах: от десятков мг/кг до тысячи мг/кг (табл.1-3). Загрязнение фиксируется до глубины 20 и более метров.

Такой разброс концентраций НП связан, в первую очередь, с возможной аварийностью при эксплуатации АЗС и АЗК. Так, в грунтах территории АЗК-3 на 1995 год максимальное содержание НП составило 84 мг/кг, а в 1999 году – уже 977 мг/кг (табл.1).

Кроме того, немаловажную роль играет геологическое строение территорий АЗС и АЗК, гидрогеологические условия, проницаемость отложений, глубина залегания грунтовых вод. Эти факторы в значительной мере определяют не только распределение нефтепродуктов по разрезу, но и места их концентрации. Детальный анализ распределения нефтепродуктов по глубине показал, что в результате их фильтрации обычно формируется два максимума загрязнения грунтов: 1) вблизи поверхности; 2) в зоне колебаний уровня грунтовых вод. Поскольку подавляющее большинство НП имеют плотность меньше плотности воды (плотность бензинов составляет 0,73–0,87 г/см³), они могут накапливаться на поверхности грунтовых вод, образуя «линзы».

Количество максимумов загрязнения может быть и больше в зависимости от литологического состава пород зоны аэрации, ее строения, и, как следствие, разной сорбционной способности и проницаемости грунтов, их пористости и содержания в них воды – влажности.

Так, если строение зоны аэрации характеризуется однородными хорошо проницаемыми отложениями (средне - крупнозернистые пески, гравий, галечники), НП фильтруются практически вертикально и быстро достигают уровня грунтовых вод, при этом сорбционная способность этих грунтов невелика, что приводит к сравнительно небольшой концентрации НП в них, достигая максимума в пределах залегания уровня грунтовых вод.

В случае, если зона аэрации сложена однородными слабопроницаемыми породами (суглинки, супеси, глины), наблюдается постепенное уменьшение концентрации НП по глубине. В этом случае доля НП, участвующих в сорбции, увеличивается, и соответственно растет их концентрация в грунтах, а в подземных водах уменьшается.

Переслаивание грунтов разного состава приводит к неравномерному распределению НП по разрезу и развитию загрязнения в латеральном направлении.

В целом, для территории г.Томска можно выделить 3 типа распределения нефтепродуктов в грунтах: 1) незакономерное распределение НП по разрезу, 2) уменьшение концентрации НП с глубиной в грунтах, 3) характеризующееся увеличением содержания НП с глубиной.

Другим важнейшим фактором, определяющим распределение НП является *рельеф*, вследствие чего ореол загрязнения может значительно превышать площадь самой АЗС (рис.1). Так, площадь ореола распространения загрязнения на АЗС-24, расположенной на бровке склона водораздела (на 1997 год) составила 32 488 м², при площади самой АЗС – не более 100 м².

Литература

1. Емельянова Т.Я., Солоницкая Л.М., Шмачков О.В. Загрязнение геологической среды нефтепродуктами (на примере г.Томска) // Материалы Международной научно-технической конференции “Горно-геологическое образование в Сибири.100 лет на службе науки и производства”. Томск, 2001. С. 24-26.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Л.А. Васютич

*Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия,
E-mail: lyudmila-vasyuti@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены особенности интенсивного и экстенсивного воздействия на инженерно-геокриологические условия, проанализированы результаты исследований трансформации криолитозоны в зависимости от техногенных факторов, показано влияние теплового загрязнения на эффективность эксплуатации природно-технических систем на территории г.Чита.

Abstract. The article describes the features of the intensive and extensive impact of engineering geocryological conditions. There are analyzed research results of permafrost zone's transformation, depending on technological factors. Also, this article shows the influence of thermal pollution on the operational efficiency of the natural-technical systems in the territory of Chita.

Экономическое развитие и хозяйственное освоение криолитозоны Центрального Забайкалья – два взаимообусловленных процесса, в результате которых за последние два столетия на его территории возникли и получили развитие несколько десятков городов. Территория наиболее крупного из них г. Чита 534 км², население – более 330 тыс. человек. Анализ урбанистического развития территории города показывает, что на фоне несомненных достижений отмечаются случаи, когда непредвиденное изменение состава, строения и свойств мерзлых грунтов существенно снижают эффективность и безопасность использования элементов современной инфраструктуры города. Инженерно-геологические и геокриологические условия района г. Чита рассмотрены в работах Н.А. Шполянской, Д.М. Шестернева, Л.М. Демидюк, В.К. Шевченко, И.О. Железняк, П.И. Сальникова, З.Н. Портновой и других. Комплексная оценка инженерно-геокриологических условий г. Чита выполнена на основе карты инженерно-геологического районирования масштаба 1:25 000. Карта разработана и составлена: Д.М. Шестерневым, Д.Д. Шестерневым, Ф.И. Еникеевым, Л.А. Васютич, А.А. Чупровой.

Инженерно-геологическое районирование территории г. Чита выполнялось на основе анализа литературных источников, инженерно-геологических изысканий и

картографических материалов в фондах производственных и научно-исследовательских организаций г. Чита. Данный способ позволяет комплексно оценить особенности состава и строения четвертичных отложений, характер проявления и распространения физико-геологических явлений и процессов. Последовательное инженерно-геологическое районирование территории осуществлялось с учетом наличия или отсутствия комплекса факторов, затрудняющих производство массовой застройки при развитии градостроительства. В качестве основных элементов инженерно-геологических условий были выбраны: рельеф; геологическое строение; подземные воды; многолетнемерзлые породы; геологические, инженерно-геологические и криогенные процессы и явления. Наряду с этим учитывали уже существующий опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений на территории города. Выполненное инженерно-геологическое районирование территории г. Чита показывает, что лишь 20 % территории г. Чита пригодно для любого вида строительства без ограничений; 33 % территории города – пригодно с ограничениями, обусловленными развитием криолитозоны, а также наличием склонов крутизной более 8-12 градусов; 23% территории г. Чита для градостроительства проблематичны, поскольку затраты на возведение и эксплуатацию инженерных сооружений здесь чрезвычайно высоки. Площадь слабоизученных территорий относится к периферийным частям города и составляет 24 %.

Территория г. Чита расположена в зоне развития высокотемпературных многолетнемерзлых пород. Криолитозона находится в состоянии неустойчивого термодинамического равновесия, и техногенные факторы приводят к коренному изменению температурного режима горных пород [3]. Начиная с 2013 г. на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Забайкальского государственного университета выполняются исследования в рамках госбюджетной темы «Оценка влияния антропогенных воздействий на геологическую среду урбанизированных территорий южной криолитозоны в условиях глобального изменения климата (на примере г. Чита)», регистрационный номер № 01201351117. Целью этих исследований является изучение изменений состава, строения и свойств геологической среды южной криолитозоны, установление закономерностей изменений инженерно-геокриологических условий в пространстве и во времени в зависимости от антропогенных воздействий. В пределах урбанизированных территорий на трансформацию криолитозоны оказывают влияние экстенсивное и интенсивное тепловое загрязнение. Экстенсивное загрязнение протекает преимущественно под воздействием факторов, которые определяют тепловой режим горных пород вследствие изменения параметров радиационно-теплового баланса. Воздействие этих факторов определяет медленную трансформацию криолитозоны, но распространяющуюся на большие ее территории. Источниками интенсивного теплового загрязнения в Чите являются промышленно-гражданские и гидротехнические сооружения [4].

Начало урбанизации на территории Читы связано с началом строительства в 1890 г. Транссибирской магистрали. Уже в тридцатые годы XX в. численность населения города достигла 64 тыс. человек при площади 99 км², к 1990 г. площадь города увеличилась до 400 км², число жителей – до 376 тыс. В настоящее время численность населения 335 тыс. человек, площадь города 534 км². В этот период изменялись и основные климатические параметры, наиболее важным из которых для трансформации геокриологических условий является среднегодовая температура воздуха. Изменения температуры воздуха, синхронизированные с интенсивностью процесса урбанизации, позволили выделить три этапа урбанизации с различной длительностью и интенсивностью, оценить их воздействие на трансформацию инженерно-геокриологических условий [2, 6].

По мере увеличения темпов урбанизации, совершенствования методов строительства, развития промышленности и т.п. воздействие урбанизации на приземные значения температур воздуха, количество и распределение осадков в пространстве и времени существенно возрастало. Возрастало и влияние теплового загрязнения на изменения свойств и строения грунтов криолитозоны. Продолжительность первого этапа урбанизации составляет 36 лет (1890-1926). Начало его связано со строительством Транссибирской магистрали, а завершение приурочено к началу функционирования первых природно-технических систем (ПТС): ПТС «Читинские главные железнодорожные мастерские» и ПТС – угольное месторождение «Черновские копи». Количество жителей за этот период в г. Чита выросло с 12 до 64 тыс. человек; площадь города составила 99 км². Уже в этот период в пределах ПТС отмечалось существенное суммарное воздействие на криолитозону, увеличение среднегодовых температур воздуха, количества и структуры атмосферных осадков и теплового загрязнения – интенсивного и экстенсивного. Повышение среднегодовых температур воздуха, привело к увеличению мощности слоя сезонного оттаивания (ССО) в песчано-супесчаных грунтах до 15%, в суглинистых – до 10%, а уменьшение альбедо (в связи с зачернением дневной поверхности вокруг ПТС) обусловило увеличение мощности ССО соответственно до 20 и 15% [4, 5].

Второй этап (1926-1960) характеризуется началом массовой, малоэтажной застройки г. Чита. Количество жителей за это время увеличилось до 170 тыс. человек. В этот период в инфраструктуре г. Чита четко обозначались селитебная, промышленная, рекреационная, сельскохозяйственная зоны, в основном сформировался транспортный внутригородской каркас, состоящий из автомобильных дорог грунтового типа. Системность урбанизации обусловила дифференциацию в формировании и трансформации криолитозон. В контурах промышленной зоны начинается формирование локальных путей транспортировки за пределы ПТС, химического и теплового загрязнений. Например, в пределах ПТС «Черновские копи» в связи с увеличением глубины отработки пластов угля и проведением осушения шахтных выработок произошла полная деградация многолетнемерзлых пород, вызвавшая изменения горно-геологических условий в пределах ПТС, а границы депрессионной воронки, вышли далеко за пределы границ ПТС «Черновские копи».

В третьем этапе урбанизации (1960 г.– по наст. вр.) на фоне интенсивного повышения значений среднегодовых температур воздуха и увеличения количества осадков выделены два подэтапа урбанизации. Первый (1960-1995) характеризовался стремительным ростом, развивающихся промышленной и селитебной зон, второй (1995 г.– по наст. время) – практически полная стагнация промышленной зоны, за исключением теплоэнергетического комплекса и увеличение плотности и этажности селитебных новых и уже застроенных территорий [4, 5].

В период первого подэтапа созданы и функционировали ПТС машиностроительной, транспортной, строительной, теплоэнергетической, пищевой и легкой промышленности. Это стимулировало интенсивный рост населения и расширение компактно застроенных селитебных территорий микрорайонов. Таким образом, урбанизация территории г. Чита к этому времени приобрела агломерационный тип, а население увеличилось до 376 тыс. Все это способствовало тому, что микроклимат территории промышленной и селитебных зон г. Чита существенно изменился. Значения среднегодовой температуры воздуха становятся на 1...2 °С выше в сравнении с её фоновыми значениями. На урбанизированной территории источниками интенсивного теплового загрязнения являются промышленно-гражданские и гидротехнические сооружения. Примером теплового загрязнения криолитозоны и его отрицательного влияния на экологические условия и безопасность

жизнедеятельности является эксплуатация группы зданий в микрорайоне «Зенитка», построенных с использованием Принципа I, предусматривающего сохранение грунтов оснований в мерзлом состоянии. Постоянные утечки из сантехнических сетей (тепловое и химическое загрязнение) и формирование техногенных наледей, мощность которых достигала высоты проветриваемых подполий под зданиями, привели здания в предаварийное состояние, а утечки способствовали заболачиванию и загрязнению окружающей территории. Интенсивный характер теплового загрязнения отмечается при эксплуатации гидрозолоотва ТЭЦ-1. Мощность криолитозоны на этой территории достигала 40...50 м и более. Однако постоянный сброс шлама с положительной температурой в течение одного года обусловил формирование техногенного талика сквозного типа. Вследствие этого сформировались водовыводящие талики в пределах аэродрома [1, 3].

В связи со значительной деградацией криолитозоны на предыдущем подэтапе значительно возросло техногенное воздействие на подземную гидросферу. При отборе подземных вод на эксплуатируемых участках Читинского месторождения произошла трансформация гидродинамической структуры фильтрационных потоков. В результате водоотбора, с конца 80-х гг. прошлого столетия на урбанизированной территории сформировалась общая депрессионная воронка, площадь которой составляет 72...93 км² с глубиной залегания динамического уровня до 60...80 м. Отбор подземных вод на данном этапе урбанизации с учетом изменения климатических и микроклиматических условий увеличения плотности застройки сыграл главную роль в изменении строения и свойств криолитозоны – деградации многолетнемерзлых пород в селитебных и промышленных зонах г. Чита [1]. Таким образом, в историческом аспекте функциональные зоны на различных этапах урбанизации могли совпадать по площади, усложняя интегральный характер формирования инженерно-геокриологических условий.

Инженерно-геокриологические условия территории г. Чита за многовековую историю развития изменялись при постоянно нарастающем антропогенном воздействии. Прогрессирующая урбанизация территории приводит к увеличению антропогенной нагрузки на все компоненты окружающей среды. В результате происходит изменение микроклимата, гидрологических и гидрогеологических условий, деградация многолетнемерзлых пород, тепловое загрязнение геологической среды [2]. В настоящее время техногенная нагрузка на окружающую среду в пределах г. Чита обусловлена комплексом факторов: воздействием на геологическую среду инженерных сооружений, гидрозолоотвалов ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2, полигона твердых бытовых отходов, заброшенных горных выработок (шахт и карьеров отработанного Черновского бурогоугольного месторождения), многочисленных водозаборных скважин; воздействие на воздушный бассейн города выбросов объектов энергетического комплекса, промышленных предприятий, автотранспорта [3].

В заключение следует отметить, что за период интенсивной урбанизации с 60-х годов прошлого столетия и по настоящее время криолитозона в пределах г. Чита сократилась с 70% до 15-20%. На участках, ранее ее сплошного развития, теперь распространены многолетнемерзлые породы несливающегося типа. В результате произошло формирование новых путей транзита теплового, химического и механического загрязнения гидросферы, что продолжает интенсифицировать изменение геологической среды и экологических условий территории города и его периферийных участков. Количественная и качественная оценка, этих взаимосвязей позволит разработать мероприятия по управлению данными процессами для обеспечения восстановления окружающей среды до безопасного уровня ее использования.

Литература

1. Васютич Л.А. Особенности современного техногенного воздействия на качество подземных вод читинской агломерации // Вестник ЗабГУ. Чита, 2013. № 01. С. 19–26.
2. Васютич Л.А. Воздействие урбанизации на изменения геоэкологической среды в Забайкалье // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. Вып. 17: Мат. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23-24 марта 2015). Москва: РУДН, 2015. С. 468–471.
3. Шестернев Д.М., Васютич Л.А. Тепловое загрязнение геологической среды криолитозоны урбанизированных территорий Забайкалья (на примере г. Чита) // Вестник ЧитГУ(ЗабГУ). Чита, 2012. № 1. С. 43–51.
4. Шестернев Д.М., Васютич Л.А. Криогенная геологическая среда и ее состояние на территории г. Чита // Вестник ЗабГУ. Чита, 2013. № 7. С. 12–20.
5. Шестернев Д.М., Васютич Л.А. Трансформация геолого-геоэкологической среды в процессе урбанизации г. Чита // Вестник ЗабГУ. Чита, 2014. № 3. С. 57–67.
6. Shesternev D.M., Vasyutich L.A. Influence of urbanization on engineering properties of soils in the geocryological environment under climate change and tech technical loading // Journal of Engineering of Heilongjiang University Vol. 5 No. 3, 2014. P. 78–90.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБОРОВ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ООО «НПП «ГЕОТЕК» В ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАОЛИНИЗИРОВАННЫХ ПЕСКОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ЗЕЯ (2013 ГОД)

О.Н. Гридина

Сибгипротранспуть, Новосибирск, Россия, E-mail:gridinaolga1976@gmail.com

Аннотация. В статье представлен опыт использования приборов трехосного сжатия производства в определении механических свойств каолинизированных песков для проектирования нового моста через реку Зeya.

Abstract. The article presents the experience of using the instruments of triaxial tests in determining the mechanical properties of kaolin-sands for the design of a new bridge over the river Zeya.

В 2012 году нашим институтом выполнены инженерно-геологические изыскания для разработки рабочего проекта реконструкции моста четного пути через р. Зeya на 7817 км участка Сковородино-Белогорск Забайкальской железной дороги.

В процессе изысканий было определено состояние кладки фундаментов опор и основание существующего моста. По данным буровых работ в разных частях тела и фундамента опор были выявлены провалы, низкий выход керна, при бурении бетон выходил в виде песчаной массы с галькой и гравием. По результатам обследования выяснилось, что пролетные строения подвержены общей и очаговой коррозии – особенно элементы нижнего пояса. Имеются слабые заклёпки в соединениях поясов, расколов, в элементах продольных и поперечных балок проезжей части. После оценки всех составных частей моста: пролетных строений, фундаментов опор и устоев - существующий мост признан дефектным и подлежащим длительной реконструкции.

На основании заключения возникла необходимость в проведении новых инженерно-геологических работ для разработки проекта строительства нового металлического железнодорожного однопутного девяти пролётного моста на постоянном обходе в 25 м в сторону междупутья.

Целью работ являлось: изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий по оси проектируемого моста через р.Зeya, определение значений физико-

механических показателей свойств грунтов с выдачей рекомендаций по использованию грунтов в качестве основания.

На основании технического задания, выданного главным инженером проекта, уровень ответственности сооружения – повышенный (ФЗ №384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»). По требованию обновленной нормативной документации (СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства»), для сооружений повышенного уровня ответственности значение деформационных показателей, при глубине исследования, ограничивающей использование штампа, следует выполнять испытания прессиометром и/или трехосным сжатием. Согласно СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений», прочностные характеристики дисперсных грунтов: угол внутреннего трения (ϕ) и удельное сцепление (C), могут быть получены путем испытания грунтов лабораторными методами на срез или трехосное сжатие. А также, для сооружений повышенного уровня ответственности полученные зондированием значения угла внутреннего трения и сцепления должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний того же грунта на срез или трехосное сжатие.

Вообще, использование прибора трехосного сжатия при лабораторных исследованиях грунтов позволяет получить дополнительные характеристики грунтов, такие как модуль сдвига, коэффициент Пуассона, которые невозможно рассчитать при стандартных компрессионных испытаниях. Данные параметры грунта в соответствии с СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» напрямую используются в расчете осадок свайного фундамента по второй группе предельных состояний – по деформациям.

Кроме этого, используя стабилومتر для исследования грунтов, мы имеем возможность давать проектировщикам прямые показатели, характеризующие грунтовое основание, а не справочные или нормативные данные.

На основании вышеперечисленных факторов, геологом камеральной группы совместно со специалистами по проектированию было принято решение использовать приборы трехосного сжатия для получения механических свойств грунтов как грунтового основания, так и грунтов входящих в сферу взаимодействия сооружения.

Наибольший интерес, с точки зрения механических свойств, представляли грунты основания, т.е. пески каолинизированные сазанковской свиты терригенной молассовой формации палеоген - миоцена. Пески светло-серые полевошпатово-кварцевые, иногда кварц-полевошпатовые.

Гранулометрический состав песков характеризуется разнообразием, но в целом отмечается преобладание песков средней крупности с примесью гравия от 1 до 5%.

Фракция менее 0,01 мм каолинит-гидрослюдистого состава, содержание ее увеличивается сверху вниз от долей до 20-25 %. При бурении керн поднимался в виде столбиков высотой до 15-30 см, что позволило проводить испытания на образцах ненарушенного сложения.

В соответствии с ГОСТ 12248-2010, испытания грунта методом трехосного сжатия проводят для определения характеристик прочности (в нашем случае угол внутреннего трения и удельное сцепление) для водонасыщенных в природных условиях песков и деформируемости (модуль деформации и коэффициент поперечной деформации) для любых дисперсных грунтов.

Эти характеристики определяют по результатам испытаний образцов в камерах трехосного сжатия, дающих возможность бокового расширения образца грунта в условиях трехосного осесимметричного статического нагружения. В отличие от компрессионных приборов, испытания в стабилometре можно провести в условиях близких к природным, учитывая начальное напряженное состояние в естественном массиве грунта. Боковое давление, которое не регулируется в одометре, в стабилometре

принимается равным горизонтальным напряжениям на глубине отбора монолита грунта, а вертикальные напряжения задаются равными бытовым (от собственного веса вышележащих слоев грунта) и с учетом нагрузки проектируемого сооружения)

Боковое давление, создаваемое воздухом или жидкостью в рабочей камере поддерживается постоянным, а вертикальное напряжение увеличивается ступенями. При определенной величине разности (девиаторе) напряжений наступает разрушение образца по наклонной плоскости.

Испытания для определения частных значений угла внутреннего трения и сцепления проводят не менее чем для трех идентичных образцов исследуемого грунта при различных значениях всестороннего давления на образец. Испытания для определения характеристик деформируемости проводят приложением вертикальной нагрузки при заданном всестороннем давлении на образец.

При проведении испытаний грунта в условиях трехосного сжатия была выбрана консолидированно-дренированная схема, которую применяют в том случае, когда грунты обладают способностью дренирования и быстрого рассеивания избыточного порового давления.

Испытания проводят в два этапа на первом этапе водонасыщенные образцы грунта подвергаются всестороннему сжатию боковым давлением $\sigma_2 = \sigma_3$ в рабочей камере прибора трехосного сжатия. Возникающее поровое давление рассеивается, так как испытания проводятся по открытой схеме с возможностью дренирования. После стабилизации деформаций при консолидации (в нашем случае консолидация определялась заранее в компрессионных приборах) небольшими ступенями, от 15 до 30% прикладывается девиаторное напряжение с выдержкой до стабилизации деформаций. Испытания проводят до момента разрушения образца или до достижения относительной вертикальной деформации равной 15%, в зависимости от того что наступит раньше.

Испытания проводились в нашей лаборатории на приборах трехосного сжатия производства ООО НПП «Геотек» типа А 2005 года выпуска статического нагружения, с непосредственным измерением радиальных деформаций и заполнением рабочей камеры воздухом и на усовершенствованном стабилometре 2012 года. В данной модели режим нагружения может быть как статический, так и кинематический. Рабочая камера стабилometра заполняется водой, объемные деформации регистрируются по объему вытесненной воды.

По результатам проведенных испытаний составляются бланки выходной информации, разработанные «Сибгипротранспуть». Например, бланк «испытаний грунта методом трехосного сжатия» для определения деформационных характеристик. Здесь в таблице приведены вертикальные напряжения, относительные вертикальные деформации, относительные объемные деформации и боковое обжатие. Построен график зависимости относительной вертикальной деформации от вертикальной нагрузки, показан линейный участок диапазонов напряжений для расчета модуля деформации и коэффициента Пуассона; дополнительно рассчитаны модуль сдвига и модуль объемной деформации.

А также, бланк «испытаний грунта методом трехосного сжатия» для определения прочностных характеристик, в котором указаны боковые давления и вертикальные напряжения, при которых происходило разрушение грунта. По результатам испытаний оформляется паспорт прочности – строится диаграмма в координатах нормальное - касательное напряжение с нанесением кругов Мора. Касательная, проведенная к предельным кругам напряжения, удовлетворяет уравнению Кулона. Частные значения прочностных характеристик - угла внутреннего трения и удельного сцепления рассчитываются по ГОСТ 20522-2012 «Методы статистической обработки результатов

испытаний» путем статистической обработки всех n пар опытных значений Сигма 1 (σ_1) и Сигма 3 (σ_3) как единой совокупности.

Таблица 1

Сводная таблица испытаний грунта методом трехосного сжатия

№ пп	Номер выработки, м	Интервал опробования, м	Испытания методом трехосного сжатия			
			Модуль деформации, E , МПа	Коэффициент поперечной деформации	Модуль сдвига, G , МПа	Модуль объемной деформации, K , МПа
1	Скв. 1 м	39,6 - 39,9	65,8	0,39	23,7	99,7
2	Скв. 2 м	34,1 - 34,3	62,5	0,33	23,5	61,3
3	Скв. 3 м	27,1 - 27,3	73,5	0,31	28,1	64,5
4	Скв. 4 м	22,4 - 22,6	67,1	0,40	24,0	111,8
5	Скв. 4 м	28,6 - 28,8	44,3	0,44	15,4	123,0
6	Скв. 4 м	32,1 - 32,3	69,9	0,43	24,0	166,0
7	Скв. 5 м	22,5 - 22,6	42,0	0,33	16,0	42,0
8	Скв. 6 м	29,5 - 29,7	36,4	0,38	13,0	50,6
Среднее			63,3	0,31	42,3	75,4
Минимальное			36,4	0,05	13,0	21,0
Максимальное			120,5	0,48	44,0	334,7

Были проведены более 39 опытов для определения модуля и коэффициента поперечной деформации, что позволило геологу рассчитать среднее значение по выделенному инженерно-геологическому элементу. Полученные результаты, частично, приведены в таблице. Среднее значение модуля деформации для плотного водонасыщенного песка средней крупности составили 63,3 МПа, коэффициент Пуассона 0,31.

Также было проведено около 27 опытов для определения частных значений прочностных показателей. Среднее значение угла внутреннего трения 41,8 градус, удельное сцепление 0,0596 МПа.

Таблица 2

Сводная таблица механических свойств по ИГЭ

ИГЭ	Физико-механические показатели	Нормативное значение показателя по результатам лабораторных испытаний		Результаты статического зондирования	Принятые показатели для расчетов
		По методу компрессионного сжатия и одноплоскостного среза	по методу трехосного сжатия		
8.7 б	E , МПа	52,6	63,3	60	52,6
	C , МПа	0,1269	0,0596	0,0865	0,0596
	φ , градус	46,2	41,8	более 40	42

Следует отметить, что для окончательного расчета геологом были выбраны наименьшие, т.е. наихудшие показатели по всем видам механических свойств.

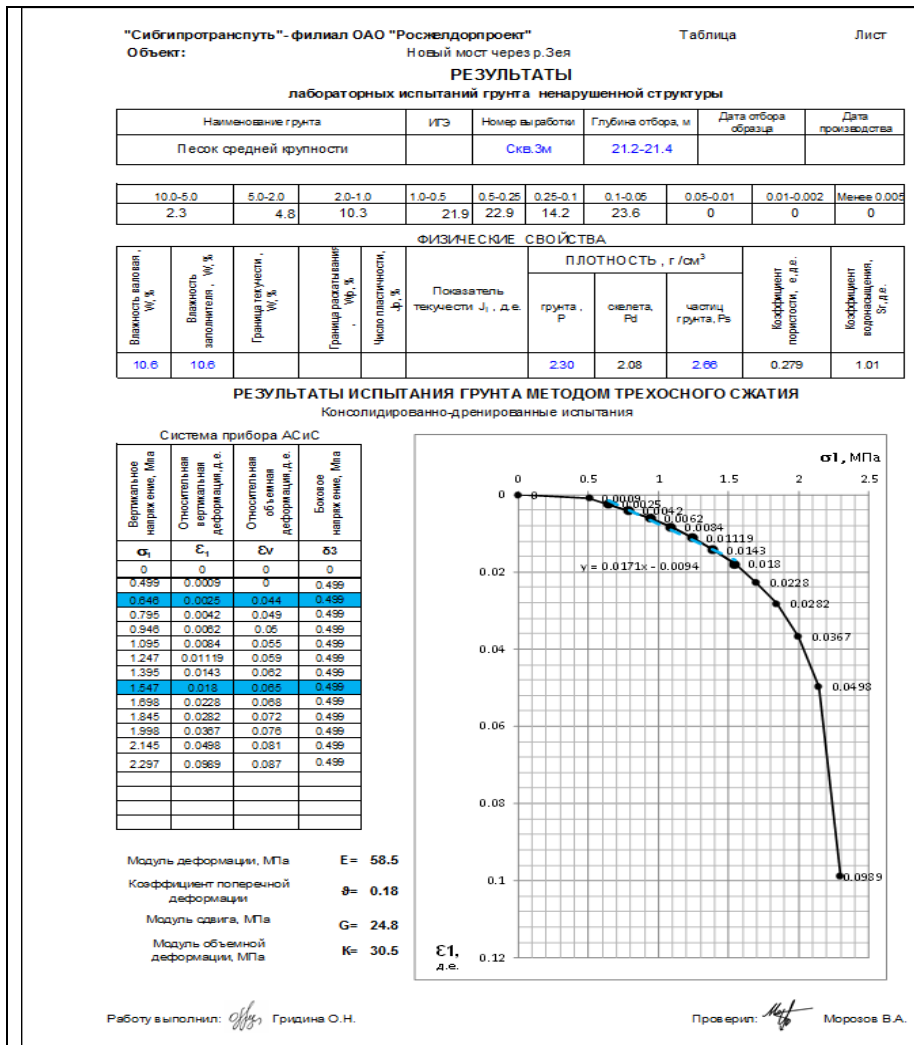


Рис.1 Бланк испытаний грунта для определения деформируемости

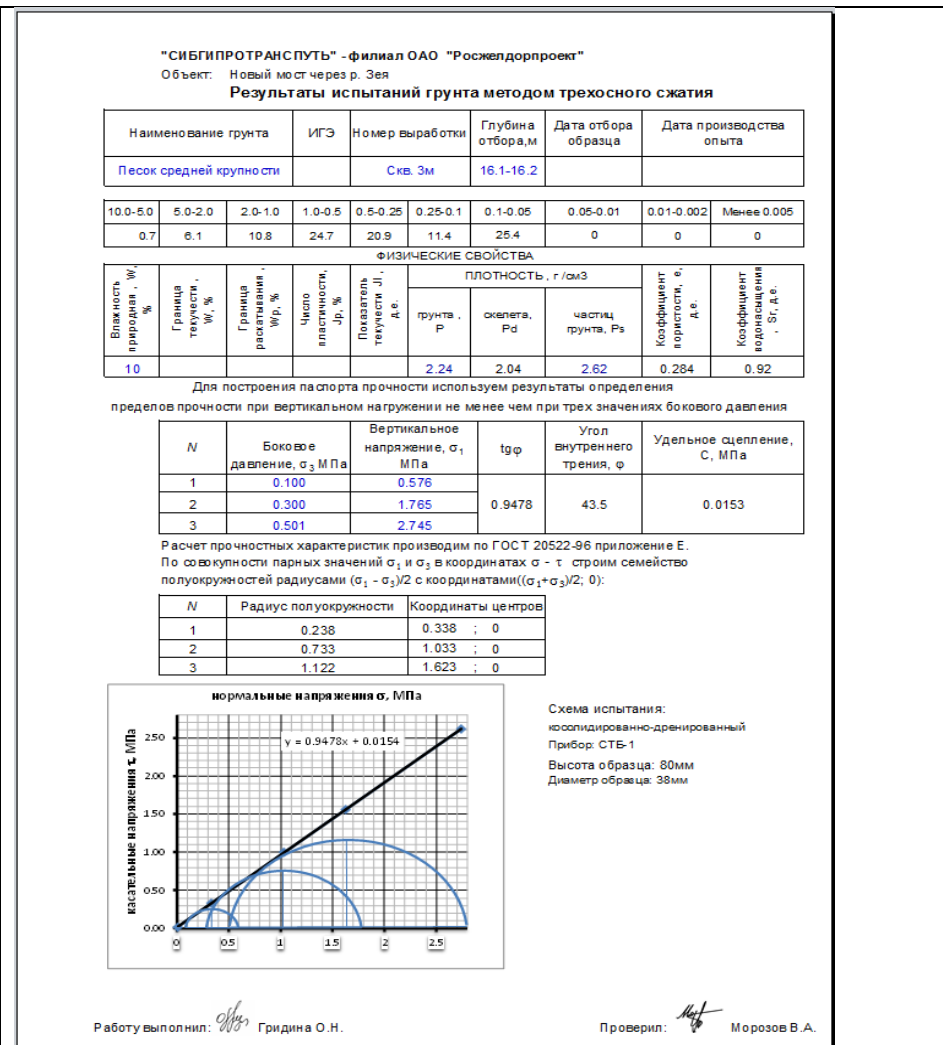


Рис. 2. Бланк трехосных испытаний грунта

Как видно из табл. 2, результаты испытаний методом трехосного сжатия имеют вполне сопоставимые показатели с результатами традиционных лабораторных методов и статического зондирования.

Литература

1. Грунтоведение: учебник для вузов / В. Т. Трофимов, В. А. Королев, Е. А. Вознесенский и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2005. — 1023 с.
2. Лабораторные работы по грунтоведению: уч. пособие/ В.А. Королев и др. – М.: Высш. шк., 2008. 519 с.
3. Дмитриев В.В., Ярг Л.А. Методы и качество лабораторного изучения грунтов: уч. пособие. – М.: КДУ, 2008. –542 с.

СОЗДАНИЕ ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ Г.КАЗАНИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Н.И. Жаркова, А.И. Латыпов, А.И. Шевелёв, И.А. Хузин

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань, Россия,
E-mail: kazannad@rambler.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются состав, структура и принципы функционирования постоянно действующей модели геологической среды городской территории, расположенной в долине крупной равнинной реки. Модель реализована в среде ESRI - ArcView и ArcGis. Основа модели – сведения о составе и физико-механических свойствах грунтов, данные о положении и химическом составе подземных вод, данные о техносфере города (статические и динамические нагрузки, водонесущие коммуникации). Комплексная оценка инженерно-геологических условий на основе модели показала, что территория характеризуется средней сложности (45,2%) и сложными условиями (46,6%); широко развиты процессы подтопления (25%), выявлены участки активизации карстово-суффозионных (4,4%), эрозионных (2,5%) и склоновых процессов (2,5%). В рамках модели предложено оценивать устойчивость геологической среды к техногенному воздействию на базе типизации по грунтовым условиям, предварительно опираясь на зонирование территории по обводнённости и степени дренированности. Создан новый проект системы мониторинга опасных экзогенных геологических процессов, выполнена оценка влияния экзогенных процессов на жилые дома, проведён анализ и оценка геологических рисков. Опираясь на сведения о составе, плотности сложения и степени водонасыщения грунтов выполнена оценка устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию.

Abstract. The article proposes the composition, structure and operation of the permanent models of the geological environment of the urban area, which is located in the valleys of large lowland rivers. The model is realized in software ESRI (ArcView and ArcGis). The base model is information about the structure and physico-mechanical properties of soils and rocks, location data, and the information of chemical composition of groundwater, the information about technosphere of city (static and dynamic loads, water communications). Complex evaluation of geological conditions on the basis of the model showed that the area is characterized by medium difficulty (45.2%) and complex conditions (46.6%); widespread impoundment processes (25%), identified areas of activation of karst and suffusion processes (4.4%), erosion processes (2.5%) and slope processes (2.5%). We proposed to evaluate the stability of the geological environment to human impact on the basis of typing on the ground conditions, based on the preliminary zoning of water content and the degree of drainage. We have created a new project monitoring system of dangerous exogenous geological processes, we have estimated the impact of exogenous processes in residential buildings, we have made an analysis and evaluation of geological risks. We have estimated the stability of the ground bases to a dynamic impact, which was based on the information on the composition, density of addition and degree of water saturation of soil.

На территории г. Казани широко развиты экзогенные геологические процессы, вполне типичные для городских агломераций, расположенных в пределах крупных речных долин древних платформ: подтопление, карстово-суффозионные и оползневые процессы, русловая и овражная эрозия, просадочные явления в грунтах, переработка берегов водохранилища, химическое и тепловое загрязнение подземных вод. Указанный комплекс геологических и инженерно-геологических процессов (ГиИГП) обусловлен сложными геолого-гидрогеологическими условиями. На территории развиты терригенно-карбонатные пермские отложения, имеется глубокий неогеновый врез, сложно организованный комплекс аллювиальных террас р. Волги и её притоков, близкое залегание УГВ в пределах их пойм и первых надпойменных террас, а также наличие подземных вод (ПВ), агрессивных к карстующимся породам [7]. Многовековое освоение городской территории г. Казани существенно изменило инженерно-геологические и гидрогеологические условия и вызвало активизацию неблагоприятных ГиИГП, нарушающих устойчивость и ведущих к истощению природного потенциала геологической среды.

В 2006 г. в связи с увеличением числа чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных активизацией ГиИГП, Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (МЭПР РТ) была признана необходимость организации для территории Казани самостоятельной системы мониторинга опасных геологических процессов, в основе которого должна быть крупномасштабная многослойная цифровая графическая модель, отражающая инженерно-геологические условия (ИГУ) миллионного города. На основе решения конкурсной комиссии Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (МЭПР РТ) основным исполнителем темы «Создание постоянно действующей модели (ПДМ) геологической среды (ГС) для организации системы геодинамического и гидрогеологического мониторинга на территории г. Казани» был определён авторский коллектив института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета. В качестве соисполнителей были привлечены наиболее компетентные в области гидрогеологии и инженерной геологии организации, такие как ГУП «НПО Геоцентр РТ», а также ОАО «Казанский трест инженерно-строительных изысканий» [13].

В основу ПДМ положены сведения о геолого-гидрогеологических условиях города, полученные при проведении различными организациями геологосъёмочных работ масштаба 1:50000 – 1:200000, начиная с 1961 г., космоснимки и топокарты масштабов 1:25000 и 1:50000, данные по составу, строению и физико-механическим свойствам грунтов (порядка тысячи скважин), а также многочисленные научные исследования. В рамках создания ПДМ проведено детальное маршрутное обследование территории Казани для изучения развития ГиИГП, дана визуальная оценка технического состояния промышленных и гражданских объектов города [13].

Состав и структура постоянно действующей модели

Под постоянно действующей моделью геологической среды мы понимаем единую геоинформационную систему упорядоченно-взаимосвязанных условий и факторов, отражающих состояние геологического пространства, трансформированного в его картографическое изображение. ПДМ представляет собой совокупность блока баз данных (БД) о ГС и техносфере, постоянно пополняемых и обновляемых в ходе эксплуатации ПДМ, блока обработки и анализа многолетних режимных наблюдений, а также блоков прогноза и принятия управленческих решений. Создание ПДМ осуществлялось в среде ESRI -

ArcView и ArcGis, а также Easy Trace, позднее для осуществления ряда проектов использовалось программное обеспечение MapInfo.

Основная единица БД созданной ПДМ – точка, к которой привязана необходимая для моделирования и прогнозирования первичная информация: тип, генезис, возраст грунтов, их физико-механические свойства (ФМС), положение подошвы и кровли, мощность; глубина залегания зеркала грунтовых вод (ГВ), их химический состав.

Дополнительно для характеристики геолого-гидрогеологических условий и техносферы города использовалась БД, содержащая информацию о линейных и площадных объектах (талъвеги оврагов и балок, контуры подмываемых берегов, дороги, водонесущие коммуникации, жилые кварталы и пр.). На основе указанной первичной информации были синтезированы тематические слои модели, позднее положенные в основу серии аналитических и синтетических инженерно-геологических карт масштаба 1:25000 [13].

Созданная ПДМ позволяет обрабатывать информацию (сортировка, статистическая обработка, интерполяция, пространственные операции), формировать сложные запросы для поиска и выбора информации из БД, вносить изменения в БД и, как следствие, получать комплект новых прогнозных карт, выводить результаты в картографической, текстовой и табличной форме, любые площадные данные представлять в трёхмерной форме.

Основные результаты

1. Комплексная оценка инженерно-геологических условий (2006 – 2007гг). В рамках создания ПДМ был оценен и осмыслен большой объём разрозненной информации о геолого-гидрогеологических условиях г.Казани. На основе богатого фактического материала построена модель геологической среды, отражающая основные факторы формирования ИГУ (рельеф, геолого-гидрогеологические условия в зоне взаимодействия зданий и сооружений с ГС, ФМС грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы, техногенные условия и т. д.).

В рамках работы над ПДМ, впервые составлены геоморфологическая карта и карта четвертичных отложений масштаба 1:25000, осуществлена типизация грунтовых толщ, выполнено зонирование территории по гидрогеологическим условиям (глубина залегания УГВ, агрессивность ГВ к материалам подземных конструкций), уточнены границы развития ГиИГП (карст, овражная эрозия, склоновые процессы, абразия, речная эрозия, гидротехническое подтопление, заболачивание), выявлены области возможного и существующего развития просадок и недопустимых осадок в основании сооружений, выполнен прогноз развития строительного подтопления, проведено сейсмическое микрорайонирование [13].

Анализ факторов ИГУ с использованием ПДМ показал, что значительная часть исследуемой территории характеризуется сложными (46,6%) и средней сложности (45,2%) ИГУ, что во многом обусловлено гидрогеологическими условиями и широким развитием ГиИГП. Значительная часть городской территории подвержена развитию процессов подтопления (25%), выявлены участки активизации карстово-суффозионных (4,4%), эрозионных (2,5%) и склоновых процессов (2,5%).

Систематизация сведений о составе, строении и ФМС грунтов позволила выявить ещё одну «болезненную» проблему: наличие карбонатного элювия, суффозионно- и химически- неустойчивого в существующих гидрогеологических условиях. В рамках работы над ПДМ оконтурены области развития карбонатного элювия, составлена карта глубин залегания кровли элювированных пород, показана их мощность. Позднее информация уточнялась, проводились дополнительные

лабораторные исследования карбонатного элювия, что нашло отражение в ряде работ [6, 7, 9].

На основе комплексного анализа факторов ИГУ и технического состояния жилого фонда города с использованием ПДМ были обоснованы и разработаны новые принципы типизации городских территорий по степени устойчивости ГС к техногенному воздействию. Предложено на первом этапе осуществлять зонирование территории по обводнённости и степени дренированности, на втором – оценивать устойчивость ГС на уровне типа грунтовой толщи (т.к. он содержит информацию о грунтах устойчивых или неустойчивых в рамках определённой дренированности и обводнённости). При этом в атрибутивной таблице БД каждому типу элементарного участка присваивался определённый тип техногенной нагрузки, по отношению к которой ГС является неустойчивой, «прописывалась» возможная реакция ГС к техногенному воздействию (комплекс возможных ИГП), а также степень устойчивости ГС к техногенному воздействию. Было установлено, что неустойчивыми являются 13,7% городской территории, относительно неустойчивые – 20,4%, относительно устойчивые – 56,3% и устойчивые – 9,6%. При сопоставлении сведений о деформациях в зданиях и сооружениях с полученными при оценке устойчивости ГС данными было выявлено явное соответствие «рассчитанная устойчивость – объём и степень деформированности сооружений», что не наблюдалось при использовании иных методов оценки [2].

Большая часть материалов, полученных при работе над созданием ПДМ ГС легли в основу монографии [7], полученные результаты неоднократно докладывались на конференциях различного уровня, а также нашли отражение в многочисленных научных трудах, наиболее значимые из которых приведены в списке литературы [1, 2, 4, 6, 7, 9-11]. Полученные результаты послужили дополнительным обоснованием организации мониторинга ГиИГП.

2. Ведение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов на территории Казани (2008 – 2009гг). На начальном этапе работ, в ходе ревизии наблюдательной сети (в рамках республиканской система мониторинга подземных вод и экзогенных геологических процессов), было установлено, что она не отвечает современным требованиям, находится в неудовлетворительном состоянии и требует существенной модернизации, в связи с чем, отдельные территории и гидрогеологические структуры недостаточно или полностью не обеспечены пунктами наблюдений. Почти все скважины ОГНС находятся в эксплуатации уже более 18 лет, а большинство (75%) - более 38 лет. Последняя скважина была пробурена в 1999 г. Мониторинг ГиИГП проводился только на одном наблюдательном участке, расположенном за пределами городской застройки (переработка берега Куйбышевского водохранилища).

В 2008 г. в рамках исследований на основе анализа специализированных карт (БД ПДМ) были выделены новые наблюдательные полигоны и участки, в пределах которых впоследствии проведено детальное изучение ИГУ. Наблюдательные полигоны по видам ГиГП: переработка берега водохранилища – 1; речная эрозия – 5; склоновые процессы – 7; карстово-суффозионные процессы и суффозия - 5; просадки и недопустимые осадки в основании сооружений – 2; процессы подтопления и заболачивания – 1. Наблюдательные участки: переработка берега водохранилища – 1; речная эрозия – 1; склоновые процессы – 9; склоновые и карстово-суффозионные процессы – 1. Для каждого наблюдательного участка была предложена программа технического оснащения средствами наблюдений и измерений, разработана методика наблюдений, временные интервалы, анализ

получаемых сведений. По каждому виду наблюдений дано экономическое обоснование, включающее стоимость приборов, затраты на их эксплуатацию и на ежегодное проведение мониторинга.

Существующую гидрогеологическую сеть режимных наблюдений также было предложено значительно расширить - для наблюдений предполагается использовать 172 скважины, в т.ч.: действующая наблюдательная сеть ГОНС - 36 скважин, действующая наблюдательная сеть Управления инженерной защиты города – 37 скважин, проектируемые скважины ГОНС - 99 скважин на различных участках территории г. Казани [8, 14].

К сожалению, из-за сложной экономической ситуации в стране (2008-2009 г.г.), денежные средства на мониторинг не были выделены. В 2013 г. МЭПР РТ вновь вернулось к вопросу организации мониторинга. ГУП «НПО Геоцентр РТ» (г.Казань) была выполнена работа «Ведение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов на территории Республики Татарстан на территориальном уровне». В результате проведенных работ от предложенной в 2008 г. модели на территории г.Казани были оставлены только 2 наблюдательных участка из 12, новых скважин ГОНС пробурено не было.

3. *Анализ и оценка рисков от ущерба геологических процессов на территории исторического центра города Казани (2010 – 2011 гг).* Наличие БД, в достаточной степени отражающей инженерно-геологические условия города, позволило в рамках ПДМ осуществить количественную оценку геологического риска (физического, экономического и социального) от активизации ГиИГП для Вахитовского района г.Казани. Перечисленные риски оценивались по методике ИГЭ РАН с привлечением некоторых экономических и статистических данных для г.Москвы. Предварительно в границах исторического центра было выполнено районирование по типу конструкций для всех жилых и административных зданий (этажность, тип фундамента и пр.). Было установлено, что максимальными значениями геологического риска характеризуется территория Кремлёвского холма, что обусловлено широким развитием карстово-суффозионных процессов, большой плотностью населения, а также достаточно плотной застройкой (физический риск – 1 случай/10 лет, возможный экономический ущерб – 22,5 млн. у.е., социальный риск – 1 человек/1000 лет) [3].

4. *Оценка устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию (2012 – 2013 гг).* Выше было изложено использование ПДМ для типизации грунтовых толщ по устойчивости к техногенному воздействию, связанному, в основном, со статическими нагрузками от зданий и сооружений города.

Начиная с 2012 г сотрудниками кафедры общей геологии и гидрогеологии К(П)ФУ ведется работа по оценке рисков развития неблагоприятных геологических процессов от действия динамических нагрузок.

База данных созданной ПДМ позволяет выполнить количественный анализ по различным компонентам ГС, например, вид грунта, пространственное расположение толщи (в плане и разрезе), гранулометрический состав, ФМС и др. Эта возможность позволила реализовать идею районирования территории города по устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию по совокупности некоторых критериев. Многочисленные наблюдения и эксперименты различных авторов позволили установить, что в условиях динамического нагружения наиболее подвержены деформированию основания, сложенные несвязными грунтами, залегающими на глубине до 15м. При этом характер реакции на динамическую

нагрузку зависит, в основном, от плотности сложения и степени водонасыщения песчаного грунта.

Характерными формами реакции песчаных грунтов на динамическое воздействие являются: доуплотнение, разуплотнение, разжижение и «циклическая подвижность». Для каждой из перечисленных форм реакции характерен свой набор критериев, который необходимо учитывать при районировании по устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию.

Так, доуплотнение возможно для песков любой влажности, но при определенной степени плотности, критические значения которой определяются, прежде всего, гранулометрическим составом. Поэтому единственным критерием при прогнозировании доуплотнения является значение коэффициента пористости.

Разуплотнение проявляется только в плотных маловлажных песках, критические значения плотности которых также определяются гранулометрическим составом. В связи с этим выделение участков с возможным разуплотнением песчаных грунтов должно базироваться на таких критериях, как степень влажности и коэффициент пористости.

Разжижение, связанное с быстрым нарастанием порового давления и резкой потерей несущей способности оснований фундаментов зданий и сооружений вероятно только для водонасыщенных песков любой плотности и любой крупности. Следовательно, степень влажности – единственный критерий для выделения участков, где вероятно разжижение грунтов.

Циклическая подвижность, сопровождающаяся накоплением сдвиговых деформаций характерна для плотных водонасыщенных песков. Поэтому критериями для районирования территории по устойчивости к такой форме реакции на динамическое воздействие являются коэффициент пористости (критические значения определяются гранулометрическим составом) и степень влажности.

Проведённое районирование территории города показало, что динамическая неустойчивость грунтов наиболее характерна для поймы р.Казанки и первых надпойменных террас р. Казанки и р. Волги. Все пески не зависимо от их генезиса, плотности и гранулометрического состава, расположенные ниже уровня грунтовых вод, потенциально разжижаемы. При этом, для значительной части песков комплекса низких террас характерно накопление сдвиговых деформаций и доуплотнение, а разуплотнение, напротив, очень маловероятно.

Большинство песчаных грунтов комплекса высоких террас из-за высокой плотности и низкой влажности в большинстве случаев устойчивы к динамическим нагрузкам и лишь для некоторых участков характерно потенциальное разуплотнение (как для природных, так и для техногенно изменённых песков).

Результатом работы является карта районирования территории г.Казани по динамической неустойчивости [5].

5. *Геологическая оценка влияния экзогенных геологических процессов на участках застройки жилых домов г. Казани (2014 гг).* Согласно геологическому заданию МЭПР РТ была поставлена задача выполнить оценку воздействия ГиИГП на ряд (около 600) жилых домов, основанную на сборе, обобщении и анализе имеющейся инженерно-геологической, гидрогеологической и тематической информации, визуальных маршрутных наблюдениях за проявлениями ГиИГП, осмотре конструкций жилых домов, опросе населения. Учитывая сжатые сроки и большой объем работы, получить информацию о геологическом строении обследуемых участков без использования ПДМ было невозможно.

Одновременно выполненная работа позволила дополнить ПДМ сведениями, полученными в ходе обследования. Так, например, территория п.Первомайский в восточной части города в связи со строительством автомобильной дороги и транспортной развязки в последние годы регулярно оказывается подтопленной из-за изменения гидрогеологического режима подземных вод. Ранее на данном участке подобной картины выявлено не было.

В результате выполненного инженерно-геологического обследования 582 жилых домов выявлено, что в зоне развития ГиИГП находятся 39 домов. Из них подлежат немедленному отселению 12 домов. На участках остальных домов рекомендовано установить наблюдение [12].

6. *Актуализация карт инженерно-геологических условий строительства территории г.Казани (2015 г).* На базе существующей ПДМ ГС (в среде MapInfo) в рамках подготовки проекта Генерального плана городского округа Казань в связи с планируемым увеличением площади города к 2025г были построены три новые цифровые инженерно-геологические карты: сейсмического микрорайонирования (1: 100 000), инженерно-геологическая карта (1: 25 000), комплексная карта по степени сложности освоения (1: 25 000). При создании карт проведено расширение пространственных границ территории, выполнена детализация и актуализация ИГУ с учётом новых нормативных документов, в ПДМ добавлены новые тематические слои, вновь выполнено инженерно-геологическое районирование, разработаны рекомендации проведения мероприятий по инженерной подготовке территорий.

Заключение

Предложенная цифровая модель геологической среды г. Казани отвечает современным требованиям комплексной модели. В ней заложена структурированная база данных по гидрогеологическим и инженерно-геологическим объектам Казани с возможностью поиска, сортировки и анализа информации. Имеется возможность моделирования гидрогеологических условий с дальнейшим прогнозом и удобная форма выводов результатов работы. Вышеприведенные примеры показывают, что созданная модель геологической среды может быть успешно использована для решения различных прикладных и научных инженерно-геологических задач.

Литература

1. Жаркова Н.И., Хузин И.А., Шевелёв А.И., Галеев Р.К. Процессы техноприродного подтопления в пределах территории г. Казани Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки, 2007. Т.149. кн.4. С.160-166.
2. Жаркова Н.И., Хузин И.А. Инженерно-геологические основы типизации территории г. Казани по степени устойчивости геологической среды к техногенному воздействию. Сергеевские чтения. Выпуск 10. Материалы годичной сессии Научного совета РАН (20-21 марта 2008 г.). М.: GEOS. 2008.С.413-418.
3. Жаркова Н.И., Гараева А.Н. Анализ и оценка рисков от ущерба геологических процессов на территории исторического центра города Казани // «Современные проблемы геологии». Сборник научных трудов. – Киев – Олевск. 2013. С. 217-223.
4. Жаркова Н.И., Чернийчук Г.А., Жарков И.Я., Галеев Р.К. Техногенные грунты г.Казани: особенности формирования состава, строения и свойств / Учёные записки Казанского государственного университета, серия «Естественные науки». Т. 155. 2013. Книга 4. С. 130 – 143.
5. Латыпов А.И., Жаркова Н.И., Чернийчук. Районирование территории г.Казани по устойчивости грунтовых оснований к динамическому воздействию/ Геотехника. 2013. №1.С.42-48.
6. Муравьев Ф.А., Жаркова Н.И., Латыпов А.И. Карбонатный элювий на территории г. Казани // Инженерная геология. 2013. №4. С.34-43.
7. Шевелёв А.И., Жаркова Н.И., Хузин И.А. и др. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия города Казани. Казань: К(П)ФУ, 2012. 236с.

8. Шевелев А.И., Жаркова Н.И., Бубнов Ю.П., Латыпов А.И., Хузин И.А., Галеев Р.К. Ведение мониторинга геологической среды города Казани / Георесурсы. 2014. №3 (58). С.3-8.
9. Latypov A.I., Zharkova N.I., Mouraviev F.A. Dispersed weathering products of carbonate rock: Features and formation conditions from the construction's point of view (by the example of Kazan, Russia) // Global View of Engineering Geology and the Environmental. Proceeding of the international symposium and 9th Asian regional conference of IAEG, Beijing, China. 2013. P. 891-896.
10. Zharkova N., Khuzin I. Groundwater aggressiveness as an important factor of engineering-geological conditions in the Kazan city (Russia) International Multidisciplinary 12th Scientific GeoConference & EXPO SGEM 2012, Albena, Bulgaria, Conference Proceedings Volume I, pp., 2012. P. 117-126.
11. Zharkova N., Zharkov I., Cherniyuchuk G. Engineering geological characteristics of artificial soils in Kazan city (Russia), 14th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Albena, Bulgaria, 2014, P.323-334.
12. Латыпов А.И., Жаркова Н.И. и др. Отчёт по теме «Геологическая оценка влияния экзогенных геологических процессов на участках застройки жилых домов г. Казани». КФУ, Казань, 2014 (Фонды НПО «ГУП Геоцентр РТ», КФУ).
13. Шевелёв А.И., Жаркова Н.И., Хузин И.А., Латыпов А.И. и др. Отчёт по теме: «Создание постоянно действующей модели геологической среды для организации системы геодинамического и гидрогеологического мониторинга на территории г.Казани». КГУ, Казань, 2007 (ФГИ РТ, КГУ).
14. Шевелёв А.И., Жаркова Н.И. и др. Отчёт по теме «Ведение мониторинга опасных экзогенных геологических процессов на территории Казани». КГУ, Казань, 2008 (ФГИ РТ, КГУ).

О КАРСТООПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОЙ ПЕРМИ

В.П. Костарев, В.Т. Папиrowая, С.А. Утемова

*Верхнекамский трест инженерно-строительных изысканий, Пермь, Россия,
E-mail: vktisizperm@mail.ru*

Аннотация. Приводится краткая характеристика закарстованности северной окраины миллионного мегаполиса, дается оценка ее карстоопасности, рекомендуется выполнение комплекса инженерных изысканий.

Abstract. The article gives a short characteristics of karst development on the northern outskirts of the city Perm. Region is estimated by karst hazard. The authors recommend to perform complex engineering research in this area.

Карст – процесс и явления, обусловленные растворением и выщелачиванием (реже осаждением) растворимых горных пород движущимися в них водами. Подобное определение охватывает основные условия карстообразования [4, 7] (наличие растворимых пород, способных пропускать воды, и присутствие вод, обеспечивающих их растворение и вынос из карстового массива) и вызывает беспокойство о возможных (при соответствующих геотектонических и геолого-гидрогеологических обстановках) сопутствующих карсту проявлениях других негативных процессов (гравитационных, суффозионных, эрозионных и т.п.), определяющих общую (не только в частоте и размерах карстовых деформаций поверхности и оснований зданий и сооружений) карстоопасность территорий. Последняя на территории Пермского края может формироваться высокими фильтрационными свойствами карстующихся пород, безводностью закарстованных участков, повышенной степенью загрязнения геологической среды, внезапными прорывами (до катастрофических) карстовых вод, разубоженностью карстующихся пород как полезных ископаемых, недостаточной устойчивостью глубоких горизонтов при подземном строительстве, возможными осложнениями при бурении глубоких и сверхглубоких разведочных и эксплуатационных скважин, влиянием

карста на продуктивность и обработку сельскохозяйственных и лесных угодий. По существу, каждый из выделенных ныне типов карстовой опасности (от А до Н [9]) фиксируется на пермской земле. Вместе с тем, инженерно-геологическая изученность многообразного карста Пермского края [1, 3] далека от совершенства, в том числе территории Большой Перми, до сих пор не имеющей кондиционной крупномасштабной геологической основы.

В территориальных строительных нормах [10] приводятся краткая характеристика карста края и особенности его развития как по административным районам территории, так и по карстовым регионам в соответствии с выполненным и представленным в нормах районированием масштаба 1:500 000. Из-за слабой и неоднородной изученности (помимо ареалов Камской ГЭС, железнодорожного и автодорожного мостов) практически не отражен карст Перми, в северной части которой наблюдаются поверхностные и подземные карстопроявления. В гипсах иренского горизонта (кунгурский ярус нижней перми) в устье р. Чусовой скважинами обнаружены карстовые полости с вертикальным размером до 7,6 м, порой заполненные движущейся водой с обкатанными ею сульфатными гальками. Более мелкие полости (0,4–1,5 м) вскрыты в районе автодорожного моста. Инженерно-геологическими изысканиями 50-70х гг. прошлого столетия по левобережью р. Чусовой (микрорайоны Бумкомбинат, Голованово, Малые реки, Чусовской водозабор) выявлены небольшие и неглубокие (по классификации Г.А. Максимовича [4]) провалы, старые блюдцеобразные (в том числе погребенные под слоями насыпных грунтов и торфа) воронки при глубине залегания сульфатных пород под толщей четвертичных и соликамских отложений до 40–50 м и абсолютных отметках их кровли, достигающих 120,8 м (нормальный подпорный уровень Камского водохранилища 108,5 м) в полосе Лобановской валообразной зоны [8].

В створе Камской ГЭС сульфатные породы иренского горизонта встречены под породами шешминского (терригенного) и соликамского (загипсованного карбонатного) горизонтов на глубине 59–73 м (абс. отм. 20–25 м). Здесь зафиксированы три водоносных горизонта: шешминский с сульфатно-гидрокарбонатными водами и минерализацией 0,4–2 г/л, верхнекамский с сульфатными и хлоридно-сульфатными водами (1,5–35 г/л) и нижнесоликамский с рассолами (до 80 г/л) [5]. Естественно, подземные воды, контактирующие с сульфатными породами не агрессивны к ним, активное развитие карста не происходит. Тем не менее, гидрогеологические наблюдения показали недостаточную эффективность выполненной при строительстве ГЭС цементационной завесы из-за увеличения напора и питания водоносных горизонтов в условиях водохранилища и формирования агрессивной среды при схватывании цемента. Принято решение об усилении противодиффузионной завесы гелеобразующим щавелеалюмосиликатным раствором. КамГЭС успешно работает и модернизируется. Карстоопасность ликвидирована [2], но мониторинг продолжен.

К границам Большой Перми с севера по правобережью р. Камы примыкают закарстованные территории Хохловского карстового участка, а с правого берега р. Чусовой (левый берег р. Камы) – карстовые поля Чусовского Мыса Полазнинского карстового района [1]. Н.Н. Назаров [6] в долине р. Гайвы и ее левых притоков при средней плотности карстовых форм менее 1 шт./км² фиксирует поля с плотностью воронок до 15–20 на 1 км² и более. Размеры их в плане обычно невелики – от 2–3 до 10–15 м.

С юга и юго-востока к этой территории подходит недавно выделенный и слабо очерченный на площади выходов силикатных сульфатно-карбонатных отложений Курашимо-Чернушинский карстовый район [6].

В таких условиях недоучет карстопасности при строительном освоении может дорого обойтись. При инженерно-геологическом обосновании ответственного строительства необходимы карстологическое обследование и тщательная инженерно-топографическая съемка (вплоть до использования в качестве «речника» квалифицированного инженера-геолога), бурение параметрических (опорных) и контрольных (по геофизическим аномалиям) скважин с обязательным поинтервальным гидрогеохимическим опробованием, особенно на участках с залеганием сульфатных пород выше уровня камских водохранилищ. Должны быть установлены контуры закарстованных территорий с возможными опасными проявлениями карста. Изначально же следует ориентироваться на общие геолого-тектонические, гидрогеологические и гидрохимические условия карстообразования [3, 10] и потенциальные возможности его усиления в создающейся при освоении территории ситуации.

Литература

1. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 2000. 200 с.
2. Зверев В.П., Костикова И.А. Гидрогеохимические особенности развития карста в современных условиях // Геоэкология. 2015. №3. С.248-256.
3. Костарев В.П. Карст Урала и Приуралья // Пермь: Перм. ун-т, 1990. 21 с.
4. Максимович Г.А. Основы карстования. Т.1 // Пермь: Перм. книж. изд-во, 1963. 445 с.
5. Максимович Н.Г. Безопасность плотин на растворимых породах (на примере Камской ГЭС) // Пермь: ООО ПС «Гармония», 2006. 212 с.
6. Назаров Н.Н. Карст Прикамья // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 1996. 94 с.
7. Соколов Д.С. Основные условия развития карста // М.: Госгеолтехиздат, 1962. 322 с.
8. Сунцев А.С., Леонова-Вендровская З.А., Денисов М.И., Черткова И.И. Структурная геология и геологическое картирование. Геологическое строение района г. Перми // Пермь: изд-во Перм. ун-та, 2000. 104 с.
9. Толмачев В.В. Карстовые районы: тридцатилетний опыт нормотворчества // Инж. изыскания. 2007. №1. С.16-19.
10. ТСН 11-301-2004По. Инженерно-геологические изыскания на закарстованных территориях Пермской области // Пермь: Адм. Перм. обл., 2005. 120 с.

О ПРИМЕНЕНИИ МИКРОВОЛНОВЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

В.В. Крамаренко, А.Н. Никитенков, В.Ю. Молоков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: kramarenko-v-v@mail.ru*

Аннотация. Статья посвящена разработке методики определения влажности торфов и заторфованных грунтов при помощи СВЧ-излучения, направленной на ускорение процесса сушки, снижение трудоемкости и стоимости лабораторных исследований. При определении показателей влажности, зольности и содержания органики и многих других видах испытаний грунтов возникает проблема их ускоренной сушки. Для органических и органоминеральных грунтов ускоренное определение показателей влажности особенно важно, так как при повторных взвешиваниях высушенного в конвекционной печи образца, наблюдается увеличение его массы. В работе приведен детальный обзор существующих методик определения влажности грунтов, рассмотрены особенности и границы их применения. Работа содержит полученные авторами результаты исследований влажности органических

грунтов двумя методами: сушки в микроволновой печи и методом, приведенным в действующих отечественных стандартах, сравнение полученных результатов, а также рекомендации по применению метода сушки грунтов методом СВЧ.

Abstract. The article is devoted to methods of determining the moisture content of peat and organic soils using microwave radiation, which will greatly speed up the process, reduce the complexity and cost of laboratory tests. Problem of rapid drying arises during determining water content, ash content and content of organic matter and many other types of soil tests. For organic and organomineral soils problem of rapid measurement of water content is especially important, since after re-weighing of the dry sample may be observed increase in mass. The paper presents a detailed review of methods of determining the moisture content of soils, characteristics and boundaries of their application. The work contains the results of a research on the moisture content of organic soils by drying in the microwave oven using the method listed in the current national standards, comparison of results and recommendations for the use of the method of drying of soil by the microwave.

При определении показателей влажности, зольности и содержания органического вещества, а также при многих других видах испытаний грунтов возникает проблема их ускоренной сушки. Для органических и органоминеральных грунтов ускоренное определение влажности имеет особое значение, так как при повторном взвешивании образца наблюдается увеличение его массы и при этом требуется отследить наименьшую массу, поскольку именно её принимают за конечный результат взвешивания согласно ГОСТ 5180 [18].

Целью данной работы являлось изучение процесса сушки в микроволновых печах для определения влажности органических и органоминеральных грунтов. Задачи включали: обзор отечественных и зарубежных работ, посвященных методикам тестирования влажности грунтов; опробование и лабораторные испытания по определению классификационных показателей состава и физических свойств торфов и заторфованных грунтов, определение и сопоставление их влажности при сушке в микроволновой и конвекционной печи, определение потерь органического вещества после сушки, а также составление кратких рекомендаций по применению микроволновой печи для ускоренной сушки содержащих органику грунтов.

Обзор литературных источников и нормативных документов выявил, что существует довольно много методов получения влажности грунтов [1–14], а в соответствии с действующими нормативами [18] применяется метод сушки в конвекционной печи.

Авторами исследованы грунты, отобранные на территории Томской области и являющиеся типичными для данного региона. В ходе испытаний были проанализированы образцы торфа разной степени разложения, малозольные, древесной, травяной, моховой и травяно-моховой групп, а также заторфованные глины и суглинки. Были определены в соответствии с методиками [1,6,16,18]: влажность (w), степень разложения торфов (D_{dp}), содержание органики (I_r) и влажность на границе раскатывания и текучести (w_L и w_p) органоминеральных грунтов. При лабораторных исследованиях применялись: шкафы – сушильный ШСП–0.25–100 и суховоздушный ШСВЛ–80–Касимов, микроволновые печи – LG мощностью 900 Ватт и Wellton WMO–1700GW с регулируемой мощностью, муфельная печь МИМП–10 УЭ, весы с точностью 0,01 и 0,001 г. Для сопоставления результатов сушки в конвекционной и в микроволновой печи каждый образец грунта делился пополам. В соответствии с методиками [12,18] из каждой части отбирались от 4 до 8 параллельных навесок массой 15–50 г. Из сфагнового торфа были взяты навески по 5–10 г [10], по 15–20 г [12], а также более объемные пробы массой 100–200 г [4] – с целью уменьшить разброс между параллельными определениями

водонасыщенных образцов. Сушка проводилась до получения разности масс грунта с посудой при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г [18]. Время сушки образцов в конвекционной печи соответствовало требованиям нормативов [10,12,18]. Время испытаний в микроволновой печи определялось влажностью и массой образца и составляло от 10 до 30 минут для навески до 50 г и до 1,5 часов для навески в 100–200 г (при мощности излучения ~200 Вт). Интервалы между взвешиваниями подбирались эмпирически с учетом массы навески, влажности, площади испарения, а также инерционностью разогрева микроволновой печи, следствием которого было существенное замедление процесса сушки при интервалах между взвешиваниями менее 1–2 мин. Первое взвешивание образца проводилось через интервалы в 1–2 минуты при массе навески до 50 г и через 3–7 минут для навески более 50 г.

Необходимо отметить особенности процесса сушки органических и органоминеральных грунтов (табл. 1) – это высокая обводненность торфа, длительность процесса и возможные потери органики при высоких температурах. Максимальная влажность (1500–3000 % и более) отмечена у образцов слаборазложившегося мохового и травяно-мохового торфа; средние значения порядка 400–600 % выявлены у сильно- и среднеразложившихся торфов древесной и травяной групп, минимальные значения порядка 25–70 % – у слаботорфованных грунтов, что в целом типично для этих разновидностей. Соответственно, с ростом влажности растет разброс ее значений. При увеличении массы навески от 5 до 20 г разброс несколько уменьшился (табл. 1). При навеске в 100–200 г у мохового торфа с другого объекта также отмечены значительные вариации параллельных определений. Увеличение объема выборки до 8–10 навесок также не улучшило результаты (рис.1, в).

Результаты исследований показали, что разброс значений влажности торфов при сушке в микроволновой печи в большинстве случаев не выше, чем при сушке в конвекционной (табл. 1). И в том, и в другом случае он не соответствует требованиям нормативов к результатам параллельных определений показателя (допустимая разница при влажности более 100% составляет 5% [18], влаги – 1 % [12]). Если у минеральных грунтов отмечается небольшой разброс влажности [4], то, как показала многолетняя практика работы с торфами неосушенных залежей добиться таких же результатов для них не просто. Вариации получаемых значений объясняются неоднородностью состава грунта, неравномерностью распределения органических остатков и минеральных включений, содержанием гумуса, разной волокнистостью, а главное – различной впитывающей и водоудерживающей способностью остатков растений-торфообразователей. Необходимо отметить, что довольно сложно проводить опробование на неосушенных торфяных массивах, также проблематична транспортировка больших проб с сохранением их естественного состояния. Потери влаги при этих процедурах существенно превышают допустимую разницу параллельных определений, поэтому целесообразнее определять показатели физических свойств по одной навеске [10], увеличив количество отбираемых образцов с каждого инженерно-геологического элемента представленного специфическим грунтом до 15–20 штук.

Таблица 1
Результаты определения влажности органических и органоминеральных
грунтов

Название грунта		Масса навески, г	Глубина отбора, м	Влажность, % при сушке в печи					
				микроволновой			конвекционной		
				минимум	максимум	среднее	минимум	максимум	среднее
Органические грунты	Торф слаборазложившийся моховой группы	100– 200	0,2	3125	3255	3188	2412	3327	2994
	Торф слаборазложившийся моховой группы	15–20	1,0	2253	2794	2527	2390	3003	2761
		5–10	1,0	2200	2754	2513	2250	3063	2816
	Торф среднеразложившийся травяной группы	15–50	1,0	603	617	609	574	598	587
	Торф сильноразложившийся древесной группы	15–50	1,0	353	464	397	369	485	416
	Торф слаборазложившийся травяно-моховой группы	15–50	1,0	1925	2333	2097	2340	2506	2447
	Торф слаборазложившийся травяно-моховой группы	15–50	3,0	1443	1506	1464	1465	1966	1762
Торф сильноразложившийся древесно-травяной группы	15–50	1,0	394	402	398	416	438	428	
Органо- неральные грунты	Глина мягкопластичная слабозаторфованная	15–50	2,0	56	60	58	58	61	60
	Суглинок текучепластичный слабозаторфованный	15–50	4,5	29	31	30	27	30	29

Проведенные испытания позволили составить краткие рекомендации по методике определения влажности с применением СВЧ-печей для содержащих органику грунтов.

Применение микроволновой печи исключает использование металлической посуды, непроницаемой для микроволн и способной привести к короткому замыканию. Для сушки сильноразложившихся торфов, органических высокозольных и органоминеральных связных грунтов рекомендуются фарфоровые или керамические контейнеры, выдерживающие сильные перепады температур. Пластиковая посуда для них не пригодна, поскольку за счет сильного разогрева на завершающих этапах сушки она плавится. Для слаборазложившихся водонасыщенных торфов подходят бытовые пластиковые контейнеры. При установке мощности печи более 200W рекомендуется использовать исключительно фарфоровую посуду.

Оптимальная мощность нагрева печи для сушки органических грунтов составляет 200–500 Вт (для небольших навесок рекомендуется меньшая мощность, чтобы соблюдать баланс между оптимальной скоростью сушки и нагревом образцов).

Оптимальная масса навески определяется исходной влажностью грунта и находится в интервале от 15–50 г для средне-, сильноразложившихся торфов и органоминеральных грунтов; навески массой до 100–200 г рекомендуются для

слаборазложившихся торфов моховой группы, торфов разной степени волокнистости или с крупными остатками растений-торфообразователей.

4. Для уменьшения разброса значений влажности желательнее соблюдать баланс между массой грунта и числом проб в печи. В случае анализа средне-, и сильноразложившихся торфов, заторфованных грунтов рекомендуются образцы массой 15–50 г с числом проб от 3 до 6 штук. Для слаборазложившихся водонасыщенных торфов рекомендуется использовать навески массой более 100 г при числе проб не более 2–3 штук. При массовых определениях влажности целесообразнее применять ускоренный метод согласно [12].

5. Время сушки навесок торфа массой более 100 г – 30–40 минут, массой 30–50 г (и для заторфованных грунтов) – 10–15 минут, массой 5–10 г – 3–5 минут. Интервалы между повторными взвешиваниями для навесок массой более 50 г порядка 3–5 минут и 1–2 минуты для навесок более 5–10 г и для слабозаторфованных грунтов.

6. Интенсифицировать процесс сушки возможно за счет увеличения площади испарения испытываемых образцов путём раскатки их тонким слоем и нанесения на поверхности борозд с использованием шпателя, а также путем их перемешивания при повторных взвешиваниях.

Таким образом, результаты исследования подтвердили, что бытовые микроволновые печи являются эффективным средством для быстрого определения влажности органических и органоминеральных грунтов, поскольку тестирование проводится в более короткие сроки, и полученные данные не менее точны, чем при использовании сушильных шкафов. Прокаливание грунтов при разных температурах после тестирования на влажность показало, что потери органики также сопоставимы. Положительным моментом работы является то, что при сушке в СВЧ вес образца не увеличивается при повторных взвешиваниях, что повышает точность определений влажности. Авторы надеются, что предложенные рекомендации позволят шире использовать недорогую технику при инженерно-геологических изысканиях.

Литература

1. ASTM D 1558 – 10. Standard Test Method For Moisture Content Penetration Resistance Relationships Of Finraind Soils.
2. ASTM D 2216–10. Standard Test Methods For Laboratory Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil And Rock By Mass.
3. ASTM D 2974–14 Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
4. ASTM D 4643–08. Standard Test Method for Determination of Water (Moisture) Content of Soil by Microwave Oven Heating.
5. ASTM D 4944–11. Standard Test Method For Field Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil By The Calcium Carbide Gas Pressure Tester.
6. ASTM D425–88(2008) Standard Test Method for Centrifuge Moisture Equivalent of Soils.
7. ASTM D6938–10 Standard Test Method for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth).
8. Device Comparison for Determining Field Soil Moisture Content Ernest S. Berney IV, James D. Kyzar, and Lawrence O. Oyelami Geotechnical and Structures Laboratory U.S. Army Engineer Research and Development Center 3909 Halls Ferry Road Vicksburg, MS 39180–6199.
9. Marcos, E., R. Tarrega and E. Luis: Changes in a humic cambisol heated (100–500oC) under laboratory conditions: The significance of heatingtime. *Geoderma*, 138, 237–243 (2007).
10. ГОСТ 11305–2013 Торф. Методы определения влаги.
11. ГОСТ 11306–2013 Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности
12. ГОСТ 19723–74 Торф. Метод определения содержания влаги в залежи.
13. ГОСТ 23061–2012 Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности.

14. ГОСТ 26213–91 Почвы. Методы определения органического вещества.
15. ГОСТ 27784–88. Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
16. ГОСТ 30416–2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
17. ГОСТ 30672–2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения.
18. ГОСТ 5180–84 Грунты методы лабораторного определения физических характеристик.
19. Крамаренко В. В. , Никитенков А. Н. , Молоков В. Ю. О применимости СВЧ-метода для определения влажности песчаных грунтов // Современные проблемы науки и образования. – 2015 – №. 1. – С. 1–12.
20. <http://www.science-education.ru/121-18451>. Барсуков В.Л., Борисов М.В. Модели растворения урана в природных водах разного состава. // Геохимия. – 2003. – № 1. - С. 43–69.

ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СТРОЯЩЕГОСЯ ГОРОДА ИННОПОЛИС (ТАТАРСТАН)

А.И. Латыпов, Н.И. Жаркова, И.С. Нуриев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г.Казань, Россия, E-mail: airatlat@mail.ru

Аннотация. В работе отражены основные результаты изучения оползневой опасности на территории города Иннополис, включающие полевые и лабораторные исследования, оценку степени устойчивости склонов. Выполнен региональный краткосрочный прогноз оползневой опасности с использованием цифровой модели геологической среды с применением метода инженерно-геологической аналогии: проведено инженерно-геологическое районирование; с использованием эталонных участков рассчитаны критические значения уклонов поверхности для выделенных типов грунтовых толщ и разных режимов влажности; выполнена экстраполяция полученных данных с последующей верификацией и коррекцией прогноза. На основе выполненного прогноза обосновано создание наблюдательной сети за склоновыми процессами.

Abstract. The paper reflects the main results of exploring the landslide hazard threatening of the Innopolis city territory, including a field and laboratory studies, assessment of the slope stability. A regional short-term landslide hazard forecast was performed using a digital model of geological medium and the method of engineering-geological analogy: an engineering-geological zoning was conducted; using data from standard areas, the critical values of surface slopes were calculated for the identified types of soils and different types of humidity; the obtained data was extrapolated, verified and corrected. On the basis of the forecast, the creation of a network monitoring for slope processes is proved.

В настоящее время идёт активное освоение приустьевой части р. Свияги, расположенной в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан: начиная с 2005 г. здесь создан и постоянно реконструируется уникальный горнолыжный спортивно-оздоровительный комплекс (ГСОК) «Казань», летом 2012 г началось строительство нового города – IT-центра с разветвленной бизнес-инфраструктурой (технопарки, центры разработок и т.д.) – Иннополиса.

Несмотря на удачное расположение Иннополиса и ГСОК (близость г. Казани и трассы М-7), исследуемая территория характеризуется весьма сложными инженерно-геологическими условиями. Наличие мощной толщи глинистых грунтов (природных и техногенных), сложные гидрогеологические условия, а также большая расчленённость рельефа (склоны р.Свияги и многочисленных овражно-балочных систем) преопределили развитие здесь склоновых процессов.

В 2012 году на основании договора с Министерством экологии и природных ресурсов Республики Татарстан Казанский (Приволжский) федеральный университет выполнил работу по комплексной оценке оползневой опасности [1], необходимой для создания условий безопасной эксплуатации территории

строящегося города «Иннополис» и горнолыжного спортивно-оздоровительного комплекса «Казань».

Основные этапы выполненной работы заключаются в следующем.

1. *Сбор, обобщение и анализ опубликованного и фондового материалов.* В рамках работы были изучены различные источники информации прошлых лет, такие как отчеты о поисковых региональных работах, гидрогеологические отчеты по оценке запасов подземных вод, геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемок, геологические карты четвертичных отложений, и др. Учитывая незастроенность территории города Иннополис, каких-либо отчетов о детальных инженерно-геологических изысканиях обнаружено не было. Исключение составлял участок расположения ГСОК «Казань», для которого были изучены 46 отчетов об инженерных изысканиях, выполненными ГУП РТ «Татинвестгражданпроект» в период с 2002 по 2008 гг.

2. *Дешифрирование аэро- и космоматериалов.* Данный вид работ был выполнен сотрудниками ГУП «НПО Геоцентр РТ» с использованием программного обеспечения Erdas Imagine, ArcGIS, MapInfo. Несмотря на наличие большого числа космоснимков на исследуемую территорию, необходимым качеством обладали лишь снимки 2005, 2011 и 2013 гг., поэтому инженерно-геологическое дешифрирование было выполнено лишь за этот период. Общая площадь дешифрирования составила 21 км². Это позволило выполнить сравнительный анализ динамики развития оползневых процессов в пределах изучаемой территории за период 2005-2013 гг.

3. *Визуальное обследование территории для оценки условий проявления оползневых процессов.* Визуальное маршрутное обследование осуществлялось вдоль элементов эрозионной и гидрографической сети (склоны реки Свияги и ручья Морквашка, склоны многочисленных овражно-балочных систем), поскольку именно на таких участках, как правило, развиваются гравитационные процессы. На 1 км маршрута в пределах склонов террас, берегов рек и эрозионных систем было запланировано не менее 10 точек наблюдений, в пределах водоразделов и пологих склонов, а также на прилегающей территории – 4 точки наблюдения.

Для каждого оползнеопасного участка был составлен паспорт участка, включающий сведения о геолого-геоморфологическом описании склонов (высота, крутизна, форма, экспозиция, генезис), характер границ оползневых тел, тип и подтип оползней, их свежесть, фаза оползневого процесса, тип поверхности скольжения, производились измерения геометрических параметров оползневых тел (ширина, длина, глубина заложения, амплитуда смещения), выявлялись основные причины оползания.

Помимо описания склонов и склоновых процессов в ходе проведения маршрутных работ документировались естественные и искусственные выходы горных пород. Особое внимание уделялось четвертичным отложениям (как правило, доминирующим в составе оползневых тел) и техногенным грунтам: по ряду прямых и косвенных признаков определялся возраст и генезис пород, оценивалась мощность отложений, определялись структурно-текстурные особенности (гранулометрический состав, размер и количество грубообломочной фракции (для глинистых грунтов), тип и количество заполнителя, петрографический состав обломков, степень их окатанности (для грубообломочных грунтов). Также в полевых условиях визуально оценивалась консистенция и степень заполнения пор водой у глинистых и крупнообломочных грунтов соответственно. Для техногенных грунтов на качественном уровне оценивалась плотность, по возможности устанавливался возраст насыпи [2].

Все расположенные на исследуемой территории здания и сооружения были обследованы на предмет наличия деформаций, свидетельствующих о развитии оползневых процессов (трещины, перекосы дверных и оконных проемов, отклонения от вертикали и т.п.).

Всего за полевой период было выполнено 14 маршрутов (364 точки наблюдения, суммарная протяжённость - 53 км).

4. Проведение комплексного изучения геологического строения коренных пород и оползневых тел, с установлением их контуров, состава, строения и физико-механических свойств грунтов на наиболее динамичных и опасных участках развития оползневых процессов. На выявленных в ходе маршрутного наблюдения оползнеопасных участках были выполнены геодезические работы по созданию топографической основы, в том числе с помощью аэро- фотосъемки. Затем, для построения опорных разрезов в наиболее характерных местах (оползневые депрессии, осевые полосы крупных оползней, межоползневые гребни, наиболее крупные и типичные для района другие формы рельефа) были пройдены горные выработки (скважины и шурфы) со сплошным отбором монолитов грунта (326 шт.) и проб воды (20 шт.).

Дополнительно для уточнения границ оползневых тел и инженерно-геологических элементов, положения границы скольжения, уровня грунтовых вод в пределах исследуемых участков был выполнен комплекс геофизических работ, таких как ВЭЗ (с помощью 4-х электродной установки AMNB) и георадиолокационная съемка (георадаром «ProEx, MALA GeoScienceinc») [3,4].

Определение физико-механических характеристик свойств грунтов и химического анализа проб воды были выполнены в лабораториях грунтоведения и механики грунтов Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ. Деформационные и прочностные свойства грунтов определялись с помощью Измерительно-вычислительного комплекса АСИС НПП «Геотек» в компрессионных и сдвиговых приборах. Определение коэффициента фильтрации было выполнено на образцах ненарушенного сложения цилиндрической формы диаметром 100 мм высотой 65 мм на фильтрационной установке Wille Geotechnik D 3325S.

5. Оценка степени устойчивости оползнеопасных склонов с использованием новейших отечественных и зарубежных методик. В результате совместного анализа данных визуальных наблюдений, геодезических измерений, рельефа были заложены и построены 19 расчетных створов на территории г. Иннополис и 10 расчетных створов на территории ГСОК «Казань» на так называемых эталонных участках, под которыми понимаются выделенные при маршрутном обследовании, с одной стороны, потенциально оползнеопасные склоны с геометрической и геологической точек зрения, с другой стороны, расположенные в черте или непосредственной близости от проектируемых и существующих зданий и сооружений.

Расчет устойчивости был выполнен с помощью программного комплекса GEO 5 FINE. В результате для каждого расчетного створа были получены наиболее вероятные поверхности скольжения и значения коэффициентов устойчивости в природном состоянии, а также при прогнозном водонасыщении [5].

6. Выполнение краткосрочного прогноза развития оползневых процессов под действием природных и техногенных факторов. После оценки устойчивости склонов на эталонных участках и экстраполяции полученных результатов на всю территорию (с предварительным определением критических значений уклонов поверхности для двух режимов влажности грунтовых толщ) на базе карт уклонов и типов грунтовых толщ, с учётом гидрогеологических и гидрологических условий

склонов было проведено инженерно-геологическое районирование территории для прогнозирования оползневой опасности с использованием цифровой модели геологической среды. Затем была проведена верификация и последующая коррекция полученных результатов с использованием данных дешифрирования космических снимков, сезонных инструментальных геодезических измерений, а также детальной инженерно-геологической съёмки (использовалась информация о стадии оползневого процесса). Итогом явилась детальная инженерно-геологическая карта с элементами прогноза.

7. *Разработка перечня первоочередных и долгосрочных противооползневых мероприятий для снижения негативного воздействия оползневых процессов.* На основании выполненного прогноза развития оползневых процессов были разработаны первоочередные (механическое закрепление склонов с помощью массивных подпорных стенок, шпунтового ограждения, анкерного крепления, инъекционных завес, упорных валов их грунта, террасирование, выполаживание склона, съём оползневых масс) и долгосрочные (водоотводные и дренажные мероприятия, посадка растительности, армирование поверхности склона геосинтетическими сетками и каркасами) противооползневые мероприятия, направленные на снижение геологического риска.

8. *Обоснование и создание наблюдательной сети за склоновыми процессами на территории г. Иннополис и ГСОК «Казань».* На территории г. Иннополис обосновано создание наблюдательной сети, выделены 9 наблюдательных участков (с учётом территории ГСОК), заложены 10 грунтовых реперов, рекомендованы инструментальные геодезические наблюдения и дистанционные методы. Предложена программа дооснащения наблюдательных участков гидрогеологическими и инклинометрическими скважинами, настенными марками и грунтовыми реперами. В будущем рекомендовано использование космической съёмки в инфракрасном спектре и SAR-мониторинг.

По результатам работ составлены детальные карты (1:10000): карта фактического материала, инженерно-геологическая карта с элементами прогноза развития склоновых процессов; крупномасштабные карты (1:25000): геолого-гидрогеологическая, четвертичных отложений, типов грунтовых толщ, развития склоновых процессов, схема организации мониторинга склоновых процессов; сформирована электронная база данных об условиях распространения и формирования склоновых и эрозионных процессов, фактах их воздействия на хозяйственные объекты.

Полученные результаты направлены на обеспечение органов управления, занимающихся природоохранной деятельностью и экологической безопасностью на территории Верхнеуслонского района РТ информацией, необходимой для разработки стратегии устойчивого развития г.Иннополис и ГСОК «Казань», снижения рисков, исключения возможных ущербов. Исследования позволяют также корректировать градостроительную политику и направленность проектирования и изыскания под гражданское и промышленное строительство.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

1. Жаркова Н.И., Латыпов А.И. Комплексная оценка оползневой опасности на территории строящегося города-спутника Казани "Иннополис" и горнолыжного спортивно-оздоровительного

- комплекса "Казань", ФГАОУ ВПО КФУ, 2013 г, инв. № 2168, Территориальный фонд геологической информации по Приволжскому федеральному округу Российской Федерации».
2. Латыпов А.И., Жаркова Н.И. Оценка оползневой опасности на территории строящегося города Иннополис (Татарстан) для организации системы геодинамического мониторинга // Инженерные изыскания, №10-11, 2013. – с.56-59.
 3. Zharkova N., Latypov A. Regularities of slope processes forming on the "Kazan" ski complex area (Russia), 14th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Albena, Bulgaria, 2014, pp.755-759.
 4. Жаркова Н.И., Латыпов А.И. Закономерности формирования склоновых процессов на территории горнолыжного комплекса "Казань" // "Сергеевские чтения. Развитие научных идей академика Е.М.Сергеева на современном этапе". Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (21марта 2014г.)- М.: РУДН, 2014.-с.269-273.
 5. Латыпов А.И., Жаркова Н.И., Нуриев И.С., Черныйчук Г.А. Моделирование развития оползневых процессов для прогноза оползневой опасности на территории горнолыжного комплекса "Казань" и г. Иннополис/ Учёные записки Казанского университета, серия "Естественные науки", Т. 156, Книга 1, 2014, с. 148-162.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДОВ (НА ПРИМЕРЕ Г. КЕМЕРОВО)

А.В. Леонова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,
e-mail: avleonova@tpu.ru*

Аннотация. Актуальность работы обусловлена тем, на территории г. Кемерово активно ведется новое строительство, растет плотность и этажность застройки, в результате чего широко развиваются неблагоприятные геологические процессы, такие как эрозия, заболачивание, просадка и подтопление. Все эти процессы могут приводить к деформациям зданий и сооружений, а возможно и их разрушению.

Abstract. Relevance of the work due to the fact, in the city of Kemerovo actively being new construction, increasing the density and number of storey's of buildings, resulting in widely developed adverse geological processes such as erosion, waterlogging, subsidence and flooding. Prolonged exposure to flooding in the area inevitably leads to deformations of buildings and structures, and possibly their destruction.

На территориях современных городов всё более часто создаются благоприятные условия для развития опасных геологических процессов, таких как оползни, овраги, морозные процессы и многие другие. В числе прочих неблагоприятных геологических и инженерно-геологических процессов можно назвать и подтопление территорий, которое, в последнее время, приобретает масштабный характер. Подтопление является неприятным процессом само по себе, поскольку в результате мы можем получить подтопленные подвалы и неблагоприятное изменение свойств грунтов. Подтопленными могут оказаться свалки, выгребные ямы и т.д. и тогда мы получим химическое загрязнение подземных вод. Но, кроме того, подтопление может спровоцировать развитие геологических процессов, связанных с деятельностью подземных вод, таких как просадка, набухание.

Как правило, подтопление территорий городов носит техногенный характер. Оно возникает и развивается в результате нарушения сложившегося природного равновесия водного баланса территории. Эти нарушения возникают в результате хозяйственной деятельности человека и на застраиваемых территориях обычно

развиваются в две стадии при строительстве и эксплуатации. Техногенное подтопление получило широкое развитие в последние годы, предстоит много сделать по изучению и разработке мероприятий по его предотвращению [1].

Город Кемерово является административным центром Кузбасса (рис. 1). На территории города интенсивно ведется новое строительство, в том числе, высотное, и активно осваивается подземное пространство. При увеличении плотности застройки и повышении уровня ответственности возводимых зданий важнейшими задачами являются обеспечение их безопасности, социального и экологического комфорта для жителей, а также достижение максимальной экономической эффективности градостроительных мероприятий. Постоянный рост объемов инженерно-геологических изысканий и, как следствие, увеличение объема инженерно-геологической информации делают актуальной задачу систематизации и анализа инженерно-геологических материалов прошлых лет, их использование для проведения текущих работ, построения прогнозных карт, ведения мониторинга опасных геологических процессов для целей градостроительства [3].

Нам бы хотелось рассмотреть развитие неблагоприятных геологических процессов территории г. Кемерово на примере участка строительства Кузбасского технопарка.



Рис. 1. Границы и районы г. Кемерово

В административном отношении площадка проектируемого строительства центра трансфера технологий с выставочным залом расположена в Рудничном районе г. Кемерово, в квартале улиц Институтская, Терешковой и Сосновой [2].

Территория, отведенная под строительство объекта, в основном свободна от капитальных строений, но осложнена наличием множества подземных магистральных коммуникаций (теплотрасса, водовод, канализация), а также навалами грунта и искусственными выемками. В западной части площадки имеются частные гаражи и отдельные здания.

В геоморфологическом отношении участок изысканий расположен в пределах коренного правобережного склона р. Томь. Общее понижение рельефа наблюдается к юго-востоку, абсолютные отметки поверхности

земли составляют 223-228 м [2]. По результатам ранее выполненных изысканий инженерно-геологический разрез до глубины 10,0 м представлен следующими грунтами (сверху – вниз): элювиальные глины и суглинки твердой консистенции с включениями дресвы и щебня осадочных пород (плотность грунта $\rho=2,0-2,17$ г/см³, пористость $n = 0,4-0,73$ д.е., модуль деформации $E = 25$ МПа), дресвяно-щебенистыми элювиальными грунтами (обломочная зона коры выветривания; плотность грунта $\rho=2,15$ г/см³, модуль деформации $E = 30$ МПа) и песчаником на глинистом цементе (глыбовая зона коры выветривания; плотность грунта $\rho=2,35$ г/см³, модуль деформации $E = 50$ МПа, угол внутреннего трения $\phi = 45$ град.).

Подземные воды на период изысканий, выполненных ООО «Геотехника» (декабрь 2009 г., июль 2010 г., март 2011г.) до глубины 10,0 м не встречены [2].

При изысканиях, проведенных в ноябре и мае 2012 г., были встречены подземные воды типа «верховодка» в северной части территории изысканий. Глубина залегания верховодки изменяется в пределах 2,3-4,2 м (рис. 2). Данный горизонт представляет собой купол растекания подземных вод на участке с наиболее интенсивным питанием техногенными водами. Формирование купола растекания водоносного горизонта типа «верховодка» происходит на плотных слоях нижней части элювия (eQ_{II}), обладающих низкими фильтрационными характеристиками – коэффициент фильтрации $K_f = 0,001$ м/сут. Режим грунтовых вод неустойчивый, что характерно для горизонтов техногенного питания, прогнозируемая амплитуда колебания уровня грунтовых вод в годовом цикле – в пределах 1,0-1,5 м. Максимум положения подземных вод приходится на май–июнь. По химическому составу подземные воды сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные, кальциево-натриевые. Химический состав характеризуется повышенным содержанием нитратов, хлоридов, сульфатов и аммония, что характерно при наличии источников техногенного питания [4].



Рис. 2. Литологическая колонка (на 2012 г.)

При изысканиях, проведенных в феврале 2013 г. уровень подземных вод зафиксирован на отдельных участках на глубинах 5,2–6,2м от поверхности земли, что соответствует абсолютным отметкам 219,45–221,00м. Подземные воды имеют спорадическое, локальное распространение и представляют собой купол растекания на участке с наиболее интенсивным питанием техногенными водами в сочетании с наиболее ослабленными зонами грунтов коры выветривания. Техногенное происхождение воды косвенно подтверждается результатами химического анализа (по показателям гидрокарбонатов, нитратов, нитритов). Режим подземных вод неустойчивый и определяется количеством техногенных водопотерь и инфильтрацией атмосферных осадков. По результатам специальных гидрогеологических работ, выполненных на территории технопарка, подземные воды верхнего водоносного горизонта «верховодки» также характеризуются специфическим техногенным загрязнением [5].

Мы видим, что в течение нескольких лет существенно изменились гидрогеологические условия участка строительства. Если в начале изысканий в 2009 г. подземные воды до глубины 10 м не были встречены, то в 2012 и 2013 гг. подземные воды появились и есть признаки, позволяющие считать, что их возникновение носит техногенный характер. Появление подземных вод приводит к увеличению влажности подвальных помещений и первых этажей зданий, подтоплению фундаментов и подвалов. В результате увлажнения меняются физико-механические свойства грунтов, уменьшается их устойчивость, может начаться развитие неблагоприятных геологических процессов, что также негативно скажется на устойчивости зданий. Поэтому важным направлением работы является оценка влияния экзогенных геологических процессов (ЭГП) на городскую территорию, что, в свою очередь необходимо для принятия решения по выбору площадки для строительства с точки зрения технико-экономического обоснования строительства. Целесообразным считаем применение ГИС-технологий для оценки опасных геологических процессов. Это требует не только создания четкой системы ввода, организации и хранения данных, получаемых в ходе инженерно-геологических изысканий, но и глубокого понимания особенностей развития процессов, характерных для исследуемой территории.

Литература

1. <http://www.gosthelp.ru/text/PosobieKSNiP2061585Progno.html> Пособие к СНиП 2.06.15-85 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях
2. Отчет о производстве инженерно-геологических изысканий на объекте: «Кузбасский технопарк в г. Кемерово (площадка №1). Производственно-лабораторный корпус «Экология и природопользование». Шифр 29-11, 2011 г.
3. Соколова, Ираида Александровна. Оценка карстовой опасности в Заречной части Нижнего Новгорода с применением ГИС-технологий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. ОАО «ПНИИИС», 2010 г., г. Москва.
4. Технический отчет по гидрогеологическим работам. Объект: «Корректировка проекта планировки территории с целью выделения 1-го этапа освоения площадки по строительству объектов Кузбасского технопарка в Кемеровской области (площадка №1) г. Кемерово». Шифр 280-2012 г.
5. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Объект: «Строительство объектов Кузбасского технопарка в Кемеровской области (площадка №1). Центр трансфера технологий с выставочным залом» Шифр 02-2013.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТОВ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Г. Мухина

ЗАО "ПИРС", Омск, Россия, E-mail: eremenko_irina@mail.ru

Аннотация. Приводятся новые материалы по составу и физико-механическим свойствам покровных отложений. Проведена статистическая обработка данных. С привлечением геоструктурных, химических и физико-механических данных рассматриваются особенности этих отложений.

Abstract. The paper contains new material on the composition and physico-mechanical properties of sediments. The paper presents statistical processing of data, which involve a structural, chemical and physical-mechanical data of these deposits.

Согласно схеме физико-географического районирования Омская область расположена на юге обширной Западно-Сибирской равнины.

Лессовые породы в пределах Западно-Сибирской плиты развиты в целом достаточно широко. Однако особенности их площадного распространения неодинаковы в разных ее частях. В северных районах они практически отсутствуют. В центральной части лессовые породы развиты в основном в пределах возвышенных, хорошо дренированных районов и имеют сплошное распространение непосредственно вдоль присклоновых, особенно подмываемых реками, участков междуречных равнин и террас. В южной ее части, где и находится Омская область, лессовые породы имеют широкое распространение, а во многих районах сплошное распространение.

Разберем характеристики и особенности лессовых грунтов непосредственно Омской области. Омская область входит в состав Прииртышской равнины, формирование которой происходило в неогеновое время при некоторой моделировке в четвертичное время. Однообразный рельеф на отдельных участках нарушается понижениями плоских западин, древних ложбин стока, озерными котловинами, гривами и увалами. Равнинность территории обусловлена особенностями геологического строения Западно-Сибирской равнины, в основании которой на глубинах от нескольких сот метров до четырех километров и более лежит фундамент, сложенный древними магматическими (граниты, диабазы) и перекрывающими их метаморфическими (гнейсы, сланцы) толщами, смятыми в складки и разбитыми тектоническими разломами на блоки. На этом фундаменте залегает мощная осадочная толща мезо-кайнозойских отложений (глины, пески, алевриты и др.). В четвертичный период мощные ледники неоднократно перекрывали долины палеорек, текущих на север к океану, способствовали образованию обширных озерных систем и накоплению осадочных толщ. По геоморфологическим условиям Омская область делится на 8 геоморфологических областей и 3 района.

В геологическом строении области принимают участие разновозрастные образования. Наибольшее значение с инженерно-геологической точки зрения имеют лессовые отложения. Омская область, находится на территории практически сплошного распространения лессовых толщ (просадочные при дополнительном давлении 0,3 МПа). Они сплошным плащом покрывают междуречья, склоны и речные террасы. Во всех без исключения районах Омской области лессовые породы занимают покровное положение в геологическом разрезе.

Их мощность различна и в целом возрастает в южном и юго-восточном направлениях.

Лессовые породы Омской области разновозрастные. Они являются рельефообразующим комплексом в разрезе различных геоморфологических элементов, начиная от второй (на юге местами первой) надпойменной террасы и кончая различными по своему возрасту (QIII, QII, QI и др.) и генезису междуречными равнинами.

В основу характеристики лессовых пород положен анализ по инженерным изысканиям организаций, работающих в Омской области за последние 11 лет. Среди лессовых отложений Омской области развиты как просадочные так и не просадочные разности. Просадочные условия как уже раньше говорилось и видно из рис 1 - I типа (просадка от дополнительной нагрузки, а от собственного веса не превышает 5 см). Величина относительной просадочности при нагрузке 0,3 МПа 0-0,10 МПа. Мощность просадочной толщи лессовых отложений изменяется от 5 до 7 м.

Гранулометрический состав лессовых отложений области почти во всех случаях характеризуется преобладанием пылевой (55-70) и глинистой (12-30%) фракций. С глубиной содержание пылевой фракции уменьшается.

Глинистая фракция вниз по разрезу испытывает качественные изменения минерального состава. В покровных отложениях состав ее представлен хлоритом, гидрослюдой и незначительной примесью смешаннослойных образований хлорит-гидрослюда-монтмориллонитового типа. Содержание монтмориллонита с глубиной постепенно возрастает, а хлорита и гидрослюды уменьшается. Ниже 5-7 метров чистый хлорит обычно отсутствует, гидрослюда присутствует в незначительном количестве, основной фон составляют смешаннослойные образования гидрослюда-монтмориллонитового типа и монтмориллонит.

В специфике количественного и качественного изменения кластогенных и высокодисперсных минералов вниз по разрезу четко выражена направленность гипергенных преобразований лессовых отложений, приводящая к изменению не только их минерального состава, но и структурных особенностей. Так, с глубиной (ниже 10-12 м) суммарное содержание крупных и межчастичных пор уменьшается от 49 до 14%.

Важной текстурной особенностью являются *макропоры*, размеры которых достигают более 1 мм в диаметре.

Природная влажность лессовых пород - один из важнейших показателей, определяющих их просадочность, колеблется в больших пределах от 6 до 31%, увеличиваясь с глубиной. Величина ее зависит от характера рельефа, количественного содержания и минерального состава глинистой фракции. Наибольшие расхождения влажности пород приурочены к верхней части толщи (до 4 м) ниже это глубины отмечаются незначительные ее колебания, которые редко превышают 2% с понижением на 1м.

Таблица 1

Физико-механические свойства лессовых пород Омской области

Литологическая разновидность	W, %	W _L , %	W _p , %	I _p , %	ρ _s , %	ρ, %	ρ _d , %	E, МПа	φ, градус	C, МПа
Супеси, суглинки легкие	7-12	25-26	19-22	4-9	2,68-2,70	1,53-1,75	1,36-1,56	6,2-10,0	22-27	0,015-0,033

Плотность сухого грунта изменяется незначительно и составляет для лессовых разностей 2,68-2,72 г/см³. Значение показателя плотности грунта с глубиной закономерно увеличивается и варьирует от 1,55-2,05 г/см³, для просадочных разностей она колеблется от 1,55 до 1,71 г/см³. Данные о показателях физико-механических свойств приведены в таблице 1, они свидетельствуют, что с глубиной модуль деформации и удельное сцепление увеличиваются, а угол внутреннего трения уменьшается.

Мощность просадочной толщи достигает 12 метров, увеличиваясь с северо-запада на юго-восток. Во всех районах области начальное просадочное давление возрастает вниз по разрезу, а относительная деформация просадочности ε_{sl} уменьшается (таб. 2).

К толще лессовых пород Омской области приурочены современные геологические процессы. Денудационный снос в течении года составляет около 1 кг минерального вещества с 1м³. Основной путь миграции продуктов выветривания – речная система рек Иртыша и Оби. Денудационный снос имеет тенденцию к

возрастанию. Причиной этому является вырубка лесов, распашка целинных земель. Так же развито оврагообразование.

Таблица 2

Характеристики просадочности грунтов

Литологическая разновидность	Возраст	Интервал глубин, м	Относительная просадочность при нагрузках кгс/см ²						Начальное просадочное давление, МПа
			0,5	1	1,5	2	2,5	3	
Супеси	Покровные отложения	0,7- 2,5	0,003- 0,012	0,008- 0,016	0,014- 0,020	0,018- 0,024	0,020- 0,026	0,023- 0,029	0,05- 0,13
Суглинки	Покровные отложения	0,3- 2,5	0,005- 0,032	0,014- 0,063	0,023- 0,086	0,030- 0,110	0,035- 0,132	0,041- 0,154	0,02- 0,08
Глины	Покровные отложения	0,3- 3,0	0,003- 0,009	0,005- 0,016	0,009- 0,025	0,012- 0,034	0,015- 0,044	0,018- 0,054	0,06- 0,17

При проектировании оснований, сложенных просадочными грунтами, следует учитывать возможность повышения их влажности за счет: 1. замачивания грунтов - сверху из внешних источников и (или) снизу при подъеме уровня подземных вод; 2. постепенного накопления влаги в грунте вследствие инфильтрации поверхностных вод и экранирования поверхности. Для устранения просадочных свойств грунтов в проектировании есть много способов, в Омской области широко используются два. В пределах верхней зоны или ее части: 1. Уплотнение тяжелыми трамбовками; устройство грунтовых подушек. В пределах всей просадочной толщи 2. Прорезание сваей всей просадочной толщи.

Из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что в пределах Омской области проблема просадки является актуальной. Она проявляется повсюду, где имеют место покровные субаэральные лессовые породы верхнечетвертичного возраста, которые занимают покровное положение по всей площади. Поэтому необходимо качественно проводить инженерно-геологические изыскания и соблюдать все рекомендации по строительству и режиму эксплуатации сооружения.

Литература

1. Мазуров Г.П. Формирование состава и свойств грунтов в субарктической зоне под воздействием криогенных процессов / Сб. Доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной Ассоциации инженеров геологов. М., 1970. С.118-124.
2. Сергеев Е.М, Минервин А.В. Сущность процесса облессования в подзолистой зоне / Вестник МГУ, 1960. №3. С.
3. Лессовые породы СССР. Под ред. Е.М. Сергеева, А.К. Ларионова, Н.Н. Комиссаровой. М.: Недра. 1986. т.2. С.53-84.

ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ СОЮЗНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАФИТА В ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

В.Е. Ольховатенко, Е.Г. Прянишников

*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия,
E-mail: igg@tsuab.ru*

Аннотация. Рассмотрены инженерно-геологические условия разработки открытым способом месторождения графита, выполнены расчёты устойчивости бортов карьеров и даны рекомендации по обеспечению геоэкологической безопасности.

Abstract. Geological-engineering conditions of open cast mining of graphite's deposits are considered here. Calculation of the stability of opencast walls is made and recommendations for geoeological safety.

На разработку месторождения графита будут оказывать влияние как природные, так и техноприродные факторы. К первой группе относятся особенности геологического строения, тектоника, сейсмичность. Ко второй группе относятся технология разработки месторождения, применение мощной горнодобывающей техники.

В тектоническом отношении, согласно карте тектонического районирования Еврейской автономной, области исследуемая территория приурочена к тектоническим структурам Буреинского массива, позднерифейско-раннекембрийского Кимканского наложенного прогиба. Эта зона характеризуется выходами фрагментов структур деформированного чехла и ограничена выступами Восточнобуреинского гранитизированного фундамента. С востока и юго-востока участок изысканий граничит с зоной неотектонических структур.

Разрывные нарушения на участке работ распространены довольно широко. Они приурочены к пограничным поверхностям толщ разного литологического состава и возраста, перегибам крыльев и шарниров складок. Разрывные нарушения представляют собой сбросы и надвиги. В основном нарушения продольные.

Главный фактор сейсмической активности региона, где расположен участок изысканий, наличие разлома Тан-Лу - Курский. Это единая система глубинных разрывных нарушений докембрийского заложения, активизированных в мезо-кайнозойское время и образующих в плане единую тектоническую линеаментную зону северо-восточного простираения шириной 30-40 км и длиной 3250 км. Он состоит из двух субпараллельных разрывов, один из которых наблюдается вдоль юго-восточного подножия хребтов Помпеевский и Шуши-Поктой. Тан-Лу - Курский разлом представляет собой мощную сейсмоактивную зону, в пределах которой фиксируются сильные коровые землетрясения, достигающие катастрофической величины (11-12 баллов, $M=8,5$). Но на территории Дальнего Востока к нему приурочены эпицентры землетрясений с магнитудой лишь около 9 баллов.

В геологическом строении территория предполагаемого строительства карьера принимают участие четвертичные отложения, метаморфические и магматические породы палеозойского возраста. Физико-механические свойства грунтов четвертичного возраста достаточно подробно освещается в отчете по инженерным изысканиям. В связи с незначительной мощностью четвертичных отложений существенного влияния на устойчивость бортов карьеров они оказывать не будут.

Наибольшее влияние будут оказывать породы метаморфического и магматического комплексов.

Литологически метаморфические породы представлены мелкозернистыми кварцитовидными, гнейсовыми, кварцито-полевошпатовыми сланцами, метаморфизованными известняками и амфиболитами. Магматические породы представлены пегматитами.

Физико-механические свойства перечисленных литологических типов пород представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства пород Тополихинского участка Союзного месторождения графитов

№ п/п	Типы пород	Физико-механические свойства				
		ρ , г/см ³	$\sigma_{сж}$, МПа	σ_p , МПа	φ , град	C, МПа
1	Щебенистый и дресвяной грунт коры выветривания	2,05	–	–	28	0,0209
2	Сланец мелкозернистый графитовый	<u>2.41-3.25</u> 2,73	<u>4.866-64.94</u> 28,64	<u>0.81-10.62</u> 4,76	<u>27-39</u> 32	<u>2.7-16.2</u> 7,36
3	Сланец кварцитовидный графитизированный	<u>2.76-3.05</u> 2,87	<u>39.13-127.9</u> 84,28	<u>6.52-21.3</u> 14,04	<u>28-36</u> 33	<u>10-35</u> 22,87
4	Сланец гнейсовидный графитовый	<u>2.56-2.72</u> 2,63	<u>15.89-149</u> 90,52	<u>6.28-24.83</u> 15,09	<u>27-36</u> 32	<u>4.1-40</u> 25,75
5	Сланец мелкозернистый графитистый	2,76	<u>57.15-126.2</u> 91,67	<u>9.52-21.03</u> 15,27	<u>28-37</u> 32	<u>17.5-30</u> 23,75
6	Сланец кварцитовидный графитистый	<u>2.789-2.815</u> 2,78	<u>96.28-146.3</u> 114,28	<u>16.05-24.38</u> 19,05	<u>33-38</u> 36	<u>25-40</u> 30
7	Кварц-полевошпатовые сланцы	<u>2.39-3.02</u> 2,75	<u>54.5-161.4</u> 93	<u>22.9-39.3</u> 29,7	31	26,6
8	Амфиболиты	<u>2.64-3.07</u> 2,74	<u>46.19-177.8</u> 99,78	<u>7.69-29.583</u> 16,63	<u>30-39</u> 33	<u>9-40</u> 26,06
9	Кварциты	<u>2.689-3.27</u> 2,94	<u>68.84-127.3</u> 91,79	<u>11.47-16.55</u> 15,29	<u>28-37</u> 32	<u>15-35</u> 24,58
10	Пегматиты	<u>2.51-2.89</u> 2,66	<u>20.48-142.2</u> 78,01	<u>6.84-23.7</u> 12,98	<u>28-38</u> 32	<u>12.5-40</u> 19,37
11	Известняк мраморизованный	<u>2.789-3.105</u> 2,95	<u>19.74-58.06</u> 42,86	<u>3.29-9.68</u> 7,14	<u>33-36</u> 34	<u>5.0-15</u> 10,93
12	Известняк метаморфизованный	<u>2.67-3.04</u> 2,84	<u>50.8-96.5</u> 75,4	<u>11.1-26.3</u> 19,3	38	18,4

Как видно из таблицы, среди выделенных типов пород наибольшей прочностью характеризуются сланцы кварцитовидные, для которых среднее значение предела прочности на одноосное сжатие составляет 114,28 МПа, угла внутреннего трения 36°, а удельного сцепления 30 МПа.

Наименьшей прочностью характеризуются мелкозернистые графитовые сланцы, для которых предел прочности на одноосное растяжение не превышает 10,62 МПа, а среднее его значение составляет 4,76 МПа. Среднее значение предела прочности на одноосное сжатие составляет 28,64 МПа.

Расчетные характеристики пород приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Расчетные характеристики пород Тополихинского участка
Союзного месторождения графита**

№ ИГ Э	Инженерно-геологические элементы	Плотность, г/см ³			Угол внутреннего трения, град.			Сцепление, МПа		
		нормативное	по несущей способности	по деформациям	нормативное	по несущей способности	по деформациям	нормативное	по несущей способности	по деформациям
1	Щебенистый дресвяной грунт коры выветривания сланцев	2,05	2,05	2,08	28	27	26	0,0286	0,0209	0,0275
2	Сланец мелкозернистый графитовый	2,73	2,73	2,76	32	30	31	0,077	0,066	0,088
3	Сланец кварцитовидный графитизированный	2,87	2,87	2,90	33	31	32	0,242	0,220	0,231
4	Сланец гнейсовидный графитовый	2,63	2,63	2,66	32	30	31	0,275	0,242	0,253
5	Сланец мелкозернистый графитистый	2,76	2,76	2,79	32	30	31	0,253	0,242	0,264
6	Сланец кварцитовидный графитистый	2,78	2,78	2,81	36	34	35	0,330	0,253	0,275
7	Кварцполевошпатовые сланцы	2,75	2,75	2,78	31	29	30	0,285	0,264	0,253
8	Амфиболиты	2,74	2,74	2,74	33	31	32	0,286	0,275	0,264
9	Кварциты	2,94	2,94	2,97	32	30	31	0,264	0,253	0,275
10	Пегматиты	2,66	2,66	2,69	32	30	31	0,209	0,198	0,220
11	Известняк мраморизованный	2,95	2,95	2,98	34	32	33	0,110	0,088	0,066
12	Известняк метаморфизованный	2,84	2,84	2,87	38	35	36	0,198	0,154	0,176

Учитывая инженерно-геологические особенности месторождения для проведения расчетов устойчивости бортов использовался метод криволинейной поверхности, близкой к логарифмической спирали. Результаты расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты расчетов устойчивости бортов карьеров Тополихинского участка
Союзного месторождения графита**

Расчетная линия	Участок карьера	Борта карьера	Высота, м	Угол наклона, град.	Коэффициенты устойчивости	
					без учета сейсмичности	с учетом сейсмичности
1-1	Южный	левый	130	48	1,24	1,16
1-1	Южный	правый	120	45	1,70	1,59
1-1	Северный	правый	125	50	1,41	1,26
2-2	Южный	левый	98	54	1,34	1,25
3-3	Северный	правый	140	49	1,33	1,19
А-А	Перспективный контур карьера.	правый	170	26	1,51	1,42

	Западный участок карьера.					
A-A	Перспективный контур карьера. Восточный участок.	левый	138	28	2,13	1,59
A-A	Перспективный контур карьера. Восточный участок.	правый	154	47	1,43	1,18
	Правый борт карьера 1 очередь		60	59	1,92	1,79
	Устойчивость уступа при погашении (правый борт карьера 1 очереди)		20	70	4,40	4,30

Из приведенных данных видно, что полученные коэффициенты устойчивости превышают нормативные значения. На основании этого можно сделать вывод, что устойчивость бортов карьеров Союзного месторождения графита при сейсмических воздействиях будет обеспеченной.

АНАЛИЗ ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА КРИОГЕННОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ИПТС КИРИЛЛО-БЕЛОЗЕРСКОГО МОНАСТЫРЯ

В.О. Подборская¹, В.В. Невечеря²

¹ ФГБОУ ВПО Российский государственный геологоразведочный университет им.С.Орджоникидзе /МГРИ-РГГРУ/, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23
E-mail: DKIG@yandex.ru

² ФГБОУ ВПО Российский государственный геологоразведочный университет им.С.Орджоникидзе /МГРИ-РГГРУ/, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23
E-mail: ozoll91@yandex.ru

Аннотация. В докладе рассматривается многолетний опыт изучения влияния процесса криогенного пучения грунтов на устойчивость памятников архитектуры Кирилло-Белозерского музея-заповедника. Приводятся конкретные примеры деформаций сооружений, обусловленные развитием процесса криогенного пучения. Анализируются результаты наблюдений по режимным сетям мониторинга за глубиной сезонного промерзания, высотой и распределением снежного покрова по территории, перемещением ственных марок.

Abstract. In the report is examined the impact of many years of experience in the study of the process of cryogenic heave on the stability of monuments Cyril Belozersky Museum. Specific examples of deformation structures due to the development of cryogenic heave. The results of the observations on regime monitoring networks for seasonal freezing depth, height and distribution of snow cover on the territory, moving wall marks.

Криогенное пучение при сезонном промерзании грунтов является одним из наиболее широко распространенных процессов, оказывающих негативное влияние на устойчивость памятников архитектуры, расположенных в зоне глубокого сезонного промерзания на территориях, где с поверхности развиты покровные и

моренные отложения, характеризующиеся значительным содержанием пылевато-глинистых частиц и высокой предзимней влажностью. [1]

Памятники архитектуры (которые мы рассматриваем как подсистемы элементарных исторических ПТС [3,4]), и, в первую очередь, небольшие каменные храмы, ограждающие постройки, крепостные сооружения, весьма чувствительны к воздействию сил морозного пучения, из-за незначительной нагрузки, передаваемой конструкциями на основание. Кроме этого, конструктивные особенности фундаментов памятников (незначительная глубина заложения, дискретность тела фундаментной кладки) не могут противодействовать силам пучения [1,3].

Для многих памятников Кирилло-Белозерского монастыря, процесс криогенного пучения обуславливает развитие большинства наблюдаемых деформаций. Визуально наиболее значительные проявления этого процесса на территории Кирилло-Белозерского монастыря фиксируются:

по внешней стороне прясел крепостных стен Нового города (XVIII в.), где отмечен отрыв крепостных стен от фундаментов с образованием глубоких (до 40-50 см вглубь) ниш с отходом валунов в сторону от стен (Фото 1);



Фото 1

• по внешним крепостным стенам XVI века, укрепленных контрфорсами, где наблюдается отход контрфорсов от стен (Фото 2);



Фото 2

• во внутренних коморах крепостных стен Нового города, примыкающих к Кузнечной башне, где наблюдается выпучивание валунов фундаментов с разрушением нижнего обреза стены.

В конце 80-х годов XX в. по инициативе и под руководством Е.М.Пашкина и В.Л.Невечери сотрудниками и студентами кафедры инженерной геологии МГРИ на территории монастыря началось изучение интенсивности развития процесса криогенного пучения и оценки степени влияния этого процесса на устойчивость памятников в зависимости от их назначения, конструкции и режима эксплуатации.

[1,2] После изучения инженерно-геологических условий территории музея-заповедника в 1988 году были заложены сети режимных наблюдений мониторинга исторической ПТС Кирилло-Белозерского монастыря. [1] Они включали в себя режимные сети для наблюдения за положением уровня подземных и поверхностных вод, процессом криогенного пучения и факторами его определяющими.

Для подробного изучения условий процесса криогенного пучения, его характеристик, на территории монастыря были устроены 2 пучиномерные площадки, установлены отдельные пучиномерные марки у памятников, установлены мерзлотомеры на территории и внутри памятников, проводилась снегомерная съемка территории.

Для выявления степени влияния процесса на устойчивость и режим функционирования памятников были созданы:

- сеть ственных марок и глубинных реперов для инструментального определения деформаций стен и полов памятников (Успенский собор, Трапезная палата и др.);
- сеть марок для инструментального определения величины пучения и остаточного выпучивания валунов валунных фундаментов крепостной стены Нового города и башен.

Периодичность проведения замеров определялась режимом процесса. Замеры по ственным и пучиномерным маркам, глубинным реперам проводились до начала сезонного промерзания грунтов (осенний замер) и во время максимальной величины промерзания в марте (весенний замер). В конце марта- начале апреля проводился замер глубины сезонного промерзания по мерзлотомерам. Характер распределения снежного покрова определялся один раз в зимний сезон в феврале месяце.

Наблюдения за глубиной промерзания на территории монастыря, в том числе внутри холодных памятников, дали возможность установить величины глубин промерзания и динамику процесса промерзания при разных температурных режимах. Максимальная глубина промерзания внутри холодных помещений была зафиксирована в зимний период 1995-1996 г.г. в коморе крепостной стены Нового города. Величина промерзания составила 190 см (при среднем многолетнем значении 130,8 см). Глубина промерзания под снежным покровом на территории ни разу не превысила 60 см. Учитывая, что высота валунных фундаментов под сооружениями 16-17 в.в. в Кирилло-Белозерском монастыре в среднем составляет 120 см, можно сделать вывод о развитии в основании фундаментов некоторых памятников не только касательных, но и нормальных сил морозного пучения. Проведенные наблюдения позволили установить диапазон глубин реального промерзания грунтов в холодных сооружениях разного назначения. Выявлено, что глубины промерзания неодинаковы у памятников, имеющих одинаковый режим эксплуатации, но разные конструкции и внутренний объем (Успенский собор, ц. Епифания). Установлено, что величина глубины промерзания и характер промерзания грунтов определяет температурный режим зимнего периода, подтвержден факт значительного превышения глубины сезонного промерзания (в 2-3 раза) внутри холодных памятников относительно промерзания на открытой поверхности под снежным покровом.

Проведение снегомерных съемок с определением высоты снежного покрова позволило составить схемы распределения снежного покрова по территории. Распределение снежного покрова по территории монастыря неравномерное. Установлено, что у стен некоторых памятников архитектуры южной, юго-восточной и частично восточной экспозиции образуются зоны выдувания (сезонное

промерзание достигает максимальной величины), у стен других экспозиций снежный покров достигает значительной мощности и вплотную примыкает к памятникам (промерзание грунтов на этих участках невелико). Максимальная среднегодовое высота снежного покрова составила для территории монастыря 81,8 см. Неравномерность распределения снежного покрова обуславливает разную глубину промерзания грунтов, а, следовательно, и разную интенсивность криогенного пучения.

Инструментальными наблюдениями за вертикальным положением марок, размещенных на стенах комплекса Успенского собора, ц. Введения с Трапезной палатой установлено, что криогенное пучение грунтов приводит к сезонному, знакопеременному перемещению (пульсации) стен. В начале зимы происходит промерзание грунтов обратной засыпки фундаментов с внешней и внутренней сторон стен памятников. Пучащийся /поднимающийся/ при промерзании грунт обуславливает подъем /выпучивание/ стен за счет касательных или нормальных сил пучения. В период с 1989 до 2008 г.г., как установлено инструментальными наблюдениями, максимальная величина вертикального перемещения в зимние сезоны составила 24 мм, минимальная 1-2 мм. При оттаивании грунта большая часть стен возвращается в исходное положение, но наблюдается и остаточное выпучивание стен на некоторых участках. Величина остаточного выпучивания за один цикл наблюдений не превышала 2-4 мм, что близко к точности замеров, однако, на некоторых участках прослеживается тенденция поднятия отдельных участков стен. Наиболее интенсивно подвергаются выпучиванию участки северной и восточной стен храмов, что связано не только с экспозицией, но и конструктивными особенностями сооружений (алтарная апсида). Остаточное выпучивание приводит к перекосу стен и возникновению дополнительных напряжений в конструкциях, что отражается в развитии деформаций. Инструментально зафиксирован процесс сезонного неравномерного поднятия и опускания конструкций, обуславливающий появление большого числа «живых» трещин в стенах памятника.

Для крепостных стен Нового города Кирилло-Белозерского монастыря, имеющих сложную структуру, неравномерное формирование линз мерзлого пучающегося грунта в основании приводит к раздвижению внешних и внутренних «ветвей» стен, которое проявляется в разрыве кованых связей, разрушении арочных перекрытий и формировании крупных продольных деформаций. Кроме этого наблюдается выпучивание валунов фундаментов из-под кирпичной кладки стен с формированием глубоких ниш, длина которых может достигать 5-10 м. Выпучивание валунов сопровождается значительными сколами и разрушением кирпичной кладки.

Таким образом, проведение инструментальных наблюдений, позволило доказать, что процесс криогенного пучения грунтов оказывает значительное влияние на устойчивость конструкций большинства памятников монастыря, имеющих «холодный» режим эксплуатации. Интенсивность развития процесса определяется прежде всего климатическими условиями и хозяйственной деятельностью.

Главной причиной активизации процесса криогенного пучения на территории Кирилло-Белозерского монастыря, следует считать переувлажнение глинистых грунтов слоя сезонного промерзания, вследствие стихийного формирования микрорельефа с обратными уклонами вокруг памятников и процессов подтопления.

Изучение влияния процесса криогенного пучения на устойчивость элементарных ИПТС в Кирилло-Белозерском монастыре подтверждает необходимость дальнейшего параллельного слежения за состояниями двух

подсистем ПТС, так как только на основании параллельных наблюдений и совместного анализа можно прийти к истинной оценке состояния ИПТС и принятию правильных управляющих решений.

Литература

1. Невечера В.Л., Пашкин Е.М., Подборская В.О. Исследование влияния криогенного пучения на устойчивость памятников архитектуры Русского Севера.// Инженерная геология, № 6, 1991.
2. Невечера В.Л., Подборская В.О. Инженерно-геологические и геоэкологические аспекты истории функционирования природно-технической системы монастыря// Сб. «Кириллов», краеведческий альманах. Выпуск Ш. Вологда. Легия, 1998. С.132-140.
3. Пашкин Е.М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М.: Высшая школа. ПИ «Геореконструкция». СПб. 2013.333с.
4. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем//Геология и разведка, 2012, №3, С.56-62.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОМ ВЛИЯНИИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА "СИЛА СИБИРИ" НА УЧАСТКЕ ЧАЯНДИНСКОЕ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ – ЛЕНСК

М.В. Решетько

*ФБГАУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,
Томск, Россия, E-mail: mrechetko@tpu.ru*

Аннотация. Рассмотрено современное состояние исследований и прогнозы отклика многолетней мерзлоты на изменения климата на участке Чайанда-Ленск. Выполнен статистический анализ характеристик метеорологических величин, влияющих на интенсивность экзогенных процессов. Выявлено увеличение среднегодовых температур воздуха и почвогрунтов, а также увеличение годового количества атмосферных осадков преимущественно за счет холодного или переходного периодов года, увеличение дисперсии и количества месячных сумм осадков весной.

Abstract. The modern researches state changes and predictions the response of permafrost to climate change in the area Chayanda-Lensk. A statistical analysis of meteorological parameters influencing the intensity of exogenous processes was performed. There is an increase in temperature of air and soil and an increase in the amount of precipitation mainly in the cold and transitional periods of the year, increase in the dispersion and the monthly precipitation in the spring.

Оценка возможного влияния изменений климатических условий на интенсивность экзогенных процессов в районе строительства магистральных газопроводов эксплуатируемых в сложных природных, инженерно-геологических и суровых климатических условиях является необходимым условием их безаварийной работы в течение периода эксплуатации. Согласно официальным данным ОАО «Газпром», а также данным научных и технологических исследований 42 % всех аварий на линейной части магистральных газопроводов вызвано прямым или косвенным воздействием природных факторов, причем 12 % обусловлено экзогенными процессами, в т. ч. 3 % – в результате изменений геокриологических условий [3].

В работе представлен обзор современных исследований по вопросам изменения климата и влияния этих изменений на состояние многолетнемерзлых

пород (ММП) в пределах территории строительства магистрального газопровода "Сила Сибири" на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск, а также результаты статистического анализа характеристик метеорологических величин, влияющих на интенсивность экзогенных процессов, проведенного автором.

Исходной информацией для проведения исследований послужили данные ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» о температуре приземных слоев воздуха, количестве атмосферных осадков с 1960 по 2014 гг., а также температуре почвогрунтов на глубине 320 см с 1963 по 2011 гг., месячной сумме жидких, смешанных и твердых осадков с устранением систематических погрешностей осадкомерных приборов за период 1960-2010 гг. на метеостанциях Ленск и Витим [4].

Методика исследований включала проверку нулевых гипотез о случайности и однородности рядов наблюдений на уровне значимости 0,05. Для выбранных рядов была проведена проверка однородности, в частности наличия климатологической и статистической неоднородности. Проверка рядов на однородность осуществлялась с помощью критерия Стьюдента и теста Аббе; на статистическую независимость и наличие тренда – с помощью критерия инверсий.

Для исследуемого района характерно развитие экзогенных геологических процессов; процессы мерзлотного характера и карст являются наиболее неблагоприятными физико-геологическими процессами для строительства газопровода. Согласно [3] трасса проектируемого газопровода на участке Чаянда-Ленск проложена по территории, которая относится к зоне массивно-островного распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Площадь развития ММП составляет от 40 до 80 %, наибольшая мощность мерзлой зоны на равнинах и плато составляет 100-250 м [3].

В настоящее время согласно [1] сведения о состоянии криолитозоны можно получить из четырех основных источников:

Наблюдательная сеть геотермических измерений, состоящая в России из 161 скважины различной глубины, от первых десятков до сотни метров. Согласно выводам [1] потепление ММП происходило главным образом в 1970-1990-е годы. В начале XXI века температура мерзлоты на большей части наблюдаемых регионов оставалась стабильной. Тенденция к повышению температуры многолетнемерзлых пород возобновилась только в последние годы. На исследуемой территории имеется только одна скважина (60,72 с.ш., 114,86 в.д. глубина 196 м, среднегодовая температура $-0,2^{\circ}\text{C}$) [11], начало наблюдений, в которой датируется 2008 г.

Данные измерения мощности сезонно-талого слоя (СТС), проводимые с 1990-х годов в рамках международного проекта – программы циркумполярного мониторинга деятельного слоя (Circumpolar Activelayer Monitoring, CALM) для изучения пространственно-временных закономерностей формирования деятельного слоя в разных ландшафтных условиях [1]. На территории России в разное время было организовано 49 площадок; недостатком этих данных является небольшой период наблюдений и неравномерность наблюдательной сети. На исследуемой территории не было площадок CALM.

Комплексные измерения на геокриологических стационарах. Наибольшее число геокриологических стационаров на территории криолитозоны России приурочено к северу европейской части России, северу Западной Сибири и Центральной Якутии. Самый близкорасположенный стационар Иерелях находился в средней тайге Западной Якутии, в бассейне р. Малая Ботуобия (в 1956-1959 гг.) [1].

Наиболее слабое место наблюдений на стационарах, на площадках мониторинга СТС и в геотермических скважинах – их негосударственный уровень.

Наиболее доступные и многочисленные данные это измерения температуры почвогрунтов. Методы наблюдений метеорологических станций за температурой почвогрунтов ограничены глубиной 320 см, и по сравнению с данными геокриологических стационаров, менее совершенны. Преимущество данных метеорологических станции заключается в плотности сети метеорологических станций, кроме того одновременно с измерениями температуры почвогрунтов производится весь комплекс наблюдений. Для исследуемой территории доступны данные метеорологических станций Ленск (1988-2011 гг.) и Витим (1963-2011 гг.) [4].

По мнению большинства исследователей [1, 2, 5-10] на современном этапе климатические условия зоны многолетней мерзлоты в целом способствуют сохранению ММП, однако становятся менее благоприятными. По мнению [5, 6] в Сибири произошли существенные изменения важнейших метеорологических характеристик, определяющих состояние мерзлоты, поэтому в Сибири в зоне ММП могут возникать наиболее серьезные последствия изменений климата. Согласно [9] увеличение снежного покрова и температуры ММП привело к смещению на несколько десятков километров к северу границы вечной мерзлоты, а в работе [6] отмечается, что на территории Предбайкалья – Забайкалья за 1976 – 2006 гг. на глубине 320 см произошло смещение к северу на 500 ± 50 км изотермы, характерной для южной границы островной многолетней мерзлоты.

По данным коллективной монографии [1] большую часть района исследований участка Чайнда-Ленск по соотношению между трендами температуры воздуха и почвогрунтов [2] можно отнести к категории умеренной (средней) чувствительности к изменениям климата. Для района исследований, согласно карте потенциальных геокриологических опасностей, возникающих при современном потеплении климата [1], составленной на основе анализа изменений температуры воздуха и осадков в теплый и холодный периоды года по данным с середины 1960-х годов до 2008 г., прогнозируется сильная активизация криогенных процессов в холодный период и слабая активизация процессов в теплый период. Согласно произведенным расчетам геокриологической опасности в условиях изменения климата до середины XXI века [1] район исследований попадает в зону умеренного риска.

В течение прошлого столетия произошло заметное потепление в холодное время года и увеличение количества осадков к северу от 55° с.ш., которое не отмечалось на большей части Сибири; это привело к более сухим летним условиям, повышению вероятности засух и пожаров. Прогнозы изменения климата в XXI веке указывают на дальнейшее увеличение температуры, большее в холодное время года и меньшее в теплое время года, существенные изменения в гидрологическом режиме в Центральной и Южной Сибири, прогнозируется дальнейший рост экстремальных гидрометеорологических явлений, изменения в распределении и стабильности вечной мерзлоты [8]. Необходимо отметить, что увеличение температуры ММП и таяние вечной мерзлоты, например, в районе вокруг Якутска напрямую связано с естественными или антропогенными нарушениями подстилающей поверхности, теплового и водного баланса [7] и существенно не коррелирует с изменениями климата [9], следовательно, при анализе и прогнозе состояния ММП необходимо это учитывать.

В результате проведенных исследований выявлена статистическая неоднородность свыше трети рядов исследуемых данных. Установлен

положительный тренд среднегодовой температуры воздуха и почвогрунтов. В современных условиях для всей криолитозоны России, согласно [5], характерны более низкие значения положительных трендов среднегодовой температуры грунтов по сравнению с трендами температуры воздуха. Эта тенденция сохраняется, установлено, что среднегодовая температура почвогрунтов увеличивается на глубине 320 см в Ленске и Витиме на $0,05^{\circ}\text{C}$ и $0,02^{\circ}\text{C}$ в год соответственно. Следует отметить увеличение дисперсии рядов начиная с середины 90-х годов, что может быть вызвано как увеличением экстремальности климата, так и климатологической неоднородностью.

Как известно, атмосферные осадки оказывают существенное влияние на увлажнение почвы в теплое полугодие и на высоту снежного покрова в холодное полугодие, которые в свою очередь в значительной мере определяют интенсивность проникновения волн тепла и холода из атмосферы в почвогрунты на глубины. На участке исследования установлено увеличение количества атмосферных осадков преимущественно в холодный период года (февраль, март, ноябрь), а также в сентябре, июле и августе. Наблюдается тенденция к уменьшению осадков в декабре, но статистически достоверного тренда не выявлено. Выявлен положительный тренд годовых сумм осадков, количество осадков увеличивается на 16-19мм/10 лет. Кроме того, выявлено увеличение дисперсии и количества месячных сумм осадков весной (рис.), в конце 90-х, что может усилить деградацию ММП.

При анализе многолетних изменений месячных сумм жидких, смешанных и твердых осадков установлено уменьшение количества твердых и увеличение смешанных осадков в переходные периоды года, что является следствием увеличения температуры воздуха. Причем после середины 80-х годов отмечено отсутствие или уменьшение количества твердых и смешанных осадков в летние месяцы, причем в начале исследуемого периода эти суммы могли достигать до 6,1 мм твердых (м/с Витим, июнь 1967 г.) и 9,1 мм смешанных осадков (м/с Ленск, июнь 1983 г.).

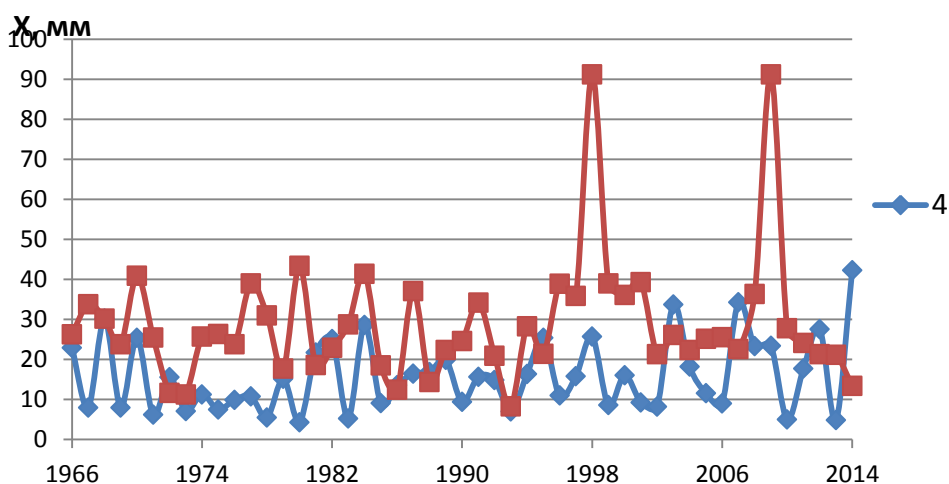


Рис. Временной ход месячного количества осадков за апрель (4) и май (5) по данным м/ст Ленск, период 1966-2014 гг.

Отмеченное в результате исследований увеличение среднегодовой температуры грунтов может привести к усилению деградации ММП и активизации карста в юго-восточной части района исследований, где выходят на поверхность карбонатные породы нижнего кембрия и отмечаются карстовые формы рельефа.

Увеличение количества атмосферных осадков в холодный период года при сохранении существующей тенденции будет благоприятствовать повышению температуры грунтов и усиливать деградацию ММП. Выявленная тенденция увеличения количества осадков в июле в Ленске и Витиме, в августе в Ленске может способствовать повышению количества накопленной за лето влаги в деятельном слое и влиять на интенсивность сезонного пучения.

Литература

1. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем: [коллективная монография] / Ред.: С.М. Семенов; Росгидромет. – М., 2012. – 508с.
2. Павлов А. В., Малкова Г. В., 2009. Мелкомасштабное картографирование трендов современных изменений температуры грунтов на севере России, Криосфера Земли, т. XIII, № 4, с. 32-39.
3. Строкова Л. А. , Ермолаева А. В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск // Известия Томского политехнического университета. - 2015 - Т. 326 - №. 4. - С. 41-55
4. ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД. Электронный ресурс, доступ к данным: <http://meteo.ru/data>
5. Шерстюков А. Б., 2007. Температура почвогрунтов России на глубинах до 320 см в условиях изменяющегося климата, Труды ВНИИГМИ-МЦД, вып. 173, с. 72-88.
6. Шерстюков А.Б. Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2009. – С. 127.
7. Fedorov A. N, and P. Y. Konstantinov. 2008. Recent changes in ground temperature and the effect on permafrost landscapes in Central Yakutia. Proceedings of the 9th International Conference on Permafrost, D. L. Kane and K. M. Hinkel (eds), June 29-July 3, Fairbanks, Alaska, Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, vol. 1, 433-438.
8. Groisman PYa, Blyakharchuk TA, Chernokulsky AV et al (2012b) Chapter 3. Climate changes in Siberia. In: Regional environmental changes in Siberia and their global consequences, Springer environmental science and engineering. Springer, Dordrecht, pp 57–109.
9. Romanovsky, V. E., D. S. Drozdov, N. G. Oberman, G. V. Malkova, A. L. Kholodov, S. S. Marchenko, N. G. Moskalenko, D. O. Sergeev, N. G. Ukraintseva, A. A. Abramov, D. A. Gilichinsky and A. A. Vasiliev. 2010b. Thermal state of permafrost in Russia. Permafr. Periglac. Process., 21,136-155, doi: 10.1002/ppp.683.
10. Shiklomanov N. I., 2005. From exploration to systematic investigation: Development of geocryology in 19th- and Early–20th-Century Russia, Physical Geography, No. 4, pp. 249–263.
11. The Global Terrestrial Network for Permafrost (GTNP) Data Management System contains both Metadata and Quality Controlled Data about Permafrost. - <http://gtnpdatabase.org/boreholes/>

РАСЧЕТ ОБДЕЛОК КОМПЛЕКСОВ ТОННЕЛЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

А.С. Саммаль, С.В. Анциферов, П.В. Деев

Тульский государственный университет, E-mail: sammal@mm.tsu.tula.ru

Аннотация. Излагается метод расчета обделок комплексов тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия землетрясений, основанный на определении наиболее неблагоприятного напряженного состояния каждой обделки при любых комбинациях и направлениях длинных продольных и поперечных волн, распространяющихся в плоскости поперечного сечения тоннелей. С этой целью сумма и разность нормальных тангенциальных напряжений в каждой точке внутреннего контура каждой из обделок исследуются на экстремум по углу падения волн. Такой прием позволяет аналитическим путем строить огибающие эпюр напряжений в каждой конструкции. Метод проиллюстрирован примером расчета.

Abstract. A method of designing parallel mutually influencing shallow tunnel linings under seismic effects based on determining the most unfavourable stress state of every lining at any combinations and directions of long longitudinal and shear waves propagating in the plane of the tunnels cross-section is proposed. With this aim the sum and difference of normal tangential stresses along the every lining internal outline caused by waves of different kinds are investigated on the extreme relatively the angle of the waves falling. It allows the envelope diagram of those stresses to be obtained analytically. The example of the designing illustrated the method described is considered.

Сложность проблемы расчета обделок тоннелей на сейсмические воздействия обусловлена прежде всего тем, что при землетрясениях в массиве распространяются длинные сейсмические волны сжатия-растяжения (продольные) и сдвига (поперечные), имеющие разные скорости, которые, претерпевая многократное преломление и отражение от свободной поверхности и границ раздела пород с разными механическими свойствами, могут действовать на обделку практически в любых сочетаниях и направлениях. Поэтому расчет подземной конструкции на какие-либо отдельные воздействия, например, продольной или поперечной волны заданного направления, является заведомо неэффективным. В связи с этим в Тульском государственном университете развивается принципиально иной подход к проблеме расчета подземных сооружений на сейсмические воздействия землетрясений [1], состоящий в определении наиболее неблагоприятного напряженного состояния в каждом нормальном сечении конструкции при любых сочетаниях и направлениях сейсмических волн разного характера, распространяющихся в плоскости поперечного сечения сооружения. Данный подход широко применялся при проектировании ряда крупных объектов подземного строительства в сейсмических районах и был регламентирован нормативным документом [2].

В настоящее время на основе указанного подхода разработаны современные аналитические методы расчета широкого класса подземных конструкций глубокого заложения - многослойных обделок тоннелей круглого поперечного сечения и вертикальных стволов, замкнутых монолитных бетонных и железобетонных обделок тоннелей произвольного поперечного сечения, в том числе - сооружаемых с применением укрепительной цементации пород, набрызгбетонных обделок, в том числе - в сочетании с анкерами, многослойных обделок комплекса параллельных круговых тоннелей разных радиусов с определением минимальных

сейсмотопасных расстояний между тоннелями, центры которых расположены на одной прямой. Перечисленные методы расчета подземных конструкций на сейсмические воздействия землетрясений, реализованные в виде компьютерных программ, отражены в рекомендательном техническом документе [3].

Логическим развитием указанных методов является аналитический метод расчета обделок комплексов взаимовлияющих круговых тоннелей, сооружаемых вблизи земной поверхности. Согласно предлагаемому методу, расчет сводится к определению максимальных сжимающих и растягивающих нормальных тангенциальных напряжений σ_θ , которые могут возникать на внутреннем контуре поперечного сечения каждой из конструкции комплекса обделок при любых сочетаниях и направлениях распространения длинных сейсмических волн сжатия-растяжения (продольных) и сдвига (поперечных) в плоскости поперечного сечения сооружений, и соответствующих им напряжений на наружном контуре, а также внутренних усилий - изгибающих моментов и продольных сил.

С этой целью рассматриваются две плоские квазистатические задачи теории упругости для линейно - деформируемой полубесконечной среды, моделирующей массив грунта, ослабленной конечным числом круговых отверстий, центры которых расположены произвольным образом, подкрепленных кольцами из различных материалов. Расчетные схемы приведены на рис.1 а, б.

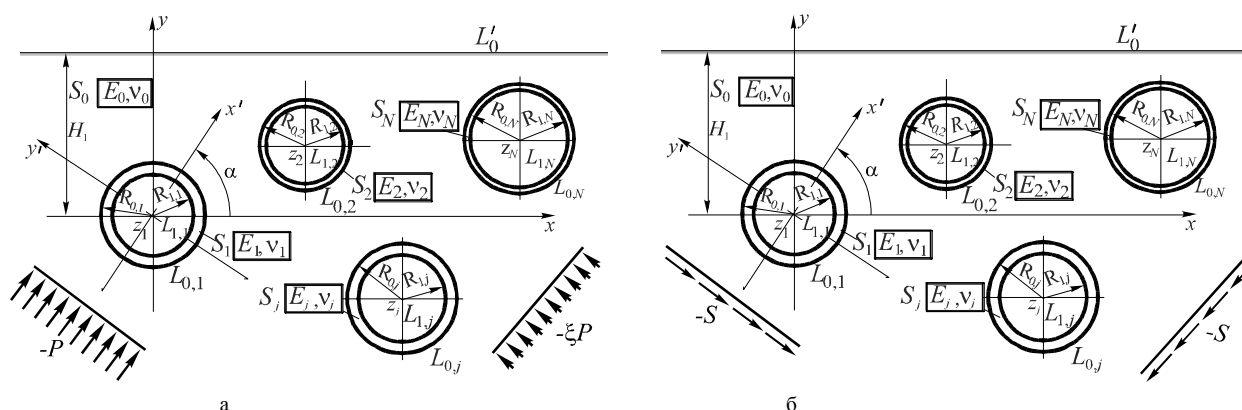


Рис. 1. Расчетные схемы для определения напряженного состояния обделки от действия длинных произвольно направленных сейсмических волн: а - продольной, б - поперечной

Среда испытывает на бесконечности неравнокомпонентное двухосное сжатие и чистый сдвиг под произвольным углом α к горизонтали, моделирующие соответственно действие длинных произвольно направленных продольных и поперечных волн. Напряжения на бесконечности связаны с параметрами волн известными формулами [8].

Среда S_0 , и кольца S_j ($j=1,2,\dots,N$) деформируются совместно, то есть на соответствующих линиях контакта $L_{0,j}$ удовлетворяются условия непрерывности векторов напряжений и смещений. Внутренние контуры колец $L_{1,j}$ свободны от внешних сил.

Задача о двухосном сжатии на бесконечности (рис. 1 а) решена с использованием теории аналитических функций комплексного переменного, предложенного И.Г. Арамановичем [4] аналитического продолжения комплексных

потенциалов Колосова-Мухелишвили [5], регулярных в нижней полуплоскости вне отверстия, в верхнюю полуплоскость через прямолинейную границу L'_0 и аппарата комплексных рядов, что позволяет свести решение задачи к хорошо сходящемуся итерационному процессу, при котором в каждом приближении находится решение задачи для двуслойного кольца, подкрепляющего отверстие в полной плоскости, граничные условия которой содержат дополнительные члены, отражающее влияние прямолинейной границы полуплоскости, представляемые в форме рядов Лорана, неизвестные коэффициенты которых уточняются на основе предыдущих приближений.

Решение задачи о чистом сдвиге на бесконечности (рис. 1 б) получается как частный случай предыдущего при $P = S$, $\xi = -1$ и замене угла α на $\alpha + \pi/4$.

Из решения первой задачи определяются напряжения $\sigma^{(P)}$ (здесь символом σ обозначены все компоненты тензора напряжений), вызываемые в обделках длинной продольной волной, падающей под произвольным углом α ; из решения второй задачи находятся соответствующие напряжения $\sigma^{(S)}$, вызываемые длинной, направленной под углом α поперечной волной.

Далее сумма и разность общих выражений для нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\theta^{(P)}$ и $\sigma_\theta^{(S)}$, характеризующие напряженное состояние обделки, обусловленное совместным действием одновременно приходящих (худший случай) продольных и поперечных волн, в каждой точке внутреннего контура поперечного сечения обделки исследуются на экстремум по углу падения волн α . С этой целью решаются уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} [\sigma_\theta^{(P)} \pm \sigma_\theta^{(S)}] = 0 \quad (1)$$

и для каждой рассматриваемой точки внутреннего контура каждой из обделок определяется то сочетание действия продольных и поперечных волн и тот угол их падения, при которых нормальные тангенциальные напряжения в данной точке максимальны по абсолютной величине. Это дает возможность аналитического построения огибающей эпюр нормальных тангенциальных напряжений на внутреннем контуре $L_{1,j}$ каждой j -той ($j = 1, 2, \dots, N$) обделки комплекса тоннелей. Соответствующие напряжения на внешнем контуре сечения каждой обделки, продольные силы N и изгибающие моменты M в каждом радиальном сечении конструкции определяются именно при том сочетании и направлении волн, при которых нормальные тангенциальные напряжения σ_θ на внутреннем контуре в данном сечении максимальны по абсолютной величине. Полученные таким образом напряжения и усилия в обделке ввиду знакопеременности воздействий принимаются со знаками "плюс" и "минус" и суммируются с напряжениями и усилиями от других видов действующих нагрузок, в их самом неблагоприятном сочетании, после чего производится проверка прочности сечений обделки на сжатие и на растяжение.

Если рассматриваемая обделка не прианкерена к грунту и проектируется с допущением образования трещин, то предполагается, что растягивающие нормальные нагрузки на эту конструкцию не передаются. В этом случае действие продольной волны в фазе растяжения из рассмотрения исключается, и расчет обделки производится на основе двух огибающих эпюр нормальных тангенциальных напряжений, построенных по максимальным абсолютным значениям сжимающих

(отрицательных) и растягивающих (положительных) напряжений, вызываемых совместным действием поперечных волн и продольных волн в фазе сжатия.

Описанный метод, реализованный в виде полного алгоритма расчета и соответствующего компьютерного программного комплекса, позволяет определять как наиболее неблагоприятное напряженное состояние в каждом радиальном сечении каждой из обделок с учетом многообразия возможных сейсмических воздействий, так и напряжения, вызываемые отдельно длинной продольной или поперечной волной заданного направления.

Поскольку в основу разработанного метода расчета положено предположение о возможности использования решений квазистатических задач для получения динамических напряжений в обделке тоннеля мелкого заложения при длине сейсмических волн, более, чем в 3 раза превышающей диаметр тоннеля, было произведено сравнение результатов, полученных аналитическим путем в квазистатической постановке, с данными численного моделирования дифракции вертикальных продольной и поперечной волн на обделке одиночного тоннеля с использованием программы FLAC [6], которое показало удовлетворительное совпадение получаемых результатов.

Ниже в качестве примера приводятся результаты расчета обделок трех параллельных тоннелей, размеры и расположение которых показаны на рис.2.

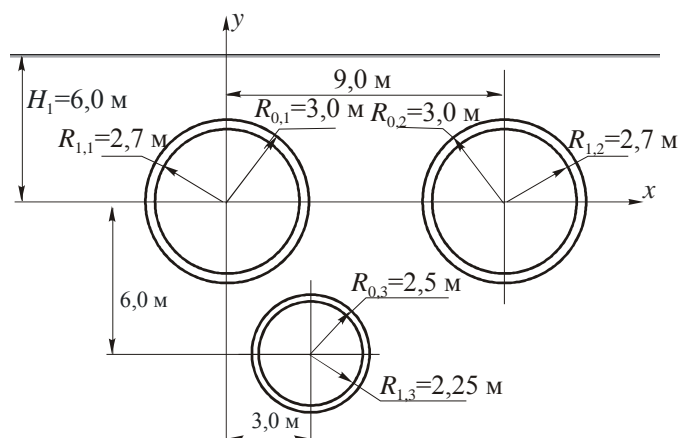


Рис.2. Размеры и расположение тоннелей

Расчет производился при следующих исходных данных: модуль деформации и коэффициент Пуассона грунта $E_0 = 700$ МПа, $\nu_0 = 0,27$, модули деформации и коэффициенты Пуассона бетона обделок $E_{1,j} = 23000$ МПа, $\nu_{1,j} = 0,2$ ($j = 1, 2, 3$), удельный вес грунта $\gamma = 0,017$ МН/м³, коэффициент допускаемых повреждений, соответствующий интенсивности землетрясения 9 баллов $AK_1 = 0,1$, преобладающий период колебаний частиц грунта $T_0 = 0,5$ с.

На рис.3 даны эпюры максимальных сжимающих (сплошные линии) и растягивающих (пунктирные линии) нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\theta^{(in)}$, МПа которые могут возникать на внутренних контурах поперечных сечений обделок.

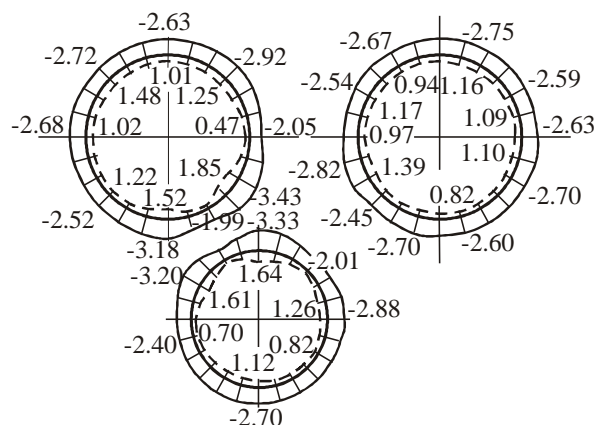


Рис.3. Эпюры экстремальных напряжений $\sigma_{\theta}^{(in)}$ (МПа) на внутренних контурах сечения обделок

Следует отметить, что описанный выше аналитический метод не позволяет изучать поведение земной поверхности. В настоящее время с этой целью может применяться только численное компьютерное моделирование, например, использованное в работе [7].

Таким образом, изложенный метод расчета обделок комплексов тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия землетрясений, позволяет строить огибающие эпюры напряжений в каждой конструкции. Метод основан на определении наиболее неблагоприятного напряженного состояния каждой обделки при любых комбинациях и направлениях длинных продольных и поперечных волн, распространяющихся в плоскости поперечного сечения тоннелей.

Литература

1. Фотиева Н.Н. Расчет крепи подземных сооружений в сейсмически активных районах. М.: Недра.- 1980.-240 с.
2. Инструкция по учету сейсмических воздействий при проектировании горных транспортных тоннелей. ВСН 193-81.- М.: Минтрансстрой.- 1982.
3. Руководство по проектированию подземных сооружений в сейсмических районах. //Издательско - информационный центр ТИМР.- М.- 1996.-80 с.
4. Араманович И.Г. Распределение напряжений в упругой полуплоскости, ослабленной подкрепленным круговым отверстием. Доклады АН СССР, № 104 (3), 1955. - с. 372-375.
5. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., Наука, 1966.
6. Fotieva, N.N. Sammal, A.S. Bulychev N.S., Lemos J.V., Vieira A., Sousa L.R. Designing shallow tunnel linings under seismic effects. Proc. of the Int. Conf. on Computer Methods and Advances in Geomechanics, 2001, Tuscon, Arizona, USA, A.A. Balkema, p. 1087-1091.
7. Strokova, L.A. (2009) Numerical model of surface subsidence during subway tunneling //Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 46 , No.3,2009, pp. 117-119

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: sla@tpu.ru*

Аннотация. Рассмотрена технология создания расчетных моделей грунтовых оснований, указаны достоинства и недостатки аналитических и компьютерных (цифровых) расчетных моделей. Приведены этапы построения цифровой расчетной модели, предложены пути совершенствования технологии создания таких моделей. Рассмотрены примеры реализации отдельных процедур данной концепции.

Abstract. The technology of making of the soils calculation models is considered, highs and lows of analytical and numerical models are specified. Stages of construction of numerical model are resulted, ways of perfection of technology of making of models are offered. Examples of realization of the given concept are considered. Examples of realisation of separate procedures of the offered concept are considered.

Вопросы разработки расчетных моделей, адекватно отражающих поведение пород при взаимодействии с инженерным сооружением, имеют научно-прикладное значение в инженерной геологии. Главной целью составления расчетной модели основания является обоснование основных параметров проекта, таких как, тип основания; конструкции, материал и размеры фундаментов на основе предполагаемых предельных состояний, определяющих уравнений поведения грунта под нагрузкой; при максимуме эффективности инвестиций и допускаяемом уровне риска достижения основанием предельных состояний и последствий.

Технология создания расчетных моделей следующая. На первом этапе создания модели выполняется изучение теоретических основ и сбор информации об объекте, выявляются причинно – следственные связи между переменными описывающими объект, а именно, изучается взаимодействие системы инженерное сооружение – грунтовый массив, ее основных составляющих компонентов, устанавливаются предполагаемые предельные состояния основания.

При этом должны учитываться не только нагрузки от проектируемого сооружения, но также возможное неблагоприятное влияние внешней среды, приводящее к изменению физико-механических свойств грунтов (например, под влиянием поверхностных или подземных вод, климатических факторов, различного вида тепловых источников и т.д.).

Следующий этап – построение собственно математической (расчетной) модели. На этом этапе на основе суждений об экспериментальном поведении грунта выбирается подходящий математический аппарат для описания его работы в качестве основания. Определяются входные и выходные данные, принимаются упрощающие предположения об определяющих соотношениях, о граничных и начальных условиях объекта, двухмерной или трехмерной модели, стадии производства работ и/или истории напряжений, т.е. осуществляется идеализация – переход от исходной физической системы к математической модели.

Далее устанавливаются окончательные параметры моделей с учетом условия функционирования объекта, выбирается метод решения либо при помощи формул (если имеется аналитическое решение уравнений), либо численных методов. Методологическое обеспечение процесса разработки аналитических моделей грунтовых оснований создано и отлажено. Существуют нормативы, регламенты по

процедуре создания таких моделей. К недостаткам аналитических моделей относятся: необходимость использования системы упрощающих предпосылок о поведении грунтового массива, невозможность описания эффектов нелинейности и необратимости деформаций в поведении грунтов. Цифровые модели появились сравнительно недавно, стали стремительно занимать свою нишу в проектировании, благодаря высокой точности решений, возможности учета множества факторов при описании системы «грунтовой массив – инженерное сооружение». Методологическое обеспечение процесса разработки таких моделей находится в самом начале становления. После вычислений полученное решение сопоставляется с предполагаемым решением, проводится контроль погрешности моделирования. Результаты, полученные по модели, сопоставляются либо с имеющейся об объекте информацией или проводится эксперимент и его результаты сопоставляются с расчетными.

Современные комплексы программ для оценки напряженно-деформированного состояния ABAQUS, ANSYS, COSMOS, NASTRAN, PLAXIS, LS-DYNA и др., в которых используется метод конечных элементов, позволяют получать численные решения при расчете конструкций на статические и динамические нагрузки для широкого класса материалов с различными механическими характеристиками и поведением. Несмотря на значительное количество работ, посвященных исследованию закономерностей сложного поведения горных пород при разных видах нагружения, большинство из них описывают лишь некоторые аспекты поведения отдельных грунтов конкретных районов. Мало освещенными в публикациях остаются вопросы выбора уравнений поведения грунтов при нагружении. Слабыми звеньями существующей технологии создания цифровых расчетных моделей, требующими совершенствования, являются: выбор определяющего уравнения; задание параметров модели; анализ результатов или тестирование модели на соответствие.

Настоящая работа посвящена исследованию некоторых моментов создания цифровых расчетных моделей грунтовых оснований.

Процедура «Выбор определяющего уравнения грунта»

К сожалению, нет универсальной теории, объясняющей все феномены поведения грунта при нагрузках, поэтому существует нечеткое множество различных теорий таких как: линейной и нелинейной упругости, упругие модели с изменяющимися модулями упругости, гиперупругости, гипоупругости, идеальной упругопластичности, пластичности с упрочнением (изотропным, кинематическим и смешанным), гиперпластичности, гипопластичности, вязкоупругости, вязкопластичности, вязко-гипопластичности, и соответственно множество уравнений, объясняющих различные аспекты поведения грунтов. Для повышения качества и надежности выполняемых расчетов грунтовых оснований необходимо структурировать информацию о поведении грунтовых массивов при нагружении.

Одна из первых классификаций представлена в работе G.Gudehus [9]. В этой классификации выделены три класса – упругость, пластичность, вязкость с указанием характерных особенностей каждого класса. В работе Т. Шанца [13] идеи Г. Гудеуса о классах получили дальнейшее развитие, обобщены сведения о пригодности использования конкретных моделей для расчетов. Всего им рассмотрено 5 групп моделей.

Уникальный по объему обзор определяющих уравнений сделан Lade [10], который описал типы и компоненты определяющих уравнений, предложил классифицировать определяющие уравнения по совершенству описания различных

эффектов поведения грунта при нагрузках, возможности определения параметров традиционными экспериментами на 3 категории.

Существующие обзоры нацелены на теоретическое осмысление многообразия моделей, но им присущ существенный недостаток – отсутствие инструментария для поддержки решения инженера – расчетчика о выборе определяющего уравнения. В качестве такого инструмента нами предложено использовать «дерево решений».

В качестве базы данных взяты опубликованные материалы [10], для 31 модели, охарактеризованные 18 признаками. Разведочный анализ проводился алгоритмом «Дерево решений» аналитического пакета Deductor.

Модели были отфильтрованы по классам грунтов (скальные и полускальные, дисперсные связные и несвязные), для каждого класса было построено дерево решений, отобраны решающие правила и значимые факторы [2].

Фильтр для несвязных дисперсных грунтов позволил классифицировать только 4 модели из 15: закон Гука, закон дилатансии Rowe, модель Darve и гипопластические модели Kolymbus, Gudehus, Bauer. Было отобрано 4 решающих правила и 2 значимых фактора.

Фильтр для связных дисперсных грунтов позволил классифицировать только 8 моделей из 15; это следующие: модель Drucker-Prager; закон Гука; модель Plaxis Hardening, авторы Brinkgreve и Vermeer; Modified Cam Clay, авторы Roscoe и Burland; модель Elasto-Viscoplastic, предложенную Adachi, Oka; модель Darve; модель Nor-Sand, предложенную Jefferies; модель Fuzzy Set Plasticity, предложенную Klisinski. Было отобрано 8 решающих правил и 5 значимых факторов.

Фильтр для скальных и полускальных грунтов позволил классифицировать еще 5 моделей из 16 моделей: модель Drucker-Prager; закон Гука; модель Plaxis Hardening; модель Darve; модель Fuzzy Set Plasticity. Было отобрано 5 решающих правил и 4 значимых фактора.

Выполнение разведочного анализа данных показало принципиальную возможность использования предложенного подхода при выборе определяющих уравнений для решения различных геотехнических задач.

Процедура «Определение и назначение параметров цифровой расчетной модели»

В практике инженерно-геологических изысканий определение параметров грунтов проводится в зависимости от стадии проектирования для: 1) описания инженерно-геологических условий площадки; 2) выделения инженерно-геологических элементов; 3) установления параметров цифровой расчетной модели, требующих дополнительных: экспериментов, обработки результатов, приборов и средств измерений (новая задача, еще никак нерегламентированная).

Использование в расчетах сложных определяющих уравнений зачастую требуют сложного дорогостоящего лабораторного оборудования, при этом методика выполнения лабораторных работ не всегда является общепризнанной, закрепленной в нормативных документах [1]. Количество необходимых для расчетов параметров варьирует в значительных пределах от двух до четырех десятков. Время на установление параметра изменяется от нескольких минут (по корреляции между показателями свойств) до двух недель (компрессионные, трехосные испытания) и до полугода и более (при определении параметров ползучести). Следует также заметить, что некоторые параметры сложных определяющих уравнений не имеют физического смысла, а необходимы для более точной аппроксимации экспериментальных кривых.

В [3] с разной степенью детальности изложены методики определения некоторых параметров, используемых в расчетах.

Непременным этапом создания расчетной модели должна стать имитация лабораторных и полевых испытаний. Важный момент этого этапа – проверка двух условий: 1) правильности выбора определяющего уравнения; 2) правильности назначения входных параметров, их калибровка, под которой подразумевается совпадение расчетных данных и кривой, полученной при лабораторном, либо полевом испытании грунта.

О значимости определяющих уравнений для оценки напряженно-деформированного состояния грунтов свидетельствуют, например, кривые оседания поверхности, связанные с проходкой метрополитена, рассчитанные в программном комплексе «PLAXIS» [5–7,12–15] с тремя разными моделями: а) упруго-пластическая модель с изотропным упрочнением (HS); б) упруго-пластическая модель с изотропным упрочнением и учетом жесткости малых деформаций (HSS); в) упругая идеально-пластическая модель Мора–Кулона (MC) при прочих равных условиях [4]. Из этих трех признана менее подходящей для расчетов модель MC. Что касается упруго-пластических моделей с изотропным упрочнением HS и HSS, то они хорошо зарекомендовали себя.

Условиями для окончания тестирования модели на соответствие являются достигнутая точность решения и скорость сходимости решений.

Трудности и многократные прогоны модели появляются при назначении параметра по интервальной оценке показателя, например, модуля деформации. Например, на рис. 1 представлен изменение модуля деформации миоценовой молассовой полутвердой глины по данным компрессионных, K_0 -трехосных и полевых испытаний (дилатометром). Технология назначения единственного значения для расчета осадки не регламентирована. Нами предлагается выполнять моделирование экспериментальных работ для обоснования назначаемых в расчетах параметров грунта.

Так, при компрессионном испытании было установлено, что модуль деформации глины тугопластичной изменяется в интервале 2,2...10,1 МПа в интервале нагрузок 2...250 кПа при первом нагружении и 6,0...75,4 МПа при повторном нагружении [5].

Имитация компрессионных испытаний осуществлялось при помощи упруго-пластической модели с изотропным упрочнением PLAXIS Hardening Soil. Эта модель требует назначения 3-х параметров упругости (вместо одного модуля деформации, годного для аналитической модели), а именно: модуля упругости при первичном нагружении E_{50} , модуля упругости при разгрузке - вторичном нагружении E_{ur} и параметра $Ohde$ m , описывающего степень кривизны компрессионной кривой [11].

Варьирование позволило обоснованно назначить эти 3 параметра: $E_{50}=5$ МПа, $E_{ur}=35$ МПа, $m=0,8$. При этих значениях отклонения расчетной и реальной компрессионной кривой минимальны.

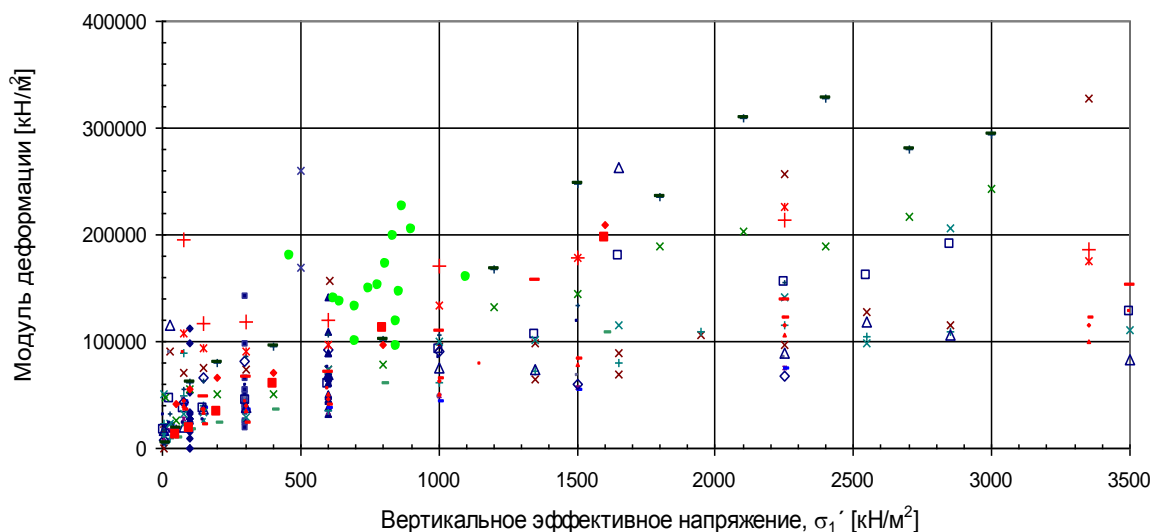


Рис. 1. Разброс значений модуля деформации полутвердой глины по данным компрессионных, K_0 -трехосных и полевых испытаний (дилатометром)

Описанная методика калибровки параметров по данным лабораторных испытаний может быть использована при подготовке рекомендаций по созданию цифровых расчетных моделей.

Процедура «Тестирование расчетных моделей»

Для увеличения точности решения приходится рассматривать множество расчетных схем с варьированием входных параметров – это приводит к значительным затратам времени и финансов для рассмотрения каждого из вариантов.

Поэтому для оптимизации процесса составления цифровой расчетной схемы разумно определить самые чувствительные параметры. Анализ чувствительности позволяет оценить насколько важны те или иные параметры для системы в целом, насколько корректно решение задачи, к каким параметрам чувствительно найденное решение. Кроме этого, на основании расчета можно построить упрощенную модель системы. Как можно выполнить анализ чувствительности, представлено в [5]. Анализ чувствительности был проведен для расчета котлована с применением ограждающей заанкерной стенки. Была составлена 21 расчетная схема с вариацией типа грунта (глина или песок), коэффициента бокового давления при отсутствии боковых деформаций K_0 , коэффициент Пуассона ν , начальной и изгибающей жесткости стены. Для расчетов применялась модель Hardening Soil (PLAXIS). Выходными параметрами расчетов являются эффективные горизонтальные напряжения в грунтовом массиве позади стенки и горизонтальные смещения стенки.

В качестве эталонов были приняты расчеты, выполненные для двух типов геологического разреза в условиях нормальной консолидации и первоначальной жесткости стены. По каждому варианту расчета определена площадь под графиком кривой, приняв ее параметр чувствительности выходных параметров к изменению входного параметра. Найден вариант с наибольшим отклонением выходных параметров (вариант наихудшего случая). Установлено, что присутствие в разрезе глин, претерпевших в геологическое время более высокое напряжение, чем современное, приводит к значительному увеличению смещений, чем при

присутствии песков. Увеличение коэффициента бокового давления при отсутствии боковых деформаций K_0 для песчаного разреза сопровождается значительным увеличением горизонтальных эффективных напряжений, по сравнению с глинистым.

Следовательно, анализ чувствительности параметров является полезным инструментом для тестирования расчетных моделей. Простая оценка площади графиков напряжений и деформаций или величины осадки в зависимости от модуля упругости и т.п. способна обнаружить влияние входных параметров на результаты расчета. Назначение входных параметров с оценкой чувствительности позволяет уменьшить трудозатраты на расчеты при сохранении точности вычислений, а также провести оптимизацию базовых параметров при экспериментальном определении свойств грунтов. Важным моментом применения модели является наблюдения за ходом строительства и эксплуатации объекта для подтверждения результатов моделирования. Накопление мониторинговых данных позволит скорректировать назначенные трудноопределимые параметры.

Таким образом, цикл проведенных работ может служить основой для разработки комплексной системы стандартизации по созданию расчетных моделей оснований.

Он включает следующие элементы системы: выбор возможного предельного состояния грунтового массива, подходящего определяющего уравнения в зависимости от типа грунтовых условий и предполагаемых предельных состояний основания; определение параметров стандартными и нестандартными методами; выявление соответствия определяющего уравнения грунта методом моделирования лабораторных испытаний; калибровка параметров; выполнение анализа чувствительности выходных параметров к изменению входных параметров; окончательное назначение параметров и расчет предельного состояния; сравнение с предельно-допустимыми значениями расчетного сопротивления грунта основания, предельными деформациями, назначение параметров сооружения.

Наши предложения по созданию нормативных документов о цифровой расчетной модели:

- 1) в нормативные документы (своды правил или рекомендации) по проектированию оснований должны быть внесены типичные значения и методики определения некоторых параметров грунтов таких, как коэффициент бокового давления K_0 , угол дилатансии, и др.;
- 2) особое внимание в документах необходимо уделить классификации определяющих уравнений грунтов, что внесет единообразие в расчеты;
- 3) неизменными этапами создания и применения цифровой расчетной модели должны быть имитация лабораторных и полевых испытаний и мониторинг за осуществлением проекта.

Таким образом, разработка нормативных документов по созданию и применению цифровых расчетных моделей позволит существенно уменьшить трудозатраты и временные ресурсы на этапе разработки расчетной модели; сократить неопределенности в установлении параметров грунтов при лабораторных испытаниях и при назначении их в качестве входных; в целом будет способствовать улучшению качества проектирования; сокращению сроков подготовки специалистов к работе с программными комплексами.

Направлениями для дальнейших исследований являются: пополнение базы данных по определяющим уравнениям грунтов; оптимальное планирование вычислительного эксперимента при калибровке параметров; методики тестирования моделей.

Литература

8. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса [Текст]: монография / Г.Г. Болдырев. – Пенза: ПГУАС, 2008. – 696 с.
9. Строкова Л.А. Использование алгоритма «дерева решений» в систематизации определяющих уравнений для грунтов // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т. 314. № 5. С. 101–105.
10. Строкова Л.А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313. № 1. С. 69–74.
11. Строкова Л.А. Моделирование оседания поверхности при проходке туннеля щитовым способом // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 312. № 1. С. 45–50.
12. Строкова Л.А. Анализ чувствительности параметров при численном моделировании поведения грунтов // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313. № 1. С. 64–68.
13. Brinkgreve R.B.J. et al. PLAXIS, 2D Version 8. Rotterdam: Balkema, 1997. 200 p.
14. Brinkgreve R.B.J. Selection of soil models and parameters for geotechnical engineering application // Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration. / Ed. J.A. Yamamuro, V.N. Kaliakin. – American Society of Civil Engineers, 2005. V. 128. P. 69–98.
15. Duncan J.M., Chang C.-Y. Nonlinear analysis of stress and strain in soils // ASCE Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. 1970. V. 96(SM5). P. 1629–1653.
16. Gudehus G. A comparison of some constitutive laws for soils under radially symmetric loading and unloading / Proc. 3th Int. Conf. Num. Meth. Geom. – Aachen: Balkema, 1979. P. 1305–1323.
17. Lade P.V. Overview and evaluation of constitutive models // Soil Constitutive Models: Evaluation, Selection, and Calibration. Ed. J.A. Yamamuro, V.N. Kaliakin. – American Society of Civil Engineers, 2005. Vol. 128. P. 1–34
18. Ohde J. Zur Theorie der Druckverteilung im Baugrund // Der Bauingenieur. 1939. № 20. H. 33/34. S. 451–459.
19. Rowe P. The stress-dilatancy relation for static equilibrium of an assembly of particles in contact // Proceedings of the Royal Society of London. 1962. V. 269. P.500–527.
20. Schanz T. Aktuelle Entwicklungen bei Standsicherheits- und Verformungs-berechnungen in der Geotechnik /Empfehlungen des Arbeitskreises 1.6 Numerik in der Geotechnik // Geotechnik. 2006. № 1(29). P. 13–28.
21. Schanz T. Zur Modellierung des mechanischen Verhaltens von Reibungsmaterialien // Mitt. Inst. für Geotechnik 45. Universität Stuttgart. Stuttgart, 1998. 152 p.
22. Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G. The Hardening-Soil Model: Formulation and verification // Beyond 2000 in Computational Geotechnics. Rotterdam: Balkema, 1999. P. 281–290.

КАРСТ СЕВЕРА РУССКОЙ ПЛИТЫ (В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.И. Труфанов, В.И. Чернышов, Н.К. Максимова

Вологодский государственный университет, Россия, Вологда. Email: trufanov_ai@mail.ru

Аннотация. Приводятся некоторые результаты комплексных исследований карста в пределах территории Вологодской области. По результатам анализа геолого-гидрогеологических материалов охарактеризованы этапы формирования карста. Полевые работы и дешифрирование топо-и аэрофотоматериалов позволили определить плотность проявления поверхностного карста на некоторых площадях западного и восточного карстовых районов. Приводятся данные о подземном и поверхностном проявлении карста.

Abstract. Some results of comprehensive studies of karst within the territory of the Vologda region. According to the analysis of geological and hydrogeological materials are given the stages of formation of karst. The field work and interpretation of aerial photographs and topographic possible to determine the density of the surface manifestations of karst in some areas of western and eastern regions karst. The data on the surface and underground karst.

Проявления карста на данной территории в виде периодически исчезающих карстовых озёр, а также карстовых провалов и воронок известно давно. О них

писали еще в восемнадцатом и девятнадцатом веках [3]. Однако системные исследования начались только в настоящее время. Необходимость более детального исследования карста диктуется инженерно-строительным освоением новых территорий, где активность карстовых процессов особенно велика. В настоящее время проектируется газопровод г. Кириллов – г. Вытегра, трасса которого проходит по сильно закарстованному району на водоразделе Онежского и Белого озёр. Целью исследований, которые проводятся авторами в течение последних лет, является комплексная оценка карстовых районов Вологодской области. Территория исследования частично включает три карстовые провинции, выделенные А.Г. Чикишевым [4] на «Схеме районирования карста Русской равнины»: на северо-западе территории – Онежско-Двинскую и Валдайскую, а на востоке – Северо-Увальскую. Если принять за основу районирования геологическое строение и литологические особенности территории области, то в пределах этих провинций в пределах области можно выделить два карстовых района: Онежско-Белозерский и Сухонско-Югский.

При проведении исследований использовались фондовые материалы Геологического отдела ДПР Вологодской области, а также материалы кафедр Географии, Геоэкологии и инженерной геологии ВоГУ. При изучении распространения поверхностного проявления карста кроме полевых маршрутов широко использовалось дешифрирование топо- и аэрофотоматериалов. Батиметрические работы, поиски поноров в периодически исчезающих озерах, отбор проб воды и осадков с разных глубин выполнялись дайверами из «Вологодского клуба подводной охоты», которые были включены для этой цели в состав экспедиции, организованной Вологодским региональным отделением РГО. Гидрогеологические, гидрогеохимические, геологические и ландшафтно-геоморфологические исследования проводились авторами статьи.

Карстовые формы как в Онежско-Белозерском, так и в Сухонско-Югском районах представляют собой карстовые озёра и воронки провального типа, образовавшиеся при обрушении свода подземной полости, возникшей за счет выщелачивания и выноса карстующихся пород на глубине. Реже встречаются слепые долины, котловины, поноры, суходолы, коррозионные воронки поверхностного выщелачивания. Из гидролого-гидрогеологических явлений, связанных с карстом в Онежско-Белозерском карстовом районе, необходимо отметить периодически исчезающие озёра и водотоки, воклюзские источники, подземные реки. Плотность карстовых форм на отдельных площадях в бассейне р. Сухоны достигает 70 ед./км², в западных районах может быть ещё выше.

Карстующимися являются карбонатные породы каменноугольного и частично пермского возраста в Онежско-Белозерском карстовом районе, а на востоке области, в Сухонско-Югском карстовом районе – карбонатные с прослоями гипса и ангидрита породы пермской системы.

Территории карстовых районов являются областями распространения как унаследованного древнего, так и молодого карста. Их закарстованность подготовлена длительной общей денудацией и происходила в течение всего периода формирования современного рельефа. Период общей денудации в Онежско-Белозерском районе продолжался с мезозоя до середины неогена, а в Сухонско-Югском районе этот период прерывался периодическими трансгрессиями пермского и юрского морей. Анализ геологических материалов позволил выделить ряд этапов в истории развития карста исследуемых районов [1, 2].

Первый этап. С начала среднекаменноугольной эпохи прогиб территории западных районов области завершился поднятием, сохранившимся до начала московского века. Широкое развитие получили процессы карстообразования в связи с поднятием над уровнем моря поверхности раннекарбоновых известняков. С середины среднего карбона трансгрессия моря прерывает процессы карстообразования. На востоке области к концу ранней перми устанавливается континентальный режим, который сохранился до начала казанского века. Это был один из самых крупных континентальных перерывов в позднем палеозое [1]. В этот период в Сухонско-Югском районе формировался древний сульфатный и даже соляной карст в ангидрито-гипсовых отложениях сакмарского яруса к которым приурочена соленосная толща. В конце палеозоя в связи с поднятием территории Русской плиты происходит активный эрозионный размыв, продолжающийся до неогена. На востоке области на границе пермского и триасового периодов был длительный перерыв в осадконакоплении, вызванный древнекиммерийским горообразованием. В связи с этим на короткое время активизировались процессы карстообразования на участках близкого залегания к поверхности карбонатных пород перми.

Второй этап карстообразования начался во второй половине неогена. В это время произошли важнейшие тектонические события: оживились древние разломы, была заложена сеть палеодолин и врезов, наблюдались подвижки частей территории с разными знаками движения, как на западе, так и на востоке области. Данный этап континентального развития, вероятно, был особенно благоприятен для общего масштабного закарстования территории.

Третий этап формирования карста происходил в среднеплейстоценовую эпоху в условиях чередования похолоданий и потеплений. Начался этап с раннеплейстоценового опускания территории и заполнения долинных врезов озёрно-аллювиальными осадками. В связи с воздействием материковых оледенений, общим сглаженным характером рельефа, карстовые процессы протекали в целом в неблагоприятных условиях. Однако при отступлении ледников и последующих изостатических поднятиях интенсивность карстовых процессов возрастала, и в этот период могли формироваться поверхностные формы карста и подземные карстовые пустоты.

Четвёртый этап развития карста состоялся в позднем плейстоцене. Начало этапа совпало с климатическим оптимумом и проникновением в микулинское время бореального морского бассейна в северо-западных районах области. Орографический облик рельефа был подобен современному рельефу. Речная сеть области в плане соответствовала современным долинам крупных и средних рек. На суше происходило относительно интенсивное развитие эрозионных врезов, а также поверхностного и подземного карста.

В валдайское время территория представляла собой сушу. Климатические условия ухудшились, поэтому темпы эрозионных и карстовых процессов несколько замедлились. Однако за счёт длительного периода карстообразования и малоамплитудных поднятий части территории общая закарстованность должна быть более широкой, чем в современном рельефе.

В эпоху осташковского оледенения поверхностное карстообразование в Онежско-Белозерском районе прекратилось до начала таяния ледника и распада его на отдельные языки. При таянии остатков ледникового покрова, долинном стоке талых вод, образовании и сработки подпрудных бассейнов существовали

благоприятные условия для интенсивного площадного поверхностного и подземного карста.

Пятый этап карстообразования – голоценовый. В голоценовую эпоху произошли ряд событий прямо или косвенно влияющее на процессы карстообразования. Это – деградация зоны многолетней мерзлоты, становление речного стока, врез эрозионной сети, сработка послеледниковых водораздельных озёр и их заболачивание, ритмическое чередование потеплений и похолоданий.

Наиболее благоприятными для карстообразования были бореальный и атлантический периоды голоцена, когда происходило повышение температуры воздуха и увлажнение территории. В Онежско-Белозерском карстовом районе регрессия в Балтике привела к общему понижению базиса эрозии и спуску вод Онежского озера через р. Свирь в Ладожское озеро. Уровень Онежского озера стал ниже современного на 3м. В связи с поднятием территории, врезом рек до уровня современных пойм, понизился базис эрозии и одновременно активизировались карстово-эрозионные процессы.

В позднем голоцене изменились климатические условия. Происходили кратковременные потепления и похолодания при общей аридизации климата. При понижении режима увлажнения и стока, периодическом усилении сезонно-мерзлотных процессов относительные темпы карстообразования также замедлились.

Таким образом, последний этап при общих благоприятных условиях развития карста, характеризуется значительными колебаниями физико-географической обстановки, что в свою очередь, это повлияло на ход развития карстовых, других связанных с карстом процессов.

Подземные формы карста в виде каверн и мелких полостей отмечаются по всей толще карбонатных пород. По результатам бурения интенсивная трещиноватость карбонатных пород развита до глубины 70 м. Крупные карстовые каналы отмечаются в днищах периодически исчезающих озёр, которые являются индикаторами развитой сети подземных каналов. Так, например, в 1920 году в бассейне р. Сухоны у д. Алифино, в результате провала образовалась воронка диаметром 140 м и глубиной 50 м. В настоящее время в образовавшейся карстовой котловине растёт смешанный лес.

Поверхностные формы карста распространены в районах развития карстующихся пород карбонатной и карбонатно-терригенной формаций. Они получили широкое развитие на участках с маломощным четвертичным покровом и представлены воронками, западинами, котловинами, карстовым озёрами и др. В Онежско-Белозерском карстовом районе наиболее крупными карстовыми озёрами являются: Куштозеро, Лухтозеро, Качозеро, Шимозеро, Ундозеро. В бассейне р. Сухоны карстовыми являются озёра: Рыбное, Тёмное, Пойково и ряд мелких озёр. Для карстовых озёр характерно колебание уровня воды, иногда до полного исчезновения. При этом на дне осушенных озёр обнажаются крупные воронки с хорошо развитыми понорами. Так, во время полевых работ 2014-15 гг. на дне южной части оз. Лухтозеро дайверами обследована воронка глубиной 16 м, а на дне оз. Ежозеро – 9 м.

Исчезающие реки известны в Онежско-Белозерском районе. Характерным примером их является р. Ужла, подземное русло которой составляет 8 км и заканчивается вклюдским источником с дебитом 500 л/с, восходящим с глубины 45,5 м. Подземная скорость течения реки по экспериментам с флюоресцином, проведенным Т.Н. Багулиной, составляет около 0,5 м/с.

Литература

1. Авдошенко Н.Д. Геологическая история и геологическое строение Вологодской области / Н.Д. Авдошенко, А.И. Труфанов. Вологда: ВГПИ, 1989.
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Вологодской области: Учеб. пособие / А.Л. Буслович, В.И. Гаркуша, Н.Д. Авдошенко, Л.Б. Галкина. Вологда: Изд-во ВИРО, 2001.
3. Куликовский Г.И. Зарастающие и периодически исчезающие озера Обонежского края // Землеведение. 1895. Т.1. Кн.1. С.17-48.
4. Чикишев А.Г. Проблемы изучения карста Русской равнины / А.Г. Чикишев. М.: МГУ, 1979.

АКТИВИЗАЦИЯ ТЕРМОДЕНУДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЦЕНТРАЛЬНОМ ЯМАЛЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ТЕХНОГЕНЕЗА

А.В. Хомутов^{1,2}, Ю.А. Дворников¹, М.О. Лейбман^{1,3}, А.А. Губарьков³, Д.Р.
Муллануров¹

¹Институт криосферы Земли СО РАН, Тюмень, Россия, E-mail: akhomutov@gmail.com

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

³Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Представлены данные полевого мониторинга и анализ дистанционных материалов по активизации термоденудационных процессов на ключевом участке Центрального Ямала при климатических колебаниях последних лет и возрастающем влиянии техногенеза.

Abstract. Presented are data on field monitoring and analysis of remote sensing data on activity of thermal denudation on Central Yamal key site under recent climatic fluctuations and technogenic impact intensification.

Климатические колебания в последние годы и активное освоение месторождений углеводородов в значительной степени повлияли на усиление активности криогенных процессов в тундровой зоне полуострова Ямал. На Центральном Ямале, где в 1989 г. происходил массовый сход криогенных оползней скольжения [5], с 2012 г. активно развиваются криогенные оползни течения по пластовым льдам, в большинстве случаев с формированием термоцирков по берегам озер. Ключевой участок "Васькины Дачи", являющийся опорным для изучения криогенных процессов [6], простирается от поймы р.Се-Яха на севере и северо-востоке до поймы р. Морды-Яха на юге и юго-западе по всем выделяемым в районе геоморфологическим уровням.

Авторами термин "термоденудационные процессы" понимается как комплекс гравитационных и эрозионных процессов, совместно развивающихся на склонах при протаивании многолетнемерзлых пород и ведущих к выполаживанию склона [1, 3, 4]. Основное внимание уделено комплексной деструкции (термин введен К.С.Воскресенским [2]) приводящей к образованию специфических форм рельефа - термоцирков. Они образуются в результате совместного воздействия нескольких деструктивных рельефообразующих процессов на залежи подземных льдов.

В период с 1989 по 2012 гг. для ключевого участка было характерно лишь локальное проявление термоденудационных процессов. К 2010 г. по данным дистанционного зондирования на изучаемой территории проявления термоденудации находились, как правило, в неактивном состоянии и зарастали. В 2010 г. при строительстве железной дороги Обская-Бованенково на одном из участков произошла значительная активизация термоденудации с формированием

нескольких термоцирков. Затронутая ими площадь варьирует от 1,5 до 20 тыс. м². В этом случае для активизации процесса потребовалось лишь нарушение нижней части склона при возведении насыпи.

В 2012 г. специфические климатические условия теплого сезона привели к возникновению новых термоденудационных форм, таких как криогенные оползни скольжения и течения, термоцирки с комплексной деструкцией по полигонально-жильным и пластовым льдам. Резкое повышение температуры воздуха и соответственно поверхности в начале теплого периода привело к сходу оползней в начале лета при глубине протаивания, достигшей к моменту активизации процесса не более 30% от максимальной. Мониторинг показал, что и максимальная глубина протаивания превышала среднее значение за 1993-2011 гг. на 15%. На многих участках склонов встречались трещины, по которым наблюдался излив разжиженной породы, что свидетельствует о высоком поровом давлении в сезонноталом слое. К 2013 г, по данным маршрутных наблюдений и дистанционного зондирования, насчитывалось 90 активных термоденудационных форм различных размеров (от 66 м² до 25 тыс. м²) в естественных условиях на площади 345 км². Эти термоденудационные формы образовались без влияния техногенеза. В 2013 г. общая площадь, подверженная активной термоденудации, составила не менее 255 тыс. м² (94 активных формы, включая техногенные термоцирки).

Как показал мониторинг за отступанием бровок ключевых термоцирков (табл., рис.), темпы отступления на начальном этапе активизации довольно высоки и ежегодный прирост площади термоцирка приближается к 20% от общей площади для классических термоцирков с пластовыми льдами и к 50% от общей площади для термоцирков с сочетанием вытаивания пластового и полигонально-жильного льда. Максимальное отступление может достигать 25-30 м/год при средних значениях 15 м/год. При сопоставлении положения бровки термоцирка за 2013 год по снимку в первой половине теплого периода и по натурным данным в конце теплого периода выявлено, что основной прирост площади термоцирка приходится на вторую половину лета, когда тепловое воздействие на залежь подземного льда максимальное. С постепенным увеличением площади термоцирка относительный прирост сокращается в результате разнонаправленного влияния климатических факторов.

Таблица

Отступление бровки ключевых термоцирков на ключевом участке "Васькины Дачи"

Дата измерения положения бровки	Площадь термоцирка, тыс.м ² (прирост, %)
Термоцирк А	
05.09.2012	2,3
05.07.2013	2,9 (26,9)
27.08.2013	4,2 (45,9)
30.08.2015	6,4 (50,2)
Термоцирк Б	
05.07.2013	25,7
26.08.2013	30,8 (19,8)
27.08.2014	35,9 (16,5)
26.08.2015	40,8 (13,6)

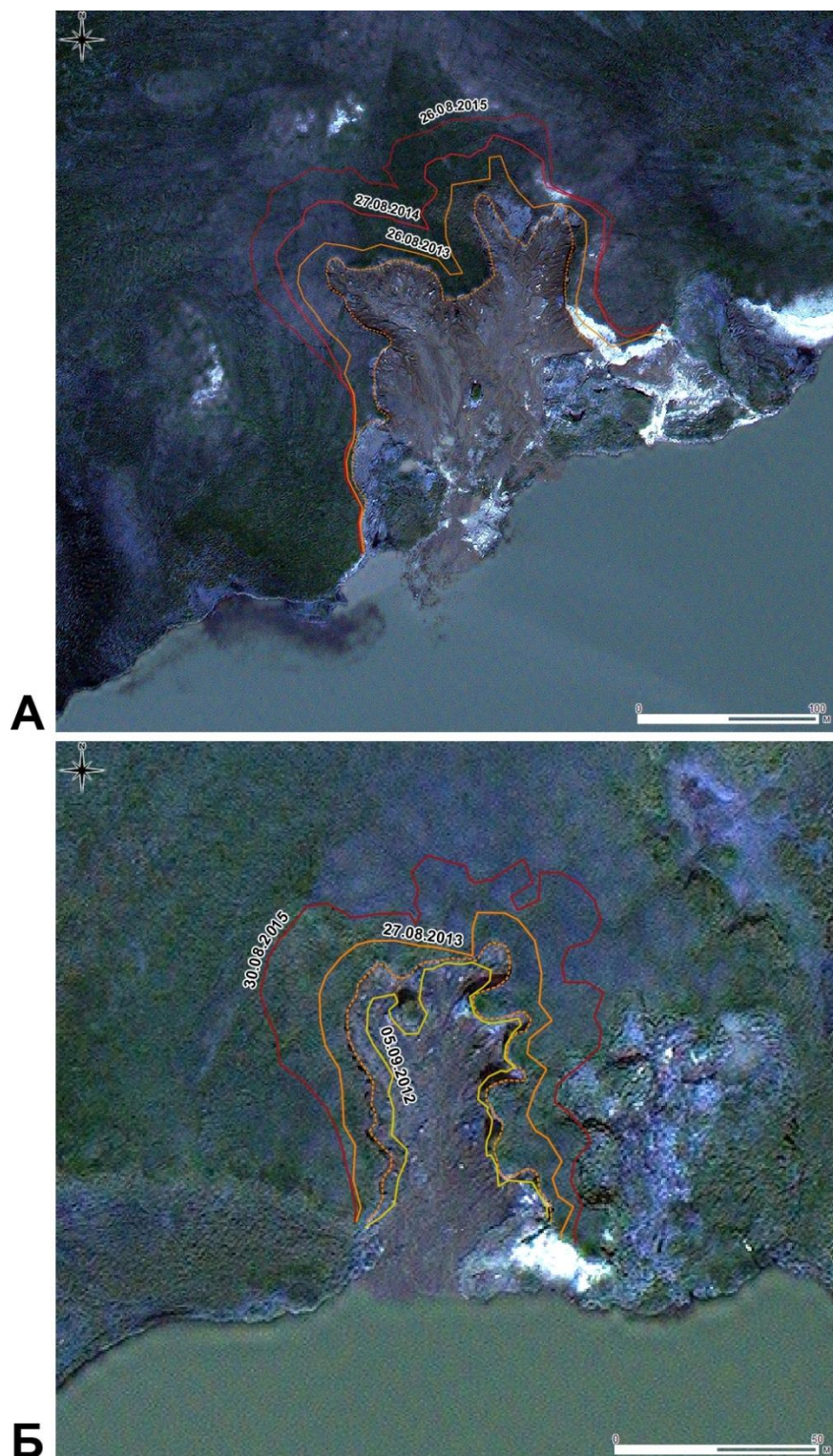


Рис. Отступление бровок термоцирков с пластовыми льдами (А) и с пластовыми и полигонально-жильными льдами (Б). Пунктирной линией показано положение бровки термоцирков на космическом снимке высокого разрешения по состоянию на 05.07.2013 г., GeoEye 1 source (Digital Globe Foundation)

Таким образом, в настоящее время в тундровой зоне полуострова Ямал наблюдается преобладание процессов, связанных с вытаиванием залежеобразующего льда из многолетнемерзлых пород (криогенные оползни

течения), над процессами, связанными с формированием льда в СТС (криогенные оползни скольжения), что обусловлено как периодическим повышением глубины протаивания, так и последовательным повышением температуры пород.

Наблюдаемая последние годы активизация термоденудационных процессов на полуострове Ямал связана с аномально теплым весенне-летним сезоном 2012 г., к концу которого на некоторых склонах произошло оттаивание верхней части сильнольдистых многолетнемерзлых пород и пластовых льдов, что спровоцировало сход криогенных оползней течения и дальнейшее развитие термоцирков.

Работа выполняется при поддержке РФФИ (проект "13-05-91001-АНФ_а), а также гранта Президента Российской Федерации для ведущих научных школ НШ-3929.2014.5.

Литература

1. Арэ Ф.Э. Термоабразия морских берегов, М., Наука, 1980, 159 с.
2. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. М., МГУ, 2001, 262 с.
3. Воскресенский К.С., Совершаев В.А. Роль экзогенных процессов в динамике арктических побережий // Динамика арктических побережий России, М., МГУ, 1998, с. 35-48.
4. Жигарев Л.А. Термоденудационные процессы и деформационное поведение протаивающих грунтов. М., Наука, 1975, 110 с.
5. Лейбман М.О., Кизяков А.И. Криогенные оползни Ямала и Югорского полуострова. М, ИКЗ СО РАН, 2007, 206 с.
6. Leibman, M.O., Khomutov, A.V., Gubarkov, A.A., Mullanurov D.R., Dvornikov Yu.A. The research station "Vaskiny Dachi", Central Yamal, West Siberia, Russia – A review of 25 years of permafrost studies. Fennia, 2015. 193:1, P. 3-30.

SOLUTION TO PREVENT ROCKSLIDE AT LEFT PORTAL OF NORTH TUNNEL OF DA NANG - QUANG NGAI EXPRESSWAY IN QUANG NAM, VIETNAM

Phi Hong Thinh¹, Pham Quoc Tuan², Pham Ngoc Minh³

1 University of Transport and Communications, Hanoi, Vietnam, E-mail: phthinh.tomsk@gmail.com

2 Vietnam Society of Rock Mechanics, Hanoi, Vietnam, E-mail: tuanpq81@gmail.com

3 Transport Engineering Design Incorporation, Hanoi, Vietnam, E-mail: minhreco@gmail.com

Abstract. Da Nang - Quang Ngai Expressway is one part of the North - South Expressway of Vietnam with 130km long, 24.5m wide. Tunnel is a section of construction package 4 with station of Km22+500 - Km23+000. The tunnel is located at Duy Son and Duy Chung communes, Duy Xuyen district, Quang Nam province, Vietnam. The tunnel is designed to go through a small hill with altitude of about 120m above sea level and 500m long and has two bounds - called North and South Tunnel. The North Tunnel has two portals - left and right. Bedrock is a sedimentary rock (alternation of sandstone and conglomerate). Authors have researched in the field, detected inaccurate in geotechnical investigation report, applied discontinuity model and failure criterion for anisotropic rock, analyzed stability of rock slope and proposed solution to prevent rockslide at the Left Portal of the North Tunnel of the Expressway.

Introduction

Da Nang - Quang Ngai Expressway is one part of the North - South Expressway of Vietnam with 130 km long, 24.5m wide. The tunnel is a section of construction package 4 with station of Km 22+500 – Km 23+000. The tunnel is located at Duy Son and Duy Chung communes, Duy Xuyen district, Quang Nam province, Vietnam. The tunnel has two bounds - North and South. The North tunnel has two portals - Left and Right.

The tunnel is designed to go through a small hill with altitude of about 120m above sea level and 500m long. Bedrock is a sedimentary rock (alternation of sandstone and conglomerate). Line of strike of the terrain is Northeast - Southwest with angle of about 60° from the North, bedding of bedrock dipping 30° to the Northwest.

- At Right Portal: many blocks of unstable rock located on the surface with different sizes (from 0.5 m to 5.0 m in diameter); plants grow poorly.

- At Left Portal: bedrock exposed on the surface at some positions, rock is highly weathered, plants grow well. However, surface failure (mass movement) is found near the tunnel: the new is about 15m in width x 30m in length on the South bound tunnel, the older is about 30m in width x 50m in length on the North bound tunnel.



**Fig. 1. Location of Da Nang - Quang Ngai Expressway [7]
Geotechnical investigation results**

- Geological condition of Left Portal: A layer of extremely weathered rock is found over the bedrock with different thickness of from 4m to 0.65m. It is residual soil (sand with gravel, reddish brown, medium dense). Conglomerate and sandstone alternate below, the proportion of conglomerate and sandstone is 4:1. Particles of conglomerate is rounded and size of 2 to 20mm, fresh to lightly weathered condition. Permeability of the fracture zone is quite small (nearly 0.5mm/min with the pressure 1 kG/cm²), compression strength of lightly weathered rock is high, approximately 50MPa in average [2].

Results of seismic survey

Results of data processing received from seismic survey have determined velocity of geological layers. At the same time, it has determined positions of low longitudinal wave velocity zone (involved in fracture and fault zone). The elastic parameters are determined according to each profile. The results of seismic survey in the North bound and South bound profile have many similar properties. The stratigraphic classification of the survey area is as follows [2]:

- Layer 1: is the covering layer, rather thin, from 0 to 4.5m. Longitudinal wave velocities are between 400 to 1000m/sec. Modulus of elasticity is between 4 to 25 (1000 kG/cm²); modulus of deformation is between 0.25 to 2.5 (1000 kG/cm²).

- Layer 2: average thickness is about 4m; at some positions in the profile of the North bound tunnel it has thickness of greater than 6.5m. Longitudinal wave velocities are between 900 to 1800m/sec, almost above the groundwater level. Modulus of elasticity is between from 20 to 81 (1000 kG/cm²). Modulus of deformation is between 1.8 to 10 (1000 kG/cm²).

- Layer 3: average thickness is about 4m. Longitudinal wave velocities are between 2100 to 2300m/sec. Modulus of elasticity is between 122 to 133 (1000 kG/cm²). Modulus of deformation is between 10 to 15 (1000 kG/cm²).

- Layer 4: thickness is from 7 to 9m in average, some few position is thinner, about 5m. Longitudinal wave velocities are between 2700 to 3500m/sec. Modulus of elasticity is between 184 to 312 (1000 kG/cm²). Modulus of elasticity is between 25 to 60 (1000 kG/cm²).

- Layer 5: longitudinal wave velocities in this layer are between 3700 to 6000m/sec, average value is 4200m/sec. Modulus of elasticity is between 349 to 932 (1000 kG/cm²). Modulus of deformation is between 75 to 400 (1000 kG/cm²).

Damage zones, faults and geological anomalies: seen at six locations in each survey line. Longitudinal wave velocities are 2000 to 3200m/sec. Modulus of elasticity is between 100 to 260 (1000 kG/cm²). Modulus of deformation is between 10 to 40 (1000 kG/cm²).

Investigation results of authors on the site

According to authors' investigation results on the site, we have detected inaccurate in geotechnical investigation report, researched and analyzed intact rock in the field. In situ intact rock has 2 fault system with grade V. Intact sandstone location in Left Portal of the North Tunnel has 3 faults system and bedding system. The bedding system has direction angle of 15⁰ - 20⁰; fault system perpendicular with bedding system has direction angle of 75⁰ - 80⁰; fault system that overlaps with face of rock slope has direction angle perpendicular with axis tunnel.

In addition, according to results of topographical survey, intact rock in study area is tectonic system with grade II, is divided into river delta and hilly regions.

Some photos of study area are shown below.

The investigation results are shown that rockslide may be happened at the Left Portal of the North Tunnel when constructing or exploiting the Tunnel.

Authors have applied discontinuity model and failure criterion for anisotropic rock, analyzed stability of rock slope and proposed solution to prevent rockslide at the Left Portal of the North Tunnel of the Expressway. The software SLIDE by Rocscience (Canada) is used for stability calculation.

Profile and geological cross section for calculation

Base on documents of project and investigation results on the site, authors established profiles and geological cross sections for study area, as follows:

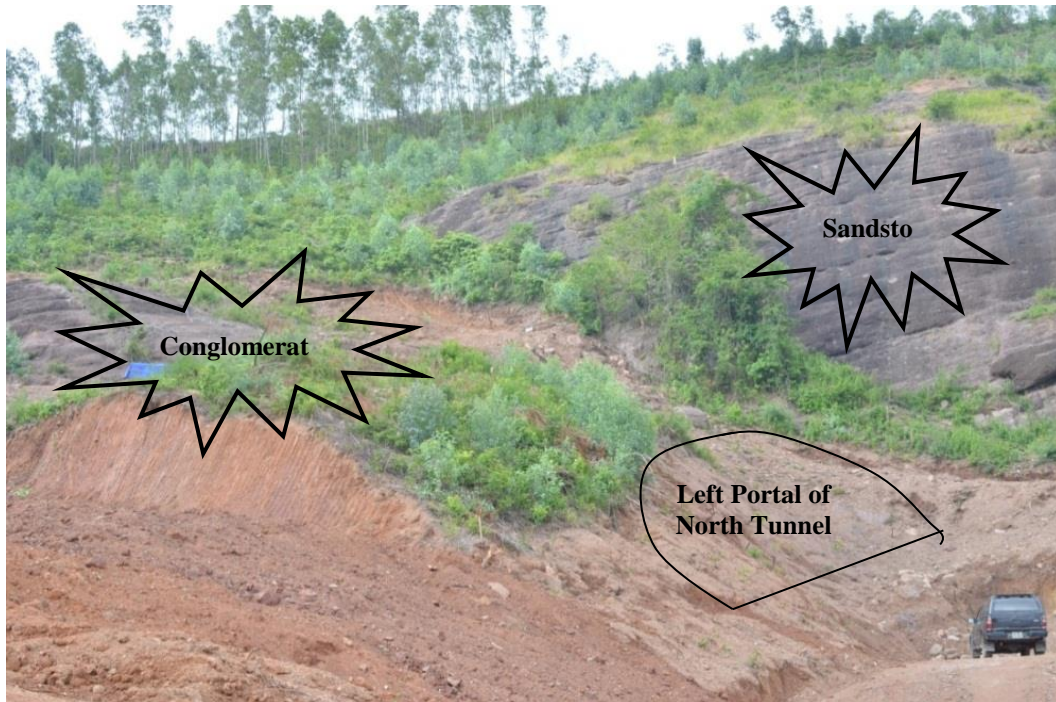


Fig. 2. Geological structure around the Left Portal of the North Tunnel



Fig. 3. Fault system grade V (main view from the Left Portal of the North Tunnel)

Table 1

Geological cross section

No.	Name of section	Location	Remark
1	Profile of axis North Tunnel with study area Left Portal		
2	Cross section MC01	Km23+031	
3	Cross section MC02	Km23+041	Left Portal

Geological cross sections with dimension, arrangement and structure of the tunnel updated from drawings of construction contractor are shown in Figures 4 to 6.

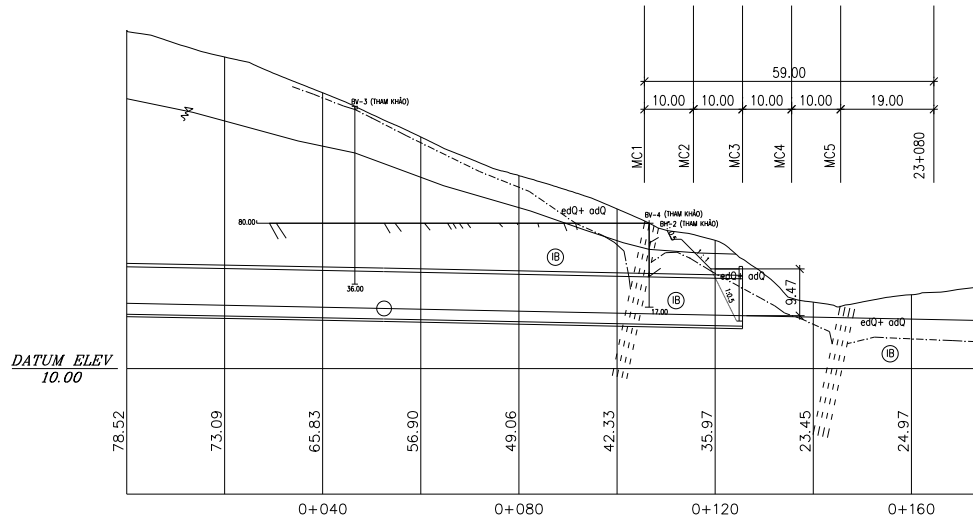


Fig. 4. Profile of axis North Tunnel with study area Left Portal

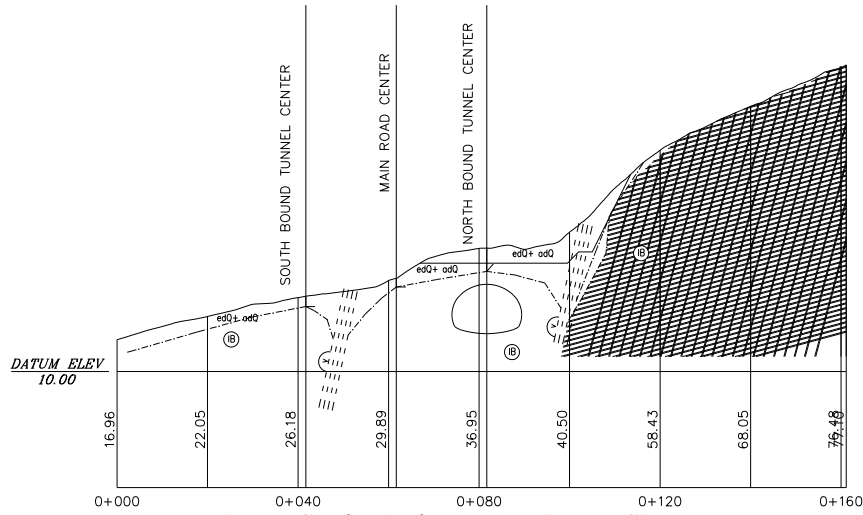


Fig. 5. Geological cross section MC01

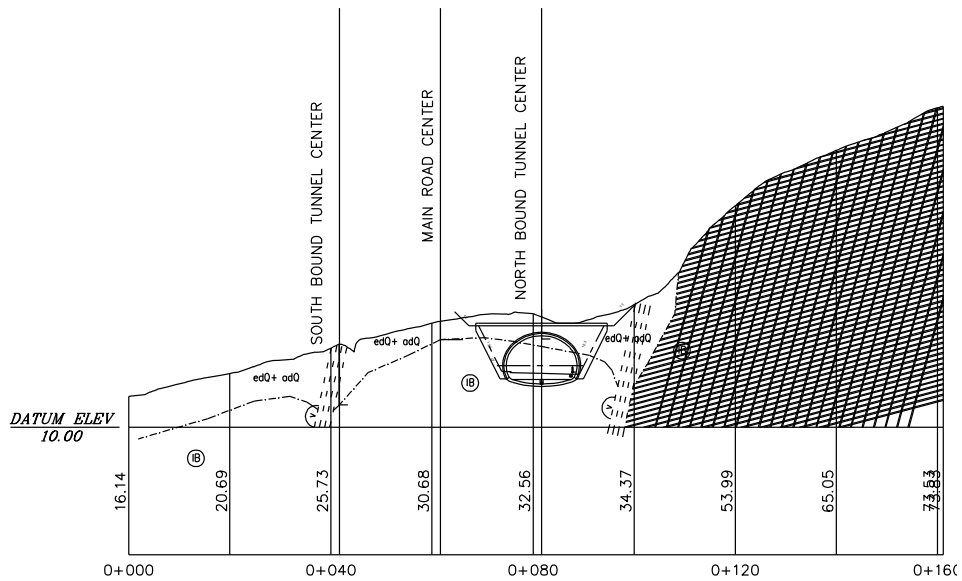


Fig. 6. Geological cross section MC02

Geological cross section MC02 at location of the Left Portal is used for stability calculation.

Parameters of intact rock and soil to be used for stability analysis of rock slope

- Layer 1: completely weathered sandstone - green grey, brown, stiff sandy clay with thickness of 0.5 to 1.2m.

Table 2

Parameters of the layer 1

Case of analysis	Bulk density γ (kN/m ³)	Internal friction angle ϕ (degree)	Cohesion c (kPa)
Natural	17.0	19	20
Saturated	20.0	16	14

- Layer 2: Parameters of sandstone mass are determined according to Hoek - Brown methods with RocLab software of Rocscience, as follows:

Table 3

Input parameters of the layer 2 for RocLab software

Case of analysis	Unconfined compressive strength of intact rock σ_{ci} (MPa)	Geological strength index GSI	Intact rock parameter m_i	Disturbance factor D	Type application
Natural	50	65	17	0.8	Slope (15m)
Saturated	25	65	17	0.8	Slope (15m)

Table 4

Output rock mass parameters according to Mohr-Coulomb method determined by RocLab software

Case of analysis	Bulk density γ (kN/m ³)	Internal friction angle ϕ (degree)	Cohesion c (kPa)
Natural	25.4	58.70	457
Saturated	25.4	55.08	276

- Bedding layer: Physico-mechanical parameters of bedding layer are determined as parameters of hard clayey soil.

Table 5

Physico-mechanical parameters of bedding layer

Case of analysis	Bulk density γ (kN/m ³)	Internal friction angle ϕ (degree)	Cohesion c (kPa)
Natural	17.0	19	36
Saturated	20.0	16	21

- Fault system perpendicular with bedding system:

Parameters of fault system perpendicular with bedding system are determined according to Hoek - Brown method; its cohesion has been determined by 20% of cohesion of rock mass (according to Hoek - Brown method).

Table 6

Parameters mechanical and physics of fault system perpendicular with bedding system

Case of analysis	Bulk density γ (kN/m ³)	Internal friction angle ϕ (degree)	Cohesion c (kPa)
Natural	17.0	33	91.4
Saturated	20.0	29	55.2

Cases of calculation

Case 1st (construction condition in natural best fit): parameters for calculation used in natural condition.

Case 2nd (construction is conducted in raining condition): parameters for calculation used in saturated condition;

Case 3rd (exploiting the tunnel in typhoon or flood condition): begin seep flow in layer rock and soil;

Case 4th: Rock slope is supported by anchors with tensile capacity of 300kN, spacing of 2m; bond length equals 10% of anchor length.

Results of rockslide calculation

Summary of calculation results is shown in the table 7 below:

Table 7

Calculation results of factor of rock slope stability at geological cross section MC02

Case of calculation	With circular slipping			With non circular slipping	
	Bishop simplified	Janbu simplified	Ordinary	Spencer	Janbu simplified
Case 1 st	2.052	2.094	2.388	-	6.628
Case 2 nd	1.783	1.895	1.771	1.914	1.778
Case 3 rd	-	-	-	1.138	1.046
Case 4 th	1.230	1.265	1.511	-	-

Conclusion and recommendation

Calculation results show that factor of rock slope stability in all cases is ensured the conditions of equilibrium limit.

However, it also must satisfy the condition of limiting factor of rock slope stability [FS]. According to Vietnamese standard, [FS] is 1.2 for rock slope. So the factor of rock slope stability in case 3rd does not satisfy Vietnamese standard. Rockslide may be happened at the Left Portal of the North Tunnel when constructing and exploiting the Tunnel in typhoon or flood condition.

In Vietnam, anchor is being used for prevention of landslide and rockslide at some projects such as Noi Bai - Lao Cai expressway, Hai Van tunnel and etc. The anchor method is highly effective one and reasonable price. Thus, we propose that anchors should be used for prevention of rockslide at the Left Portal of the North Tunnel. Anchor bars have tensile strength of 300kN, spacing of 2m; bond length equals 10% of anchor length.

Calculation result in case 4th shows that the factor of rock slope stability (FS) is greater than [FS].

References

1. Doosan Hevy Industries and Construction (2011). Slope stability Review. Doc. No DHIC-MS-CMPS-EN-A2. 2011, 255 p.
2. Joint Venture of Nippon Koei Co., Ltd. and Thai Engineering Consultants Co., Ltd. (2013). Geotechnical Investigation Report for Pakage 4, Station 1 (Km21+500 - Km26+800). 2013, 589 p.
3. Pham Q.T., Phi H.T., Nghiem H.H. (2015). Analysis stability rock slope at left bank of South portal of North tunnel - Da Nang - Quang Ngai expressway // Vietrock 2015 International Symposium / Series: Rock mechanics for sustainable development. 2015, pp. 314-322.
4. Strokova L. A. (2015). Modeling of tunneling-induced ground surface movement // Scientific and Technical Challenges in the Well Drilling Progress / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 24. 2015, 012030 doi:10.1088/1755-1315/24/1/012030.
5. Strokova, L.A. (2010). Methods of estimating surface settlement during driving of urban tunnels. Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 47, No.3. 2010, pp. 92-95.
6. Strokova, L.A. (2009). Numerical model of surface subsidence during subway tunneling. Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 46, No.3.2009, pp. 117-119.
7. https://www.google.com/?gws_rd=ssl#q=duong+cao+toc+da+nang+-+quang+ngai.

Секция 3

ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДАХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОЗЕР ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ

С.В. Борзенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, 672014, г. Чита, E-mail: svb_64@mail.ru

Аннотация. Установлено, что щелочные условия способствуют накоплению РЗЭ, содержания которых максимальны в водах более минерализованных содовых хлоридных озер. Превалирование доли ТРЗЭ_{ан} отмечается в водоемах с развитием сульфатредукции. Геохимическим барьером для ЛРЗЭ выступают собственные карбонаты, степень насыщения которыми на несколько порядков выше, чем у СРЗЭ. Равновесие с карбонатами ТРЗЭ достигается в единичных случаях. В окислительной обстановке возможно формирование Ce(OH)₄, в озерах с восстановительной средой – Ce(OH)₃.

Abstract. It has been established that the basic conditions contribute to the accumulation of REE, the contents of which are maximum in the waters of more mineralized chloride soda lakes. The prevalence proportion HREE_{an} noted with the development of sulfate reduction in lakes. It has been proved that the geochemical barrier for LREE carbonates own act, the degree of saturation that is several orders higher than that MREE. The equilibrium with carbonates HREE achieved in individual cases. In the oxidizing condition the formation of Ce(OH)₄, in lakes with a reducing environment - Ce(OH)₃.

В настоящее время накоплена колоссальная информация о распределениях РЗЭ в различных геохимических обстановках [1, 3 и др.], вместе с тем, сведения о причинах разделения РЗЭ в минеральных озерах отсутствуют. Поэтому выявление механизмов разделения РЗЭ в природных процессах вместе с данными о составе и их концентрации в разных по солености и химическому составу озерных вод может служить объективной основой для оценки результатов дифференциации РЗЭ.

Методы и объекты исследований

Определения РЗЭ в подземных и озерных водах выполнены в Аналитическом центре Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) методом ИСП-МС. Нижний предел обнаружения для РЗЭ составляет 1 нг/л, при этом среднее стандартное отклонение 11%, максимальные величины его пришлись на тулий Тm (21%) и лютеций Lu (23%). Из одного и того же фильтра определены Si, Fe, Mn, Al и др. Широкий комплекс макро- и биогенных элементов проведен стандартными методами в ИПРЭК СО РАН (г. Чита). Изучение форм нахождения химических элементов и равновесий в системе «вода-порода» проведено с использованием компьютерной программы HG32 [2]. За основные показатели, определяющие геохимическую специфику озер, приняты рН и превалирующий компонент анионного состава вод [7]. К содовым озерам отнесены водоемы с рН>9. К собственно хлоридным и сульфатным причислены озера с рН<9 и доминированием соответствующего аниона в водах.

По пространственному положению все озера относятся к Онон-Борзинской лимнической системе, которая, в свою очередь, делится на озера Агинской, Ононской и Борзинской групп [5]. Все они бессточные, повышенная соленость их вызвана

испарительным концентрированием вод. На период исследований большинство водоемов испытывали трансгрессивную фазу развития в связи со сменой засушливого периода, длившегося более десяти лет, фазой увлажнения, начавшейся в 2012 г. Размеры большинства озер существенно увеличились, другие после пересыхания вновь были вновь заполнены водой. Во второй половине лета 2014-2015 г. г. произошло резкое снижение количества осадков, которое привело к высыханию к концу августа половины от общего числа озер и повышению солености в сохранившихся. Так, соленость воды в озерах Хилганта и Горбунка увеличилась до 47.0 и 339 против 13.1 и 22.7 г/л в 2013 г. соответственно.

По предложенной классификации большинство озер принадлежат к содовому геохимическому типу с минерализацией вод от 1.17 в оз. Хойто-Торум до 58.5 г/л в оз. Куджертай (Ононская группа). Анионный состав, как правило, смешанный с доминированием углекислотных ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) или хлоридного ионов. Реже встречаются хлоридные озера, соленость которых существенно выше (от 44.5 до 339 г/л). Сульфаты доминируют в исключительных случаях, при этом чаще встречается содовый сульфатный тип, собственно сульфатное озеро отмечено в единственном случае (оз. Цаган-Тором, Агинская группа). По всем озерам без исключения в катионном составе вод лидирует натрий.

Донные осадки большинства озер представлены черными маслянистыми илами с минеральными частицами глинистого и карбонатного состава с ярко выраженным запахом сероводорода, зачастую отмечаемым в водной толще, поэтому значения окислительно-восстановительного потенциала здесь часто находятся в области отрицательных значений.

Результаты и обсуждение

В водах минеральных озер содержания $\Sigma\text{PЗЭ}$ варьируют в широком диапазоне (таблица). Максимум регистрируется в водах содовых озер минимум в наиболее минерализованных хлоридных. Нормализованные (по NASC) концентрации PЗЭ в содовых озерах имеют сходные профили распределения с выраженными европиевой и гольмиевой положительными и цериевой отрицательной аномалиями (рисунок), поэтому содержания $\text{CPЗЭ}_{\text{ан}}$ заметно выше. На колебания содержаний CPЗЭ существенное влияние оказывает также знакопеременный характер аномалий гадолиния $\text{Gd}_{\text{ан}}$, наиболее наглядно проявленный в содовых озерах Зун-Нур и Дунда-Нур (Агинский), различающихся более чем на порядок содержаниями карбонат-ионов CO_3^{2-} и $\Sigma\text{PЗЭ}$ (CO_3^{2-} 3660 и 324.0 мг/л; $\Sigma\text{PЗЭ}$ 79.5 и 1.20 мкг/л соответственно). В первом случае выявлена отрицательная аномалия гадолиния, во втором положительная.

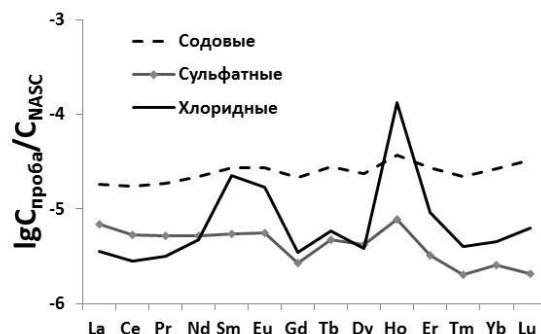


Рис. Распределения редкоземельных элементов в различных геохимических типах вод (по средним содержаниям) минеральных озер Восточного Забайкалья

По большинству собственно хлоридных озер графики нормализованных содержаний $LP3Э_{an}$ имеют сглаженные, а $CP3Э_{an}$ и $TP3Э_{an}$ – пилообразные профили, указывающие на глубокую дифференциацию состава лантаноидов. На фоне снижения содержаний $\Sigma P3Э$ в водах в большей степени уменьшаются концентрации $LP3Э_{an}$ и $TP3Э_{an}$. Преимущество $CP3Э_{an}$ проявлено здесь максимально. В самой малочисленной группе собственно сульфатных и содовых сульфатных озер содержание $\Sigma P3Э$ в водах немного выше, чем в хлоридных. Профиль распределения нормализованных концентраций $P3Э$ слабо дифференцирован, за исключением содового сульфатного оз. Бусутуй-Нур с выраженной отрицательной аномалией тербия Tb_{an} , которая в водах сульфатного оз. Цаган–Тором переходит в положительную область.

Во всей выборке (104 озера) четкой корреляции между суммарным содержанием $P3Э$ и восстановленной серой не выявлено, при том, что с ростом ее содержания в составе $P3Э$ увеличивается доля $TP3Э_{an}$, достигая максимальных значений в озерах с ярко выраженным процессом сульфатредукции (содержания гидросульфидной серы в водах достигают 370 мг/л). Так, в зоне развития бактериальных матов оз. Зун-Торей, населенных колониями микроорганизмов, одновременно отмечается рост содержания гидросульфидной серы, концентраций $TP3Э_{an}$ и $LP3Э_{an}$ ($CP3Э/LP3Э^{NASC}=0.9$ и $CP3Э/TP3Э^{NASC}=0.5$). Напротив, в пробе, не содержащей продуктов бактериального метаболизма, доминируют $CP3Э_{an}$ ($CP3Э/LP3Э^{NASC}=5.3$ и $CP3Э/TP3Э^{NASC}=2.9$). Снижение содержания сероводорода на фоне роста минерализации вод оз. Горбунка через год приводит к росту здесь содержания $P3Э$ преимущественно за счет накопления $CP3Э_{an}$, относительные концентрации которых превысили $LP3Э_{an}$ в 16 и $TP3Э_{an}$ в 10 раз. В оз. Хилганта, напротив, увеличение содержания $\Sigma S_{восст.}$ к этому сроку обернулось ростом в большей степени относительных содержаний элементов подгруппы $TP3Э_{an}$.

Химическое и биохимическое родство между Fe, Mn и лантаноидами используется редуцирующими микроорганизмами в их биогеохимических превращениях [4], поэтому в восстановительной среде возможно образование сульфидов $P3Э$. Ввиду низких значений произведений активностей лантаноидов и сульфид-иона при максимальных значениях по лантану (в среднем 10^{-34}) и минимуме по [4] произведения его растворимости собственных сульфидов Ln_2S_3 лантаноиды не образуют. Однако близость ионных радиусов сульфидов с $TP3Э$ предполагает их активное участие в образовании комплексных частиц. Участие сульфидов в миграции $P3Э$ проявляется в корреляции между $TP3Э$ и гидросульфидной серой HS^- (0.6) в содовых озерах. Учитывая, что процесс формирования сульфидов железа (гидротроилита) сопровождается частичным растворением гидроксидов железа и марганца, в ходе которого должно осуществляться перераспределение связанных с ними $P3Э$, в зоне восстановления возможен переход $P3Э$ обратно в растворенное состояние, большей частью более мобильного церия [3]. В то же время, отсутствие ярко выраженной положительной аномалии Се в водах с восстановительной обстановкой, в которой он имеет степень окисления $3+$, в отдельных озерах объясняется образованием слаборастворимого его гидроксида $Se(OH)_3$ ($PP = 6.43 \cdot 10^{-26.4}$ по [6]. В окислительной среде устойчивость церия в водах контролируется его гидроксидом $Se(OH)_4$, формирование которого, по расчетам, отмечается по всем без исключения озерам (среднее произведение активностей равно 10^{-41} при $PP = 1.6 \cdot 10^{-55}$). Как показали расчеты, равновесие воды с гидроксидом лютеция ($PP = 10^{-22.8}$) не достигается.

Относительно малая величина растворимости карбонатов $LP3Э$ и $CP3Э$ ($PP_{La} = 10^{-33.4}$ и $PP_{Gd} = 10^{-33.0}$ [1] также контролирует их содержания в водах, поэтому они в большей степени накапливаются в донных отложениях. Формирование собственных

карбонатов ТРЗЭ в озерных водах фиксируется в исключительных случаях, при этом степень насыщения в среднем составляет в содовых озерах по тербию 2.1 и по лютецию 1.3, в хлоридных и сульфатных элементы этой подгруппы карбонаты не формируют.

Термодинамический анализ равновесий вод с основными солями и минералами (гидроксиды, сульфиды, карбонаты, сульфаты и хлориды, алюмосиликаты и силикаты) показал, что все озерные воды пересыщены каолинитом, монтмориллонитами (различного состава), гидроокислами железа, марганца, алюминия (гиббсит), в восстановительной обстановке активно формируются сульфиды металлов (в особенности гидротроилит). В содовых, хлоридных озерах к этому списку прибавляется флюорит. По расчетам в содовых озерах массы высаженных из раствора вторичных образований существенно превосходят подобные в хлоридных и сульфатных озерах. Высокая обменная емкость вторичных образований и их способность к сорбции также приводит к извлечению РЗЭ из воды и совместному осаждению в донные отложения. Все эти вторичные образования ограничивают содержания РЗЭ в водах, но выщелачивание водовмещающих горных пород способствует обогащению озерных вод химическими элементами, в т. ч. и РЗЭ.

Таблица

Средние содержания растворенной фракции РЗЭ в водах минеральных озер Восточного Забайкалья (мкг/л) и их нормализованные значения

Химические типы вод	Содовый	Сульфатный	Хлоридный
La ; мкг/л	0.455	0.220	0.115
Ce	0.946	0.390	0.206
Pr	0.105	0.041	0.025
Nd	0.637	0.170	0.155
Sm	0.163	0.031	0.128
Eu	0.023	0.007	0.021
Gd	0.077	0.014	0.018
Tb	0.017	0.004	0.005
Dy	0.074	0.022	0.020
Ho	0.080	0.008	0.140
Er	0.085	0.011	0.031
Tm	0.006	0.001	0.002
Yb	0.044	0.008	0.014
Lu	0.008	0.001	0.003
ΣРЗЭ	2.347	0.92	0.65
ЛРЗЭ _{ан} (La-Nd)	$7.3 \cdot 10^{-5}$	$2.2 \cdot 10^{-5}$	$9.4 \cdot 10^{-6}$
СРЗЭ _{ан} (Sm-Ho)	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$3.7 \cdot 10^{-5}$	$8.5 \cdot 10^{-5}$
ТРЗЭ _{ан} (Er-Lu)	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$1.6 \cdot 10^{-5}$
Ce/Ce*	0.86	0.90	0.72
Eu/Eu*	2.17	1.40	4.45

Исследования выполнены при поддержке проекта 79.1.3. «Гидрогеохимия, криогеохимия и электрофизические свойства ледяных образований в зоне техногенеза рудных месторождений Забайкалья» и проекта РНФ № 15-17-10003 «Физико-химическое моделирование гидрогеохимических процессов в озерно-болотных системах юга Сибири, Северного Казахстана и Западной Монголии в присутствии природных

высокомолекулярных органических кислот» в рамках которого проведены гидрогеохимические исследования на 10 озерах Ононской группы.

Литература

1. Балашов А.Ю. (1976) Геохимия редкоземельных элементов. М.: Наука, 267 с.
2. Букаты М.Б. (2002) Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач. Известия ТПУ 305 (6), 348–365.
3. Дубинин А.В. (2004) Геохимия редкоземельных элементов в океане. Литология и полезные ископаемые (4), 339-358.
4. Маракушев А.А., Гаврилов Н.М., Маракушев С.А. (2004) Термодинамика и биогеохимия лантанидов и актинидов. ДАН 397 (5), 664-669.
5. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. (1961) Гидрогеология минеральных вод и их народнохозяйственное значение. Под. ред. Ткачук В.Г. и Толстихина Н.И. М.– Л.: Изд-во АН СССР 1, 338 с.
6. Чиркс Д.Э., Лобачева О.Л., Берлинский И.В. (2010) Энергия Гиббса образования гидроксидов лантаноидов и иттрия. Журнал физической химии, 84 (12), 2241-2244.
7. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. (2014) Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии. Геохимия. (5), 432-449.

ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВОГО ИСТОЧНИКА СЕРЕБРЯНЫЙ КЛЮЧ (ХРЕБЕТ ЛОЗОВЫЙ)

И.В. Брагин¹, К.Ю. Бушкарева¹, И.С. Иванова^{2,3}, Г.А. Челноков¹

¹Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, Владивосток, E-mail:bragin_ivan@mail.ru

²Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, Томск, Россия, E-mail:IvanovaIS_1986@mail.ru

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. Изучены геологические и гидрогеологические условия хребта Лозовый (южное Приморье), в пределах которого широко распространены карстовые явления. Исследованы водовмещающие породы карстового источника Серебряный ключ, расположенного у подножья пещеры Медвежий клык. Установлено, что карстующиеся породы представлены кальцитом CaCO₃, а аксессуарным минералом является барит BaSO₄. Установлено, что среди микроэлементов, входящих в состав карбонатных водовмещающих пород, наиболее высокие содержания характерны для Sr, Ba, Cu и Ni. Также изучен химический состав вод источника Серебряный ключ, которые являются пресным, гидрокарбонатными кальциевыми и слабощелочными.

Abstract. Geological and hydrogeological conditions of The Lozoviy ridge (South Primorye), within which the karst phenomena are widespread, was studied. The water-contained rocks of the karst spring The Serebryaniy kluch, which is located at the piedmont of the cave Medvezhiy Klyk, was studied. It was found, that the karst rocks are presented by calcite (CaCO₃), and an accessory mineral is barite (BaSO₄). Among the trace elements, which included in a composition of carbonate rocks, the maximal concentration for Sr, Ba, Cu and Ni. Also was studied the chemical composition of water spring The Serebryaniy kluch, which are fresh, hydrocarbonate calcium and weakly alkaline.

В мире чрезвычайно широко распространены карстовые явления. Так, известняковый карст образует целые карстовые районы в Перинях и Карпатах. Альпы характеризуются интенсивно развитым карстом в известняковом окаймлении горноледникового высокогорья. Карст развит в ордовикских и силурийских известняках южного склона Балтийского кристаллического щита, на островах Эланде и Готланде. В Центральной Европе карст развит в палеозойских породах и в мезозойских известняковых толщах. Сюда входят район Краковской Юры, Чешский Карст и др.

[3,4]. Характерно развитие карста на Балканском полуострове: плато Крас (Карст), Словенское плоскогорье, полуостров Истрия, Динарские горы. На Карпатах карст развит главным образом в рифогенных известняках. В Крыму карстовые явления распространены в горной и степной частях. Карст довольно широко распространен в горах Урала, Южной Сибири, местами в Средней и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Так, в Восточно-Приморском карстовом округе закарстованы карбонново-пермские и верхнетриасовые породы, в значительной части рифовые известняки, распространен задернованный и голый карст с каррами, воронками, гротами, пещерами. В Южно-Приморском карстовом округе закарстованы рифовые известняки позднепермского возраста, распространен голый и задернованный карст с каррами, воронками, понорами, карстовыми останцами [3].

Объектами исследований являются водовмещающие породы и карстовые воды хребта Лозовый. В статье использованы материалы, полученные авторами в результате полевых исследований, проведенных в августе 2015 г, а также опубликованные материалы других авторов [1, 6]. При проведении полевых работ в каждой точке гидрогеохимического опробования *in situ* определились параметры быстроизменяющихся компонентов, таких как температура, Eh, pH, электропроводность, содержание гидрокарбонат-иона. Стационарно образцы пород и пробы воды исследовались в Лаборатории аналитической химии Аналитического центра ДВГИ ДВО РАН.



Рис. 1. Обзорная схема исследуемой территории

Хребет Лозовый представляет собой останцевый массив протяженностью около семи километров, сложенный рифогенными известняками. Располагается массив между реками Партизанская и Новорудная, севернее г. Находка и окаймлен невысокими сильно разрушенными денудационными водораздельными горами. На гидрологию местности, кроме особенностей геологического строения территории, сильно влияет доминирующая роль р. Партизанская. Склоны массива, направленные к Партизанской

долине имеют более пологий вид, по сравнению с крутыми, обрывающимися почти вертикально, противоположными склонами хребта. Исследуемый район относится к Партизанскому карстовому району (рис. 1).

Карст на массиве в южной части преимущественно голый, а в северной полузадернованный. Поверхностные формы карста представлены каррами, желоб-ками, скальными останцами, нишами и гротами, воронками и котловинами. Из подземных форм карста известно несколько десятков пещер, в том числе глубочайшая в Приморском крае – Соляник, а также пещеры Близнац, Дальняя, Сквозная, Малая, Мечта Спелеолога, Медвежий Клык и другие.

Геология хребта Лозовый изучена достаточно подробно. На данной территории широко развиты верхнепермские отложения, которые представлены морскими, прибрежно-морскими и континентальными образованиями.

Сицинская свита (P2sc) сложена терригенными, вулканогенно-осадочными и вулканогенными породами, находящимися в примерно равных соотношениях. Мощность свиты составляет 280 м в северной части зоны, увеличиваясь до 630 м в районе г. Находка.

Чандалазская свита (P2cn) распространена прерывистой полосой и протягивается от п-ова Трудный на северо-восток, до бассейна р. Поворотная. Залегает на сицинской свите. Свита сложена известняками, горизонтами алевролитов (первые десятки м) и пачками переслаивания конгломератов, песчаников и алевролитов. Состав свиты в целом не меняется по простиранию. Мощность свиты 385–570 м.

Аллювиальные отложения (aQ) слагают аккумулятивную часть высоких террас. Представлены разномерными песками с редкой мелкой галькой и глинами с прослоями суглинков и супесей. Мощность отложений достигает 50 м.

В гидрогеологическом отношении территория Партизанского карстового района, в том числе и хребта Лозовый, относится к Южному району Сихотэ-Алинской гидрогеологической области. Район характеризуется пониженным горным рельефом, разветвленной речной сетью. Зона активного водообмена мощностью 300–500 м захватывает верхнюю трещиноватую часть разреза: четвертичные образования, верхняя часть разреза кайнозоя межгорных впадин. Подземные воды формируются в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Широко развиты глубинные формы карбонатного карста, связанные преимущественно с подзоной подвешенных вод и зонами переменной, горизонтальной и отчасти сифонной циркуляции. Сюда относятся карстовые пещеры, карстовые каналы, полости и каверны. Наиболее водообильны четвертичные отложения. К карбонатным и терригенно-карбонатным отложениям позднего палеозоя приурочены водоносные горизонты и комплексы трещинно-карстово-пластового типа.

Одним из главных условий развития карста является водопроницаемость карстующихся пород, определяемая их пористостью, трещиноватостью и кавернозностью. Авторами были исследованы вмещающие породы и сами воды источника Серебряный ключ, выходящего у подножья карстового массива неподалеку от пещеры Медвежий клык. Пещера Медвежий клык находится на высоте 430 метров над уровнем моря на узком скальном гребне. Породы пещеры разбиты системами трещин разной ширины и направлений. В связи с разрушением горного массива и уничтожением ее водосборного бассейна развитие полости пещеры прекратилось. Дебит источника Серебряный ключ не превышает 50 л/с. Химический состав вод приведен в табл. 1.

Таблица 1
Химический состав вод карстового родника Серебряный ключ

Источник	pH	Eh	OM	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺
		мВ	мг/л						
Серебряный ключ	8,1	152	243	153,5	11,1	1,9	44,5	7,3	7,7

Примечание: OM – общая минерализация

По основным физико-химическим свойствам воды источника являются пресными (минерализация 243 мг/л), гидрокарбонатными кальциевыми, слабощелочными (pH 8,1). Ионы SO₄²⁻, Cl⁻ и Na⁺ имеют сугубо подчиненное значение в составе солей.

Определение микроэлементного состава вмещающих горных пород было выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрометре Agilent 7500 (аналитик Еловский Е.В.). Главными элементами изученной породы являются CaO – 54,9 мас.% и SiO_2 – 0,92 мас.%. Среди микроэлементов, входящих в состав карбонатных минералов максимальные концентрации характерны для Sr (374 г/т), Cu (15,9 г/т), Ba (18,6 г/т). Содержаниями от 1,0 до 8 г/т характеризуются Cr, Ni, Zr, La, Ce, Nd, Y, Sc, V, As, Pb. Минимальные концентрации имеют Sn, Cs, Tb, Tm, Lu, Hf, Ta.

Среди микроэлементов стоит отметить стронций, концентрация которого максимальна. Он может встречаться в породах любого литологического состава, большей частью входит в состав карбонатных пород в качестве элемента-примеси, либо в виде изоморфных замещений кальция в структуре кристаллических решеток карбонатных минералов (кальцита и доломита). Стронций активно участвует в процессах растворения и выщелачивания, происходящих под воздействием атмосферных и подземных вод. Кроме того, стронций может образовывать самостоятельные минералы – стронцианит (SrCO_3) и целестин (SrSO_4), хотя на исследуемой территории они не были обнаружены [7]. В исследованном под электронным микроскопом образце эти минералы выявлены также не были.

Петрографические исследования горных пород были выполнены в Аналитическом центре ДВГИ ДВО РАН на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM 6490LV с приставкой INCAEnergy 350 (аналитик Бушкарева К.Ю.). По результатам анализов образцов пород можно сделать вывод о том, что карстующиеся породы пещеры Медвежий клык представлены кальцитом (CaCO_3) с небольшой долей магния (рис. 2, а). Полученные результаты подтверждаются архивными материалами [2], в которых описано, что основными компонентами пород являются CaO (55 мас.%) и MgO (0,5 мас. %). В качестве микровключений обнаружены FeO (рис. 2, б), SiO_2 , TiO_2 , также единичные кристаллы пирита (FeS) и Au. Наиболее часто встречающимся аксессуарным минералом является барит (BaSO_4) (рис. 2, в). Встречаются сплавы типа CuNi и CuZn , имеющие, вероятно, техногенное происхождение.

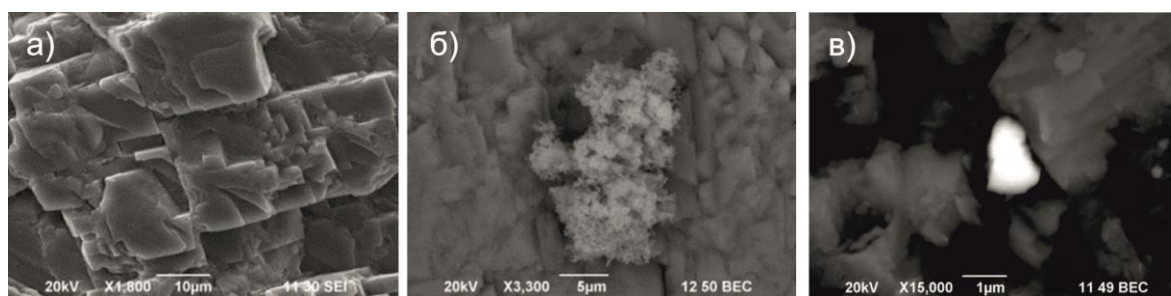


Рис. 2. Фотографии образцов карбонатных пород хребта Лозовый, полученные на сканирующем электронном микроскопе JeolJSM 6490LV: а) морфология CaCO_3 , б) морфология FeO , в) микровключения BaSO_4 в карбонате.

Анализ полученного материала позволяет говорить о том, что для хребта Лозовый характерен карбонатный класс карста, где карстующимися породами являются известняки Чандалазской свиты. Карбонатные породы содержат в повышенном количестве стронций, барий, никель, минеральные формы которых, за исключением Sr, были определены с помощью электронной микроскопии. Подземные воды, залегающие в терригенно-карбонатных отложениях позднего палеозоя, образуют комплексы трещинно-карстово-пластового типа. Воды являются пресными, гидрокарбонатными

кальциевыми. Полученные геохимические характеристики карстующихся пород источника Серебряный ключ показывают, что по отношению к карбонатным породам агрессивность вод незначительна, и в склоновых условиях происходят в основном их вертикальные нисходящие перетоки.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-35-50435, грант ДВО РАН 15-1-2-097.

Литература

1. Анохин В. М., Рыбалко В. И., Аленичева А. А., Леликов Е. П. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист К–(52), 53. – Владивосток. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 332 с.
2. Берсенев Ю.И. Карст Дальнего Востока. –М.: Наука, 1989. –172 с.
3. Гвоздецкий Н.А. Карст/ Н.А. Гвоздецкий. – М.: Мысль, 1981. – 214 с.
4. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика / Н.А. Гвоздецкий. – М.: Мысль, 1972. – 392 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист (L-(52), 53; (K-52, 53) – оз. Ханка. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. –684 с.
6. Демин Л.В., Берсенев Ю.И., Татарников В.А. Карст Приморского, Хабаровского краев и Амурской области//Карст Сибири и Дальнего Востока. – Владивосток, 1980. – С. 5–54.
7. Юдович Я.Э., Майдль Т.В., Иванова Т.И. Геохимия стронция в карбонатных отложениях. –Л.: Наука, 1980.– 152 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕННОСТИ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ВТОРИЧНЫМИ МИНЕРАЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ТАРЫС, ТУВА)

Н.В. Гусева, Ю.Г. Копылова, А.А. Хващевская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: guseva24@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены особенности химического состава вод родников природного комплекса Тарыс. Выделены три типа подземных вод: грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея (5 выходов); трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания (5 выходов); трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с отдаленной областью питания (10 выходов). Оценена насыщенность вод вторичными минералами.

Abstract. In the article the peculiarities of the spring chemical composition in the natural spa area «Taris» has been considered. The trace element behavior, gas composition and radioactivity are presented. The following types of groundwater were identified: the groundwater in regional fracturing zone of Riphean carbonate-terrigenous rocks of the (5 springs); fracture-vein waters with oxidizing-reducing conditions confined tanuolsk plagiogranite complex with the local recharge area (5 springs); fracture-vein waters with reducing conditions confined tanuolsk plagiogranite complex with the far recharge area (10 springs). The water saturation with respect to secondary minerals has been evaluated.

Природный комплекс «Тарыс» располагается в отрогах Прихубсугульского нагорья в устьевой части руч. Аржаанец, притока р. Барахоля у выхода ее в Тарысскую котловину. Эти источник с давних времен являются местом паломничества местного населения, которое здесь осуществляет стихийное лечение.

Впервые термы Тарыса были описаны в 1932 г. В.М. Левченко [3], а в 1949 г. они изучались бальнеологом С.Л. Рогачевским. Изучением режима минеральных вод и строительством ванн на Тарысе в 1954–1955 гг. занимались сотрудники «Союзгеокаптажминвод», результаты их исследований представлены в работе [1]. Летом 1955 г. Тувинским облздравотделом на Тарысе был организован временный врачебный пункт (врач Е.Е. Вакуленко) и консультации бальнеологов (А.О. Блюменфельд и П.А. Черкашин). В 1965 году термы обследовались Е.В. Пиннекером и Ю.И. Кустовым, результаты этих исследований представлены в [5].

Источники природного комплекса Тарыс приурочены к крупному разлому субмеридионального простирания вдоль тектонического контакта балыктыгхемской свиты (RF *bl*) и таннуольского плагиогранитового комплекса ($v_{\delta C_2 t_2}$). Балыктыгхемская свита представлена крупнозернистыми мраморами белого и светло-серого цвета с небольшим присутствием прослоев кварцитов, биотитовых и биотит-амфиболовых кристаллических сланцев, перемежающихся с мраморированными онколитовыми известняками и хлорит-серицитовыми сланцами. Породообразующими минералами таннуольского плагиогранитового комплекса являются: плагиоклаз (андезин, андезин–олигоклаз), роговая обманка, биотит, кварц, реже калиевый полевой шпат (0–15 %). Сочетания этих минералов составляют ассоциацию пород с натриевым уклоном, характерную для диорит-гранодиорит-плагиогранитной формации. В приконтактных частях балыктыгхемской свиты с таннуольским комплексом появляются новообразования граната, андалузита и силлиманита.

Контакт отложений рифея и среднекембрийских таннуольских интрузий прослеживается на правом склоне пади Аржаанец в 250–300 м выше выхода терм. Непосредственно у источников склоны сложены известняками, разбитыми крутопадающими трещинами меридионального направления. Интенсивной разгрузке подземных вод несомненно способствует наличие узла пересечения крупных разломов и оперяющих их тектонических нарушений, создающих барражный эффект при разгрузке подземных вод.

Полевые работы по изучению и опробованию родников проводились в 2012 г. под руководством Ч.К. Ойдул [4], а в 2013 году под руководством и при непосредственной участии К.Д. Аракчаа [2], а в 2014 г. непосредственно при участии авторов статьи. Схема расположения выходов подземных вод природного комплекса Тарыс представлена в произвольном масштабе на рисунке.

Родники разгружаются на абсолютной отметке 940 м и выходят по обоим бортам руч. Аржаанец. При обследовании в сентябре 2013 года опробовано 19 выходов подземных вод. По условиям выхода подземных вод и их составу выделены следующие воды: грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея (5 выходов); трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с местной областью питания (5 выходов); трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиогранитового комплекса с отдаленной областью питания (10 выходов); поверхностные воды руч. Аржаанец (1 точка опробования).

Грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея развиты в восточной части бассейна руч. Аржаанец. По составу эти воды холодные с температурой 6,35 °С, нейтральные с рН 7,5, пресные гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 350 мг/л и содержанием кремния 5,1 мг/л и фтора 0,49 мг/л лития 0,011 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=5) выглядит следующим образом (около параметра М указана величина минерализации в г/л и сумма катионов в мг-экв/л):

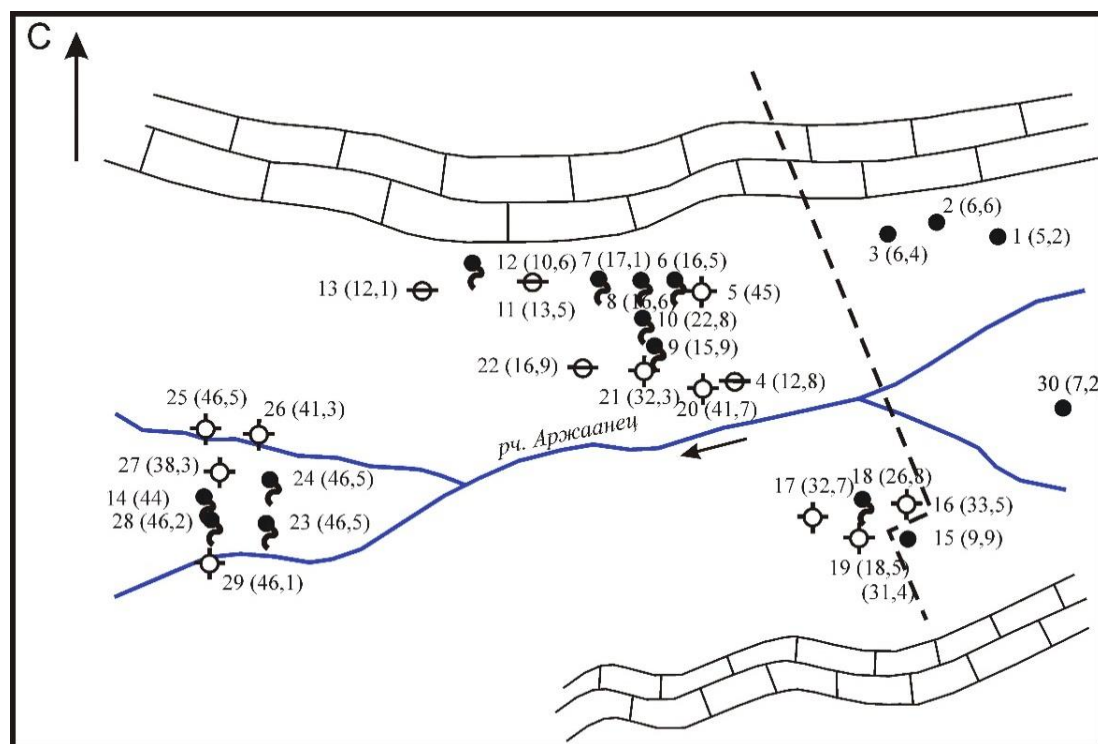
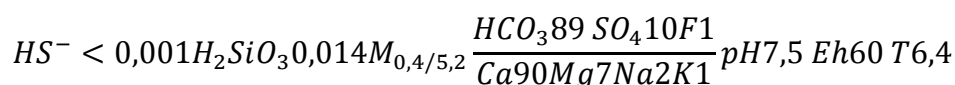
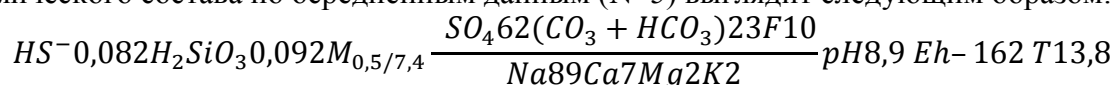


Рис. Схема выходов подземных вод природного комплекса Тарыс
 Условные обозначения 1 – грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея; 2 – трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитового комплекса с местной областью питания; 3 – трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитового комплекса с отдаленной областью питания 4 – предполагаемый тектонический контакт карбонатно-терригенных отложений рифея и образований таннуольского плагиигранитового комплекса. Цифры около источников – номера источников, в скобках – температура

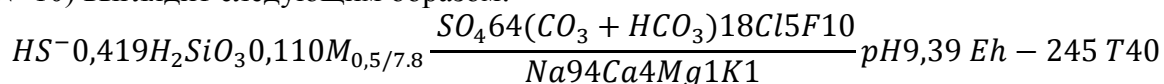


Трещинно-жильные воды окислительно-восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитового комплекса с местной областью питания распространены по правому борту долины в центральной части исследуемой территории. Водовмещающими отложениями являются алюмосиликатные образования таннуольского плагиигранитового комплекса. По составу это холодные воды с температурой 13,8 °С, гидрокарбонатно-сульфатные натриевые щелочные с рН 8,9 воды с содержанием кремния 33,2 мг/л, фтора – 14,9 мг/л и лития – 0,076 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=5) выглядит следующим образом:

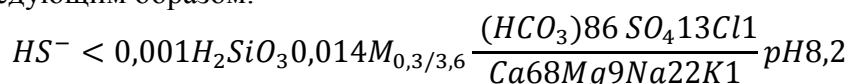


Трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитового комплекса отдаленного питания распространены в алюмосиликатных образованиях таннуольского плагиигранитового комплекса в центральной и западной части исследуемого бассейна руч. Аржаанец. По составу это

теплые воды с температурой 40 °С пресные сульфатные натриевые с минерализацией 526 мг/л щелочные с рН 9,4 воды с содержанием кремния – 39,3 мг/л, фтора – 15,27 мг/л и лития – 0,067 мг/л. Формула химического состава по осредненным данным (N=10) выглядит следующим образом:



Анализ состава поверхностной воды руч. Аржаанец, который ниже по течению питается разгружающимися подземными водами, показал, что состав речной воды в значительной мере соответствует составу грунтовых вод рифейских образований в смешении с трещинно-жильными водами таннуольского плагиигранитового комплекса. По составу это холодные пресные гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией 280 мг/л слабощелочные с рН 8,2 воды с содержанием кремния 4,9 мг/л, фтора – 0,48 мг/л и лития – 0,0063 мг/л. Формула химического состава выглядит следующим образом:



Согласно оценке степени насыщенности рассматриваемых типов вод вторичными минералами на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода находятся грунтовые воды. Ультрапресные грунтовые воды гидрокарбонатного кальциевого состава насыщены гиббситом, при этом воды ненасыщенны глинистыми минералами, карбонатными и сульфатными минералами (табл. 1.). Это свидетельствует о незначительном времени взаимодействия рассматриваемых вод с горными породами.

Состояние насыщенности трещинно-жильных вод таннуольского плагиигранитного комплекса сульфатного натриевого состава вторичными минералами свидетельствует о более длительном взаимодействии этих вод с горными породами. Воды этого типа насыщены глинистыми минералами (каолинитом и монтмориллонитами), а также карбонатами кальция и железа (табл.), что способствует удалению кальция и магния из вод. Возможно, с этим и связаны низкие содержания в этих водах кальция и магния при высоких концентрациях натрия, сульфатов и относительно малой общей минерализации. С сульфатами (тенардитом, мирабилитом, глауберитом, эпсомитом, целестином, ангидритом, баритом) все воды неравновесны. При этом теплые воды характеризуются большими значениями параметров насыщенности рассматриваемыми вторичными минералами, что может свидетельствовать о влиянии на процессы взаимодействия в системе вода-порода температурного режима вод.

Самые высокие значения параметра насыщенности среди рассматриваемых сульфатных минералов отмечаются для барита от –0,3 до –0,8. Источником серы в водах могут выступать зоны сульфидной минерализации контактового метаморфизма, а также гидросульфиды вод глубокого проникновения в рифтовую зону разлома.

Трещинно-жильные воды восстановительной обстановки таннуольского плагиигранитного комплекса являются азотными минеральными и могут быть охарактеризованы как теплые, очень теплые, термальные щелочные слабоминерализованные кремнистые фторидные сульфидные карбонат-гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные натриевые. По своим лечебным свойствам они могут быть отнесены к 4-й бальнеологической группе минеральных вод (Уш-Белдирский тип, МУ МЗ РФ № 2000/34).

Таблица

Параметр насыщенности подземных вод природного комплекса Тарыс вторичными минералами

Минерал	Грунтовые воды	Холодные трещинно-жильные окислительно-восстановительной обстановки	Теплые трещинно-жильные воды восстановительной обстановки
гиббсит	0,1	–	–
каолинит	–	1,5	1,7
Са-монтмориллонит	-3,2	4,8	6
Mg-монтмориллонит	-4,3	4	4,9
Na-монтмориллонит	-4,7	1,3	2,1
K-монтмориллонит	-5,1	-0,02	0,8
кальцит	-0,2	1,8	2,4
сидерит	0,3	0,6	1,4
доломит	-0,3	0,1	-0,1
барит	-0,3	-0,8	-0,3
целестин	-2,1	-1,5	-1,5
ангидрит	-2,2	-2,2	-2,5

Грунтовые воды зоны региональной трещиноватости карбонатно-терригенных отложений рифея могут рассматриваться как источник питьевых вод. Некоторые осложнения для их использования создают повышенные содержания ряда компонентов, превышающих ПДК для питьевых вод, среди которых Ba, Sr, Mn, Fe.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания «Наука» № 5.1931.2014/К.

Литература

1. Богородицкий, К. Ф., Валединский, В. И. Гидроминеральные ресурсы (Тувинской АО) // Природные условия Тувинской автономной области. Труды Тувинской комплексной экспедиции. М. : Издательство АН СССР. Вып. III. 1957.
2. Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Аракчаа К.Д., Ойдул Ч.К., Рычкова К.М., Хвощевская А.А., Камбалина М.Г., Каричева Е.Ю., Мазурова И.С. Химический состав вод родников природного комплекса Тарыс (Восточная Тува) Материалы II Международной научно-практической конференции. - Абакан, ООО «Кооператив «Журналист», 2015. – С.89-98
3. Левченко, В. М. Минеральные источники и грязевые озера Тувинской народной республики. Зап. гос. гидролог. ин-та. Т. 14. Л., 1935.
4. Ойдул Ч. К., Курбатская С. С., Донгак Р. Ш. Термальные воды Тарысских источников (Юго-Восточная Тува): особенности микрохимического состава [Электронный ресурс] // Новые исследования Тувы. 2014, № 1.
5. Пиннекер Е. В. Минеральные воды Тувы. Кызыл :Тувинское книжное издательство, 1968.–105 с

РАВНОВЕСИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НАРЫКСКО-ОСТАШКИНСКОЙ ПЛОЩАДИ (КУЗБАСС) С МИНЕРАЛАМИ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

Е.В. Домрочева, О.Е. Лепокурова

*Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Томск, Россия, E-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия*

Аннотация. Приводятся результаты расчета равновесий подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади Кузбасса с карбонатными и алюмосиликатными минералами вмещающих пород. Показано, что воды неравновесны с первичными (эндогенными) минералами, которые они и растворяют, но в тоже время равновесны с глинами и карбонатами, которые осаждаются из вод.

Abstract. Are given the results of calculation of the equilibrium of groundwater Naryksko-Ostashkinskaya area of Kuzbass with carbonate and aluminosilicate minerals of the host rocks. It is shown, that water is in equilibrium with the primary (endogenous) minerals, which are dissolved, but at the same time in equilibrium with clays and carbonates that precipitate out of water. The composition of water is determined by the difference.

По геохимии подземных вод Кузбасса авторами совместно с большим коллективом коллег уже были опубликованы работы [2, 6–8]. Нами этот вопрос рассматривается с позиций общей теории взаимодействия воды с горными породами, предложенной С.Л. Шварцевым [7]. Согласно придерживаемой концепции, выявление состояния равновесия подземных вод с ведущими минералами является начальным этапом, необходимым для познания условий формирования химического состава вод. В 2012 и 2014 гг. наши исследования были сосредоточены на территории Нарыкско-Осташкинской площади Ерунаковского района Кузбасса. По результатам исследований 2012 г. были опубликованы статьи по геохимии подземных вод [5] и состоянию термодинамических равновесий их с вмещающими породами [4]. С появлением 12 новых проб по подземным водам в 2014 г, в том числе 3 пробы рядом расположенного Чалтокского участка, опубликована статья в материалах конференции [3] и возникла необходимость пересчета термодинамических равновесий в системе вода-порода.

Фактический материал и методы исследования

На территории Нарыкско-Осташкинской площади с 2009 по 2012 гг. были пробурены 41 скважина глубиной от 100 до 1200 м, на Чалтокском участке в 2013 г. еще 1 скважина. Всего были проанализированы 122 пробы воды из 42 скважин. Макрокомпонентный и микрокомпонентный составы вод исследовались в Проблемной научно-исследовательской гидрогеохимической лаборатории ТПУ. Использовались традиционные методы, а также методы спектрального, атомно-абсорбционного анализа и др. При расчетах равновесий использован программный комплекс HydroGeo, разработанный М.Б. Букаты [1]. Данный ПК базируется на методе констант равновесий. При обработке гидрогеохимической информации получены значения параметров насыщенности вод относительно основных водовмещающих минералов.

Химический состав подземных вод

Обобщение полученной нами ранее информации и нового материала по гидрогеологии и гидрогеохимии (2014 г.) позволило подтвердить ранее обоснованную зональность, выделенную и описанную Г.М. Роговым, В.К. Поповым, Д.С. Покровским, Г.А. Плевако и др. На исследуемой территории прослеживается прямая вертикальная гидродинамическая зональность, в соответствии с которой, по

интенсивности водообмена выделяются две зоны: активного и замедленного водообмена. Воды обеих зон различаются по химическому и газовому составу, и подчиняются прямой вертикальной гидрогеохимической зональности [5].

Воды зоны активного водообмена распространены в верхней части разреза, сложенной рыхлыми мезо-кайнозойскими (преимущественно четвертичными) отложениями, и в зоне интенсивной трещиноватости юрских отложений. Это пресные воды (минерализация от 0,5 до 1,0 г/л), которые распространяются до глубины ориентировочно 150 м, хотя эта граница условна, т.к. на отдельных участках она поднимается до 30–50 м, на других опускается до 400 м. Это обусловливается интенсивностью водообмена и проницаемостью отложений. По химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые и кальциево-натриевые, доля Na^+ в составе вод увеличивается к низам зоны активного водообмена. Концентрации Cl^- и SO_4^{2-} не высокие, в среднем не превышают 10 мг/л. Подземные воды в основном нейтральные и слабощелочные, рН в пределах 7,0–8,6. Газовый состав вод этой зоны характеризуется наличием газов воздушного происхождения, т.е. N_2 (71–80 %), O_2 (17–22 %) и CO_2 (доли %). В небольших количествах иногда встречается CH_4 .

Таблица 1

Химический состав (пределы содержаний и среднее значение) подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (2012–2014 гг.), мг/л

Параметры	Зона активного водообмена (24 пробы)	Зона замедленного водообмена	
		с интенсивно трещиноватыми породами (73)	затухающей трещиноватости (25)
рН	7,0–8,6 (7,7)	7,5–9,8 (8,1)	7,2–9,9 (8,3)
Ca^{2+}	32–120 (77)	3–88 (32)	0,2–61,0 (20,4)
Mg^{2+}	6,1–35,3 (16,7)	0,4–48,6 (10,0)	4,9–79,3 (22,3)
Na^+	8,5–130,0 (47,0)	44–3800 (438)	1996–7230 (3481)
$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	0,05–24,5 (3,9)	0,01–192,0 (10,4)	0,1–29,5 (9,2)
HCO_3^-	321–745 (433)	258–3111 (824)	1399–15494 (7375)
CO_3^{2-}	0,2–6,2 (1,6)	0,3–742,8 (31,1)	18,5–1285,7 (357,8)
Cl^-	0,7–24,0 (5,1)	1,5–182,0 (22,9)	30,0–5494,0 (919)
SO_4^{2-}	0,8–16,9 (5,6)	0,2–185,6 (18,4)	0,21–75,7 (20,3)
Общая минерализация	497–1029 (615)	436–4355 (1271)	3999–25139 (12159)

Ниже распространяется зона замедленного водообмена, на данной площади она приурочена к песчаным средне-верхнепермским отложениям, частично в эффузивно-осадочных отложениях триаса. Зона отличается не только более высокой минерализацией (от 1 реже от 0,5–1,2 и до 10–25 г/л), но и составом вод. Здесь практически повсеместно развиты содовые воды ($\text{HCO}_3\text{-Na}$), характерные для всего Кузбасса с рН от 7,5 до 9,9. Для этой зоны характерны достаточно сложные гидрогеохимические условия, что позволило разделить ее на две подзоны: верхнюю и нижнюю.

Верхняя часть зоны характеризуется пресными или слабоминерализованными (0,5–5 г/л), гидрокарбонатными кальциево-натриевыми либо натриево-кальциевыми водами с рН 7,5–9,8. Увеличивается содержание Cl^- до 182 мг/л, иногда SO_4^{2-} до 186 мг/л. При этом, если концентрации хлора растут и дальше с глубиной, концентрации сульфат-иона с глубиной уменьшаются. Источником последнего, скорее всего, служат сульфиды (пирит), окисление которых и приводит к появлению в водах этого иона.

Содержание Ca^{2+} наоборот уменьшается до 3 мг/л. В составе водорастворенного газа появляется метан (85–95 %).

В нижней части зоны, на глубине более 400–500 м, развиты уже солоноватые и даже слабосоленые (до 25 г/л) содовые воды. Минерализация увеличивается за счет продолжающегося роста содержаний HCO_3^- , Na^+ , Cl^- . Такие высокие концентрации гидрокарбонат-иона (до 15 г/л!) связаны с угленосными пермскими отложениями, которые дополнительно выступают источником углерода. При этом содержания SO_4^{2-} не высоки. Таким образом, воды остаются гидрокарбонатными, реже гидрокарбонатно-хлоридными, хлоридно-гидрокарбонатными натриевыми (табл. 1). В составе водорастворенного газа продолжает накапливаться метан (до 99 %).

Опробованные нами подземные воды на территории Нарыкско-Осташкинской площади в 2014 г. относятся именно к нижней части зоны замедленного водообмена. Эти воды, более минерализованы чем воды верхней части, и характеризуются присутствием в составе некоторых проб повышенного содержания хлора от 1,0 до 2,3 г/л.

Результаты расчета равновесия в системе вода-порода

В состав твердой фазы были выбраны минералы, которые наиболее часто встречаются в вмещающих отложениях: в основном силикатные и алюмосиликатные (кварц, полевые шпаты, глины и др.), единично карбонатные (кальцит, магнезит, доломит, сидерит), а также сульфатные и хлоридные минералы. Результаты расчетов приведены в таблице 2. Как показывают полученные данные, все воды, даже высоко минерализованные нижней зоны, неравновесны с первичными минералами водовмещающих пород: полевыми шпатами, кварцем, пиритом, пироксенами и многими другими (роговыми обманками, амфиболами, эпидотом).

Таблица 2

Значения индексов насыщения подземных вод зоны активного водообмена (1), зоны замедленного водообмена верхней (2) и нижней части (3) с ведущими минералами

Минерал	1	2	3	Минерал	1	2	3
Ионная сила	0,008-0,016	0,012-0,054	0,062-0,324	Хлориды			
Оксиды				Галит	-20-(-19)	-17-(-15)	-13-(-8)
Кварц	-6,5-(-5,9)	-6,4-(-6,0)	-6,4-(-5,7)	Алюмосиликаты			
Гиббсит	1,3-1,8	1,3-2,1	1,4-2,0	Альбит	-3,3-(-0,3)	-1,7- 1,8	0,1-2,2
Карбонаты				Анортит	-5,2-(-2,4)	-5,7-(-1,3)	-7,7-(-0,3)
Кальцит	-0,1- 1,3	-0,4- 1,8	0,7-2,7	КПШ	-7,1-(-6,4)	-7,7-(-5,3)	-6,1-(-4,7)
Сидерит	-1,2- 2,9	-0,6- 5	0,3-4,1	Микроклин	-5,3-(-0,8)	-4,4- 1,9	-2,3- 2,1
Доломит	-0,5- 2,4	-0,8- 4,1	1,4-5,6	Мусковит	-6,4-(-2,5)	-9,2-(-1,3)	-8,3-(-0,8)
Магнезит	-1,7-(-0,3)	-3-(-2,5)	-0,5- 1,6	Пироксен	-12-(-9)	-10-(-7)	-9-(-6)
Содовые минералы				Хлорит	-2,0- 0,9	-2,4- 2,5	-4,8- 3,1
Трона	-120	-120-(-100)	-110-(-95)	Са-Mt	-0,1- 4,9	0,1-5,8	1,9-9,6
Натрон(сода)	-130-(-120)	-115-(-120)	-110-(-115)	Na-Mt	-1,2- 2,3	0,8-5,3	2,7-6,1
Сульфаты				Mg-Mt	0,1-5,5	0,4-8,9	2,3-10,0
Гипс	1,2-2,4	-3,4- 0,6	-5,1-(-0,7)	К-Mt	-2,8- 0,6	-4,1- 3,1	-4,7- 2,3
Ангидрит	-7,3-(-6,1)	-10-(-7,9)	-11,8-(-7,5)	Иллит	-0,6- 1,3	-1,7- 3,0	-2,3- 3,4
Сульфиды				Каолинит	0,1-1,0	0,5-1,4	0,6-1,2
Пирит	-36-(-33)	-33-(-28)	-31-(-29)	Дафнит	-2,4- 2,6	-2,0- 4,5	-2,7- 4,5

Результаты равновесий показали, что воды всего геологического разреза неравновесны с первичными алюмосиликатными минералами. Подземные воды зоны активного водообмена, соответственно, в большей степени недонасыщены относительно исходных алюмосиликатных минералов, благодаря низким значениям

общей минерализации и рН. Следовательно, в этих условиях данные минералы активно растворяются и переводят в раствор порообразующие элементы: Ca, Mg, Na, Fe, K, Si, Al. Часть элементов, поступивших в раствор, сразу уходит из раствора во вторичные отложения: окислы и гидроокислы Fe, Mn и Al, глины (каолинит и различные монтмориллониты, кроме калиевых), карбонаты (кальцит, доломит, частично сидерит), которые в этих условиях не растворяются, а образуются.

Воды зоны замедленного водообмена более щелочные и минерализованные, но так же крайне недонасыщены относительно эндогенных минералов. Однако еще более насыщены к вторичным минералам, состав которых расширяется: алюмосиликатам (появляется иллит, все монтмориллониты, хлориты и даже альбит и микроклин) и карбонатам (появляется сидерит и магнезит). Характер такого равновесия по терминологии С.Л. Шварцева равновесно-неравновесный: вода всегда неравновесна относительно первичных алюмосиликатов, но, в определенных геохимических условиях, равновесна относительно вторичных. При этом состав вод определяется разницей между растворяемыми и осаждаемыми минералами. Таким образом, с глубиной состав вод меняется с $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ на $\text{HCO}_3\text{-Na}$. Карбонаты связывают Ca, Mg, Fe, S, глинистые минералы – Al, Si, Ca, Mg, Fe, частично Na и K, окислы и гидроокислы – Fe и т.д. Элемент Na остается наиболее устойчивым и не входит в кристаллические решетки формирующихся минералов, т.е. менее всех связывается во вторичные отложения, поскольку воды остаются крайне неравновесными к содовым минералам (табл. 2). Таким образом, натрий продолжает накапливаться в воде, а состав вод становится содовым. В верхней части зоны замедленного водообмена в химическом составе вод встречается SO_4^{2-} , что связано с растворением имеющего пирита. В нижней части – появляется в значительных количествах Cl⁻. Поскольку соленосные отложения в разрезе не наблюдаются, источником хлора, также, как и натрия, являются алюмосиликатные минералы, которые содержат его в примесях. Попадая в раствор, он накапливается со временем, в условиях крайне замедленного водообмена. Поскольку к минералам хлора раствор недонасыщен (галит, табл. 2), складываются благоприятные условия для его концентрации.

Выводы

На Нарыкско-Осташкинской площади последними данными подтверждена прямая вертикальная зональность подземных вод: пресные $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ воды зоны активного водообмена сменяются солеными (M до 25 г/л) $\text{HCO}_3\text{-Na}$ зоны замедленного водообмена. Все воды, как показали термодинамические расчеты, неравновесны с распространенными алюмосиликатными минералами, которые и выступают источником Na, Ca, Mg, K, Si, Al и даже Cl. Пирит в верхней части зоны замедленного водообмена привносит в состав вод сульфаты. Часть элементов сразу уходит из раствора во вторичные отложения, с которыми воды равновесны: глины (монтмориллониты, гидрослюда, хлориты), карбонаты (кальцит, доломит, сидерит) и даже гипс. Натрий менее всех связывается во вторичные отложения, поэтому продолжает накапливаться в воде. Глубже состав вод начинает меняться с содового на хлоридный. Поскольку HCO_3^- уходит с карбонатами, а Cl⁻ продолжает концентрироваться в растворе.

Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. - № 6. – С. 348 – 365.
2. Домрочева Е.В. Гидрогеохимические особенности угольных районов Кузбасса: автореф. дис... канд. геол.-минерал.наук. – Томск, 2005. – 22с.

3. Домрочева Е.В. Гидрогеохимические условия территории Кузбасса на примере Нарыкско-Осташкинской площади // Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». – Владивосток: Изд-во Дальнаука. – С. 253–256.
4. Домрочева Е.В., Лепокурова О.Е. Равновесия содовых подземных вод угленосных отложений Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) с минералами вмещающих пород // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – № 390. – С. 211–217.
5. Домрочева Е.В., Лепокурова О.Е., Сизиков Д.А. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т.325. – №2.
6. Шварцев С.Л., Домрочева Е.В., Рассказов Н.М. Геохимия и формирование содовых вод Кузбасса // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т.318. – №1. – С. 128–134.
7. Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т. 2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 389 с.
8. Шварцев С.Л., Хрюкин В.Т., Домрочева Е.В. и др. Гидрогеология Ерунаковского района Кузбасса в связи с проблемой образования ресурсов и добычи угольного метана // Геология и геофизика. – 2006. – Вып. 47. – №7. – С. 878–889.

ГИДРОГЕОХИМИЯ ЗОНЫ ТЕХНОГЕНЕЗА МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Л.В. Замана, Л.П. Чечель

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия,
E-mail: l.v.zamana@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты гидрогеохимического опробования техногенно-нарушенных участков трёх молибденовых месторождений – жильного Шахтаминского и штокверковых Жирекенского и Бугдаинского. Рассчитаны формы водной миграции металлов и минеральные равновесия.

Abstract. The results of hydro-geochemical technogenic disturbed areas three molybdenum deposits - veined and stockwork Zhireken, Shakhtama and Bugdaya are presented. The forms of the water migration of metals and mineral equilibrium are calculated.

Разработка молибденовых месторождений традиционна для Забайкалья. Представлены результаты гидрогеохимического опробования техногенно-нарушенных участков трёх молибденовых месторождений (рис. 1). Два из них в прошлом обрабатывались. Шахтаминский рудник закрыт в 1993 г., в 2014 г. законсервирован Жирекенский ГОК. На Бугдаинском месторождении велась только опытная добыча.

Месторождения локализованы в гранитоидах мезозойского возраста (граниты и гранодиориты) и кроме молибденита как основного рудного минерала содержат сопутствующие сульфиды – халькопирит (Жирекен); пирит, сфалерит (Шахтама), галенит, сфалерит, пирит (Бугдая). На Жирекенском месторождении в качестве попутного элемента извлекалась медь, на Бугдаинском месторождении промышленный интерес представляют Pb, Zn, Cu, W, Ag и Au. Отличительной чертой вмещающих пород Жирекенского месторождения является их повышенная щелочность, в числе наиболее распространённых жильных минералов Шахтаминского месторождения на втором после кварца месте следуют карбонаты [6, 7].



Рис 1. Обзорная схема расположения исследованных молибденовых месторождений

Состав исследованных вод значительно различается как по величине рН, так и по другим параметрам. Физико-химические данные по отдельным пробам представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические характеристики вод зоны техногенеза молибденовых месторождений (БД – Бугдаинское, ШХ – Шахтаминское, ЖР – Жирекенское)

Показатель	№№ проб				
	БД-14-1	ШХ-14-6	ШХ-14-2	ЖР-14-3	ШХ-14-5
рН	3.45	5.70	6.74	7.75	8.37
Eh, mV	497	253	277	226	190
ПО, мг/л O ₂	0.92	2.10	8.24	6.24	4.02
HCO ₃ ⁻	-	1.22	11.6	163.2	65.3
SO ₄ ²⁻	1639	114.8	115.8	307	67.5
Cl ⁻	1.98	0.62	0.7	2.0	3.4
F ⁻	322	0.57	0.15	0.48	0.83
NO ₃ ⁻	1.92	0.31	1.13	13.3	0.86
Ca ²⁺	345	32.7	44.4	103.4	34.7
Mg ²⁺	189.1	6.2	7.1	13.6	7.9
Na ⁺	6.8	4.9	4.0	59.4	5.4
K ⁺	5.0	1.75	0.55	1.58	0.77
NH ₄ ⁺	-	-	0.42	0.36	0.18
Сумма ионов	2190	163.0	185.8	665	186.1
Si	33.6	3.6	4.8	4.4	0.5
P _{об.}	0.044	0.04	0.04	0.05	0.03

Примечание. ПО – перманганатная окисляемость.

Более высокий потенциал нейтрализации вмещающих пород Жирекенского месторождения, а также присутствие карбонатов в рудных жилах Шахтамы способствует формированию в их пределах вод с повышенными значениями рН, несмотря на присутствие сульфидов в рудах. Наиболее кислые воды (рН<4) зафиксированы в дренажном стоке породных отвалов Бугдаинского месторождения, водам хвостохранилища и подотвальному дренажу Жирекенского ГОКа свойственна слабощелочная реакция (рН 7.7-7.8), от слабокислых до слабощелочных значений (рН 5.7-8.1) изменяется величина рН техногенных вод на Шахтаминском месторождении.

Окисление сульфидных минералов приводит, как известно, к уменьшению величины рН и росту значений Eh. По соотношению рН-Eh опробованные техногенные воды молибденовых месторождений вслед за [5] можно разделить на три типа. Воды первого типа – кислые с высокими значениями Eh (398-497 мВ), сульфатного магниевов-кальциевого состава, характерны для Бугдаинского месторождения. Им свойственны максимальные значения минерализации (0.9-2.2 г/л) и концентраций подавляющего большинства металлов (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Y, PЗЭ и др.) (табл. 2).

Таблица 2

Микроэлементный состав вод (мкг/л, анализ методом ICP MS)

Элемент	№№ проб				
	БД-14-1	ШХ-14-6	ШХ-14-2	ЖР-14-3	ШХ-14-5
Li	718	8.5	1.72	14.3	3.65
Be	47	0.35	0.038	0.036	0.0082
Al	402990	337	87	48.4	20
Mn	859615	10294	24	1767	138
Fe	8969	142	67	133	122
Co	1086	4.52	0.14	11.1	0.10
Ni	340	20	2.86	12.9	4.98
Cu	54927	117	10.7	278	6.6
Zn	292966	6538	42	346	10.3
Sr	762	208	311	425	379
Y	1967	0.53	0.55	1.56	0.062
Mo	27.7	5.9	242	1361	110
Ag	2.43	8.3	0.40	1.19	0.92
Cd	2758	37	2.61	15.0	1.31
La	2139	0.93	0.74	1.20	0.10
Ce	3014	1.26	1.06	1.80	0.16
Pr	432	0.15	0.19	0.22	0.020
Nd	1675	0.52	0.72	0.89	0.069
Sm	329	0.090	0.13	0.14	0.012
Eu	90	0.022	0.021	0.025	0.0022
Gd 157	430	0.088	0.12	0.16	0.012
Gd 158	498	0.079	0.10	0.15	0.014
Tb	68	0.013	0.016	0.023	0.0017
Dy	370	0.081	0.094	0.14	0.010
Ho	70	0.015	0.018	0.032	0.0020
Er	200	0.050	0.056	0.103	0.0061
Tm	25	0.0068	0.0088	0.014	0.0008
Yb	155	0.044	0.062	0.087	0.0057
Lu	25	0.0058	0.010	0.014	0.0009
W	2.45	0.038	0.071	0.27	0.22
Pb	30.0	19.0	0.43	0.75	4.60
Th	190	0.078	0.50	0.09	0.013
U	968	0.30	2.50	31.4	18.0

Воды второго типа – околонеутральные и слабокислые с повышенными значениями Eh (253-277 мВ), подземные и из пруда первого хвостохранилища Шахтаминского рудника. Это маломинерализованные (<0,2 г/л) воды сульфатного и гидрокарбонатно-сульфатного состава, главные катионы – кальций и магний.

Воды третьего типа – слабощелочные с наиболее низкими значениями Eh (29-226 мВ), зафиксированы в хвостохранилище и под породными отвалами Жирекенского и во втором хвостохранилище Шахтаминского месторождений. Анионный состав вод сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный, катионный – магниевый-кальциевый на Шахте и натриево-кальциевый на Жирекене. Минерализация вод изменяется в пределах 0.18-1.3 г/л.

Ввиду анионогенных свойств молибдена максимальное содержание его, превышающее известное ранее (700 мкг/л по [2]), установлено в слабощелочных подотвальных водах Жирекенского ГОКа. Ранее нами здесь и в шахтных водах Шахтаминского рудника также фиксировались концентрации Мо более 300 мкг/л [3, 4]. Остальные металлы более подвижны в кислых водах, концентрации их на 3-5 порядков выше, чем в щелочных условиях. Среди лантаноидов в кислых водах Бугдаинского месторождения в нормализованных профилях минимум выделяется церий, а максимумом – гадолиний (рис. 2).

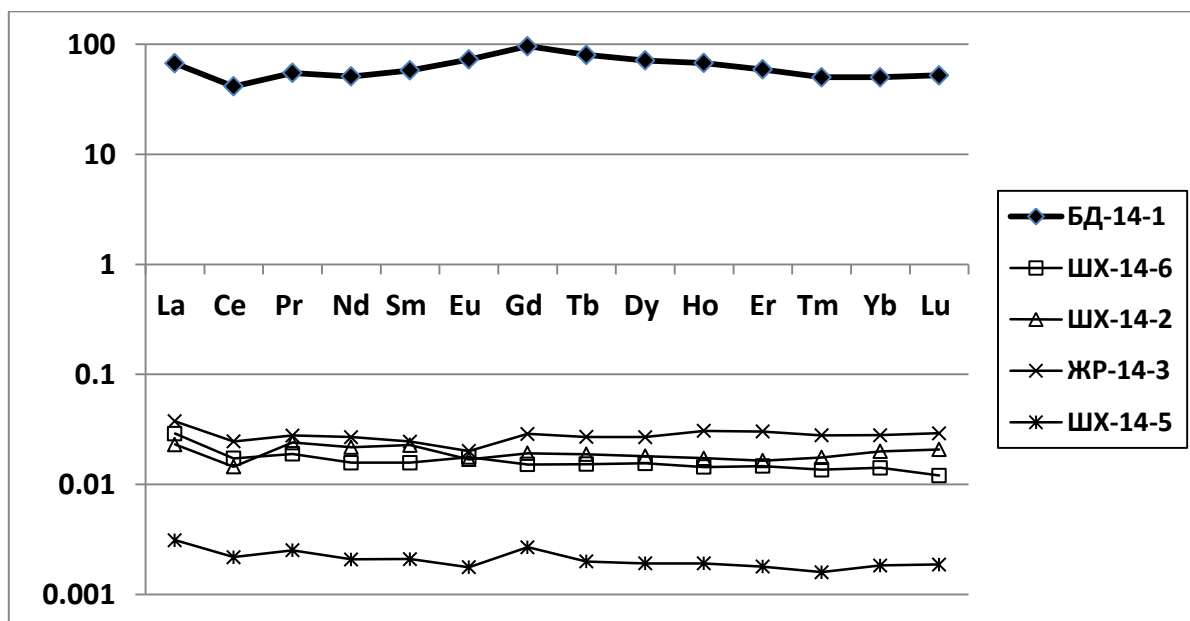


Рис. 2. Распределение нормированных по NASC концентраций PЗЭ в рассматриваемых водах

Расчет по программе [1] показал практически полную аналогию форм нахождения Мо и W в рассматриваемых водах в зависимости от величины pH, исключая отсутствие катионных комплексов у вольфрама (табл. 3).

Таблица 3

Неорганические формы миграции молибдена и вольфрама (мольные %)

Элемент	Формы миграции	№№ проб				
		БД-14-1 .	ШХ-14-6 .	ШХ-14-2	ЖР-14-3	ШХ-14-5
Mo	MoO_4^{2-}	18.4	98.0	99.8	100	100
	HMoO_4^-	65.3	2.0	0.2		
	H_2MoO_4^0	16.0	-	-	-	-
	MoO_2^{2+}	0.2	-	-	-	-
	MoO_2OH^+	0.1	-	-	-	-
W	WO_4^{2-}	36.6	99.1	99.9	100	100
	HWO_4^-	60.1	0.9	0.1	-	-
	H_2WO_4^0	3.4	-	-	-	-

В кислых водах Mn, Fe²⁺ и халькофильные элементы находятся преимущественно в ионной форме, алюминий представлен алюмофторидами. В щелочной среде Cu, Co, Ni и Cd мигрируют в основном в виде комплексов с карбонатами, для цинка значим, а для свинца превалирует комплекс Me(OH)⁺.

Подготовлено в рамках выполнения исследований по проекту СО РАН 79.1.3 «Гидрогеохимия, криогеохимия и электрофизические свойства ледяных образований в зоне техногенеза рудных месторождений Забайкалья».

Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. 2002. Т. 305. Вып. 6. С. 348-365.
2. Голева Г.А. Гидрогеохимия рудных элементов // М.: Недра. 1977. 216 с.
3. Замана Л.В., Чечель Л.П. Гидрогеохимические аномалии Жирекенского молибденового месторождения // Вестник Читинского государственного университета. Вып. 38. Чита: Чита ГУ. 2005. С. 52-59.
4. Замана Л.В., Чечель Л.П., Борзенко С.В., Гладкая Н.М., Простомолотова А.Н., Смирнова Т.Г. Оценка перспектив рудоносности Уронайского рудного узла по гидрогеохимическим данным // Природные ресурсы Забайкалья: Сб. науч. тр. // Новосибирск: Изд. ОИГГМ СО РАН СССР. 1991. С. 70-79.
5. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты // М.: Наука. 2004. 677 с.
6. Сотников В.И., Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. Жирекенское медно-молибденовое месторождение // Месторождения Забайкалья / Коллектив авторов. Под ред. акад. Н.П. Лаверова (в 2 книгах) // М.: Геоинформмарк. 1995. – Т. I. Кн. I. С. 180-186.
7. Сотников В.И., Берзина А.П., Берзина А.Н., Гимон В.О. Шахтаминское молибденовое месторождение // Там же, с. 187-192.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА ВОДЫ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА И ВОД ПИТАЮЩИХ ЕГО РЕКН.Н. Зыкин¹, И.В. Токарев², А. Эйрих³

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий (ВНИИГАЗ), г. Москва, Россия, E-mail: nznz@yandex.ru,*

²*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, E-mail: tokarevigor@gmail.com*

³*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН), г. Барнаул, Россия, E-mail: allnik608@gmail.com*

Аннотация. Изучен изотопный состав кислорода и водорода воды Телецкого озера (Горный Алтай) и вод питающих его рек. Показано, что воды изученных источников формируются преимущественно за счёт талых (снеговых) вод.

Abstract. The isotopic composition of oxygen and waters from the Teletskoye Lake and rivers flowing into the lake was explored. It is shown that these waters consist predominantly of the water released by the melting of snow.

Телецкое озеро расположено в котловине северо-восточной части Горного Алтая, в Турочакском и Улаганском районах Республики Алтай. Телецкое озеро – самое большое озеро Горного Алтая и – после озера Байкал, Хантайского озера и Каспийского моря – 4-е в России по глубине. Протяжённость озера 77,7 км, максимальная ширина до 5 км, средняя ширина 2-3 км, максимальная глубина составляет 325 метров, средняя – 175 метров. Площадь зеркала воды Телецкого озера составляет 223 квадратных километра. Котловина озера вмещает 40 кубических километров воды. Телецкое озеро относится к озёрам котловинного типа тектонического происхождения.

В Телецкое озеро впадает более 70 больших и малых рек и более 150 временных водотоков. Питание рек смешанное и происходит за счёт высокогорных снежников, ледников, а также сезонных осадков. Основная часть воды (до 70%) в Телецкое озеро поступает из реки Чулышман. Озеро является истоком реки Бия, составляющей 98% водостока озера, 2% от объёма притекающей воды составляют потери на испарение.

С целью выяснения преобладающих источников питания в меженный период проведено изучение изотопного состава кислорода и водорода воды Телецкого озера и вод питающих его рек. Пробы воды были отобраны 16-18 октября 2013 г. Отбор проб воды проведён сотрудником Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) Митрофановой Е.Ю.. Отбор всех проб воды впадающих в Телецкое озеро рек проводился в их устье. Схема отбора проб показана на рисунке 1. Для сравнения был изучен изотопный состав атмосферных осадков района. Пробы воды и снега были отобраны в августе 2013 г., в юго-восточной горной части района.

Измерения изотопного состава вод выполнены в Ресурсном центре «Геомодель» Санкт-Петербургского государственного университета на лазерном анализаторе Picarro L-2120-i. Точность измерений составляла 0,1 ‰ по кислороду-18 и 1 ‰ по дейтерию. В качестве стандартов были использованы внутрилабораторные образцы сравнения, привязанные к стандартам МАГАТЭ V-SMOW-2, GISP и LASP. Одновременно, с целью получения интеркалибровочных данных и оперативного контроля, изотопный состав отобранных вод был изучен в Химико-аналитическом центре ИВЭП СО РАН (г. Барнаул). Анализы проводились на инфракрасном лазерном спектрометре Picarro L-

2130-і. Точность определения составляла $\pm 0,4$ ‰ для δD и $\pm 0,1$ ‰ – для $\delta^{18}O$. Полученные в разных лабораториях результаты показали практически полную сходимость данных по изотопному составу кислорода. По изотопному составу водорода воспроизводимость составила 3‰, что, возможно, является результатом использования различных стандартов и отклонений привязки внутрилабораторных стандартов. Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

**Изотопный состав кислорода и водорода воды Телецкого озера
и вод питающих его рек**

№ п/п	Объект	Место отбора	$\delta^{18}O^*$	δD^*	$\delta^{18}O^{**}$	δD^{**}
01.	р. Чири	левый берег, устье	-16,1	-113	-15,87	-116,2
02.	р. Кыга	левый берег	-16,5	-116	-16,35	-119,7
03.	Кыгинский залив	H=0	-16,5	-118	-16,35	-121,4
04.	р. Чулышман	литораль	-16,4	-117	-16,18	-120,8
05.	р. БольшиеЧили	правый берег	-15,4	-108	-15,15	-110,8
06.	Челюш	пелагиаль, H=0	-16,3	-118	-16,28	-121,3
07.	Челюш	пелагиаль, H=10	-16,5	-118	-16,33	-121,5
08.	Челюш	пелагиаль, H=50	-16,4	-118	-16,31	-121,2
09.	Челюш	пелагиаль, H=100	-16,5	-118	-16,25	-121,0
10.	Челюш	пелагиаль, H=200	-16,2	-117	-16,29	-120,9
11.	р. Челюш	правый берег	-15,7	-111	-15,66	-114,1
12.	Кокши	пелагиаль	-16,4	-118	-16,36	-121,4
13.	р. Кокши	правый берег	-15,4	-108	-15,33	-111,5
14.	Корбу	пелагиаль, H=0	-16,4	-118	-16,36	-121,6
15.	Корбу	пелагиаль, H=10	-16,4	-118	-16,37	-121,57
16.	Корбу	пелагиаль, H=50	-16,4	-118	-16,33	-121,6
17.	Корбу	пелагиаль, H=100	-16,5	-118	-16,37	-121,5
18.	Корбу	пелагиаль, H=200	-16,3	-117	-16,28	-121,0
19.	Корбу	пелагиаль, H=300	-16,6	-117	-16,20	-120,4
20.	р. Корбу	правый берег, H=0	-15,2	-107	-15,24	-110,2
21.	р. Чеченек	левый берег	-14,7	-105	-14,77	-108,4
22.	Камгинский залив	литораль, H=0	-16,3	-117	-16,26	-120,9
23.	Камгинский залив	пелагиаль, H=0	-16,2	-117	-16,25	-121,2
24.	р. Ок-порок	левый берег	-15,0	-107	-15,00	-109,9
25.	Яйлю	пелагиаль, H=0	-16,5	-118	-16,33	-121,3
26.	Яйлю	пелагиаль, H=10	-16,6	-118	-16,32	-121,4
27.	Яйлю	пелагиаль, H=50	-16,4	-118	-16,15	-120,9
28.	Яйлю	пелагиаль, H=100	-16,5	-117	-16,30	-121,0
29.	Яйлю	пелагиаль, H=200	-16,5	-117	-16,14	-120,5
30.	Самыш	пелагиаль, H=0	-16,4	-117	-16,24	-120,9
31.	Каменный залив	H=0	-14,8	-103	-14,52	-106,3
32.	озеро напротив Кам. залив	H=0	-16,4	-118	-16,28	-121,1
33.	Артыбаш	пелагиаль, H=0	-16,5	-117	-16,22	-120,9
34.	Артыбаш	пелагиаль, H=10	-16,3	-117	-16,35	-121,1
35.	р. Бия	исток, прав. берег	-16,4	-118	-16,24	-121,0
36.	дождь	ст. Тёплый ключ	-6,1	-55		
37.	дождь		-10,2	-75		
38.	снегом с дождём		-11,1	-88		
39.	дождь	с. Беяши	-5,6	-36		

* – данные РЦ «Геомодель» СПб ГУ

** – ХАЦ ИВЭП СО РАН

По полученным данным установлено, что в Телецком озере в изученный период времени отсутствует стратификация вод. По результатам исследований выявлено, что вода Телецкого озера и воды питающих его рек в меженный период значительно отличаются в сторону обогащения их лёгкими изотопами по сравнению с изотопным составом летних атмосферных осадков района. Согласно полученным данным, воды питающих озеро источников в меженный период формируются преимущественно за счёт талых (снеговых) вод зимнего периода и ледниковых вод, характеризующихся значениями $\delta D = -99 \div -165\text{‰}$ и $\delta^{18}O = -13 \div -22\text{‰}$. Отсутствие отклонения изотопного состава вод озера от линии метеорных указывает на низкую степень их испарения.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Л.И. Иванова¹, Т.И. Романова², Р.Д. Хабибуллина²

¹ *НПЦ Мониторинг, г.Ханты-Мансийск, Россия*

² *Югорский государственный университет, г Ханты-Мансийск, Россия*

Аннотация. На территории Ханты-Мансийского автономного округа - Югры для хозяйственно-питьевого водоснабжения, как правило, используются воды верхнего гидрогеологического этажа. Условия образования водовмещающих отложений на площади исследований разнообразны, что сказывается и на химическом составе пресных подземных вод, несмотря на принадлежность их к одному водоносному комплексу.

Abstract. Water of upper hydrogeological floor is usually used for economic and drinking water-supply on the territory of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Ugra. Conditions of formation water-bearing sediments in the study area is varied, which affects the chemical composition of fresh groundwater, despite belonging to the same aquifer complex.

Пресные подземные воды относятся к стратегическим видам полезных ископаемых, поскольку являются как приоритетными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, так и единственным источником питьевого водоснабжения на период чрезвычайных ситуаций. С целью изучения геохимических особенностей пресных вод были проведены исследования подземных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Большая часть территории округа относится к Западно-Сибирскому сложному бассейну пластовых вод. В разрезе платформенного чехла выделяются два гидрогеологических этажа с четко выраженной гидродинамической и гидрохимической зональностью. Они различаются по условиям залегания, формирования и характеру режима подземных вод, химическому и газовому составу. В вертикальном разрезе этажи разделены региональным водоупором мощностью от 200 до 1000 м.

На территории платформенной части округа выделяется три гидрогеологических района [2]. Район развития только плиоцен-четвертичного водоносного комплекса занимает северо-западную часть округа и полностью охватывает площади Березовского, а также северо-западные части Советского, Белоярского и Октябрьского административных районов (рис.).



Рис.. Схема расположения административных районов ХМАО-Югра

Основную часть округа (Кондинский, Ханты-Мансийский, Сургутский и Нефтеюганский) охватывает район совместного развития неоген-четверичного и атлым-новомихайловского водоносных комплексов, где целевым для хозяйственно-питьевого водоснабжения является последний. В восточной и северо-восточной части округа распространены три водоносных комплекса: неоген-четверичный, атлым-новомихайловский и тавдинский (основная часть Нижневартовского района).

В геологическом отношении район исследований имеет двухярусное строение, где фундамент представлен породами палеозоя, а чехол – отложениями мезозойского и кайнозойского возраста. В палеоген-четвертичный периоды формирование осадочных толщ происходило преимущественно в континентальных и прибрежно-морских условиях.

Особое внимание в работе уделено подземным водам плиоцен-четвертичного и атлым-новомихайловского водоносных комплексов. Водовмещающими отложениями являются, как правило, пески, супеси и алевролиты с прослоями и линзами слабопроницаемых глин. Характеристика химического состава подземных вод приводится по лабораторным данным 2008-2013 гг. проб воды, отобранных при бурении скважин хозяйственно-питьевого назначения (табл.).

На формирование химического состава подземных вод оказывают постоянное воздействие разнообразные факторы и процессы, многие из которых обусловлены взаимодействием подземных вод с окружающими горными породами. Кислотно-щелочной баланс подземных вод преимущественно нейтральный. По общей минерализации воды рассматриваемых водоносных комплексов меняются от ультрапресных (Белоярский район) до умеренно пресных (воды Сургутского района).

Макрокомпоненты варьируют в широких пределах, например, в атлымском водоносном горизонте сульфат-иона меняются от $1,3 \text{ мг/дм}^3$ в водах Кондинского района, до $36,2 \text{ мг/дм}^3$ на территории Октябрьского района (табл.). Средние содержания хлорид-ионов в подземных водах атлым-новомихайловского водоносного комплекса достигают максимальных концентраций на территории Нефтеюганского района, при этом воды характеризуются низкими значениями общей минерализации.

Таблица
Среднее содержание химических элементов в пресных подземных водах (мг/дм³)

Компоненты	Название района и возраст водовмещающих отложений								
	Белоярский	Октябрьский	Кондинский	Ханты-Мансийский	Нефте-юганский		Сургутский		Нижне-вартовский
	N ₂ - Q	P ₃ at	P ₃ at	P ₃ at	P ₃ at	P ₃ nm	P ₃ at	P ₃ nm	P ₃ at+P ₃ nm
pH	6,5	6,3	6,7	6,6	7,1	7,2	6,8	6,6	6,8
Общая минерализация	91,9	122,8	306,2	209,5	187,5	162,3	425,3	142	216
HCO ₃ ⁻	50,3	40,0	182,3					41,5	
Cl ⁻	4,3	1,3	30,1	18,9	67,1	86,1	18,5	2,2	3,6
SO ₄ ²⁻	1,5	36,2	1,3	1,6	1,8	1,7		1,4	9,4
NO ₃	<0,5	3,2		<0,5					
NO ₂	<0,01	0,02		<0,01					
Ca ²⁺	8,1	26,4	5,5	10,2				10,8	
Mg ²⁺	2,99	5,33	13,8	9,73				6,39	
Na ⁺	4,02	18,35	60,92						
K ⁺	1,31		2,94						
NH ₄ ⁺	0,78	1,08		1,93	1,7	1,5	1,8	1,6	7,45
Fe ⁰⁶	8,83	6,88	9,21	3,54	1,24	0	1,87	3,49	3,17
Mn	0,254	0,44	1,16	0,16	0,0178	0,021	0,05	0,089	0,21
Si	8,77								30,1
Al	0,039	0,06		0,028					
Cu	0,007	0,257		0,102	0,0219	0,024		0,13	0,31
Zn	0,064	0,0257		0,009	0,0096	0,014			<0,05
Pb	0,0024	<0,001		<0,001	0,001	0,001			0,0024
Кол-во проб	1	29	1	2	19	1	3	44	21

Железо общее меняется в пределах от 0,1 мг/дм³ в отложениях новомихайловской свиты Нефтеюганского района до 9,2 мг/дм³ в водах атлымского горизонта в Кондинском районе. Главным источником соединений железа в подземных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением [1]. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях.

Похожая картина наблюдается и в поведении марганца, его способность активно мигрировать в водных растворах приводит к повсеместно повышенным показателям. Минимальные концентрации наблюдаются в водах Нефтеюганского района, а максимальные – в Кондинском.

Их повышенные концентрации в природных водах закономерны для Западной Сибири и контролируются многими факторами, в частности, биологической продуктивностью ландшафта, характером геохимической среды, направленностью преобразования органического вещества и др. [3].

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что воды плиоцен-четвертичного и атлым-новомихайловского водоносных комплексов имеют

существенное расхождение в химическом составе, что свидетельствует о различных условиях формирования водовмещающих отложений с одной стороны и режимом питания водоносных комплексов с другой. Например, ультрапресные воды плиоцен-четвертичного комплекса получают питание за счет инфильтрации атмосферных осадков в весенне-летний период, а питание атлым-новомихайловского водоносного комплекса происходит в летнее время на склонах долин р. Оби и водораздельных пространствах перетеканием из вышележающего неоген-четвертичного водоносного комплекса [2]. Повышенные концентрации анионов, в частности хлоридов, могут быть обусловлены морским происхождением водовмещающих отложений на территории Нефтеюганского района. Механизм взаимодействия природных вод с водовмещающими отложениями накладывает свой отпечаток на химический состав подземных вод.

Литература

1. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: в 5 томах. Т.2: Система вода-порода в условиях зоны гипергенеза / Под ред. Б.Н. Рыженко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 389 с.
2. Палкин С.С., Крапивнер Р.Б., Фортыгин А.В. Оценка обеспеченности населения ХМАО ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Ханты-Мансийск – Москва: ГИДЭК, 2001. 186 с.
3. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Недра, 1998. 366 с.

ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

З.Г. Калкаманова, Р.Х. Мусин

Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия, E-mail: fayzrahmanowa.z@yandex.ru

Аннотация. В данной работе были рассмотрены условия формирования природных вод республики Татарстан. Определены основные закономерности поведения ионов с ростом минерализации.

Abstract. It is considered the conditions of formation of natural waters of the Republic of Tatarstan. It was identified the basic laws of behavior of ions with increasing of mineralization.

Водные ресурсы играют значительную роль в экономическом развитии Республики Татарстан, подземные воды используются для питьевого водоснабжения городского и сельского населения, производственно-технических нужд и орошения земель. В этой связи, актуальными являются вопросы исследования особенностей формирования химического состава подземных вод для целей прогноза изменения их качества. В своих трудах Вернадский В.И. показал что между основными компонентами окружающего мира: вода, порода, разнообразные газы, органическое вещество (живое и мертвое), различные минералы, углеводородное вещество и т.д. существует равновесие. он писал об одновременном динамическом и физико-химическом равновесии, которое «существует все время, меняясь в своей величине, пока существует раствор» [1]. Определяющим фактором в формировании химического состава подземных вод является взаимодействие воды с горными породами [2].

В геологическом отношении Республика Татарстан расположена в пределах Волго-Камской антеклизы – крупной положительной структуры, выделенной в восточной части Восточно-Европейской (Русской) платформы. Основными

структурными элементами антеклизы на территории РТ являются: Татарский и Токмовский своды и разделяющие их Мелекесская впадина и южная часть Казанско-Кажимского прогиба. Геологический разрез характеризуется типичным для платформы двухъярусным строением: интенсивно дислоцированные метаморфические породы архея, нижнего и среднего протерозоя слагают кристаллический фундамент платформы, а палеозойские (девонские, каменноугольные, пермские) и кайнозойские (неогеновые, четвертичные) отложения – осадочный чехол, мощность которого над сводами поднятий достигает 1,5 – 1,6 км, а во впадинах – 2,5 км. Мезозойские образования, относящиеся к юрской и меловой системам, получили распространение лишь в юго-западных районах республики. Территория Республики Татарстан приходится на северо-восточную часть Волго-Сурского и юго-западную часть Камско-Вятского артезианских бассейнов. Они входят в состав Восточно-Русского артезианского бассейна. В пределах толщи осадочного чехла в вертикальном разрезе по условиям питания, движения и разгрузки подземных вод выделяются зоны активного, замедленного и затрудненного водообмена. Зона активного водообмена охватывает здесь комплекс полигенных сульфатно-карбонатно-терригенных пермских, также полигенных терригенных плиоцен-четвертичных и, в крайней юго-западной части РТ, морских преимущественно глинистых мезозойских отложений. Мощность зоны варьирует в пределах 80–350 м. На большей части территории она подстилается 20–60 м относительно водоупорным тастубским горизонтом карбонатно-сульфатных пород сакмарского яруса. Пресные подземные воды водоносных горизонтов и комплексов, используются для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, как в городской, так и в сельской местности республики Татарстан [5].

Верхняя часть гидрогеологического разреза, находящаяся под активным дренирующим влиянием речной сети, в техногенно слабонарушенных районах является областью распространения ПВ гидрокарбонатного, сульфатно-гидрокарбонатного и гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого и магниево-кальциевого, реже полностью смешанного, по катионам – натриево-магниево-кальциевого состава. Природные факторы определяют развитие таких гидрогеохимических процессов, как – углекислотное выщелачивание карбонатно-терригенных пород, выщелачивание и растворение гипсов, гидролиз терригенных пород, сорбция и ионный обмен, и др., которые с разной интенсивностью протекают в водовмещающих средах различного состава и возраста [3]. Для определения характера протекания этих процессов в системе «вода-порода» нами проанализированы водные вытяжки с основных разновидностей нижнемеловых, средне и верхнеюрских и пермских пород, а также почв и покровных четвертичных образований. При подготовке водных вытяжек использовалась вода варьирующего состава – дистиллированная; талая снеговая вода, имеющая $\text{SO}_4\text{-HCO}_3/\text{Na-Ca}$ состав и минерализацию в одном случае 0,03 г/л, в другом – 0,04 г/л (рН, соответственно, 6,34 и 6,48), что примерно отражает преобладающий состав атмосферных осадков в пределах РТ.

В таблице представлена характеристика некоторых основных факторов состава воды в родниках, скважинах и водных вытяжках определенных возрастов.

Таблица
Характеристика подземных и поверхностных вод и водных вытяжек.

	Окисляемость, мг O/л			Жесткость, мг-экв/л			Минерализация, мг/л		
	Скважины	Родники	Вытяжки на основе дист. воды	Скважины	Родники	Вытяжки на основе дист. воды	Скважины	Родники	Вытяжки на основе дист. воды
K1	0,28-5,52 1,68	0,42-5,78 3,1	0-8,64 2,51	2,09-48,1 10,06	5,41-24 10,3	0,12-18,9 2,37	552-4594 1151	407-1792 653	22,87-695,2 308,34
J2	0,13-2,67 1,32	1,27-1,43 1,35	0-5,2 1,74	3,33-9,6 6,35	4,5-12,85 7,52	0,32-1,5 0,79	430-1077 714,87	261,48-726,5 453,34	12,04-986 241,28
J3km	0,88-3,99 1,94	1,17-2,92 2,23	0,5-7,36 3,26	1,78-18 9,67	3,9-15,14 7,26	1,2-12,3 2,76	865,05-1898 1147	218-1194 465,6	80,9-1167,3 299,83
J3v	0,3-3,2 1,73	0,67-4,25 2,18	0-6,72 2,82	2,18-44,2 13,49	6,43-11,79 7,83	0,36-12,25 3,97	656,3-3543 1552	350,03-1088 560,43	25,6-521,5 297,57
P	-	0-5 2,26	0-5,92 1,42	-	3,5-8,2 7,4	0,8-4,2 1,58	-	274-546,2 356,7	131,92-391,45 184,55

Из таблицы и по проведенному факторному анализу Рис.1. видно, что наибольшей минерализующей способностью обладают глины верхнеюрского возраста, в меньшей степени глины мелового, пермского и среднеюрского возрастов.

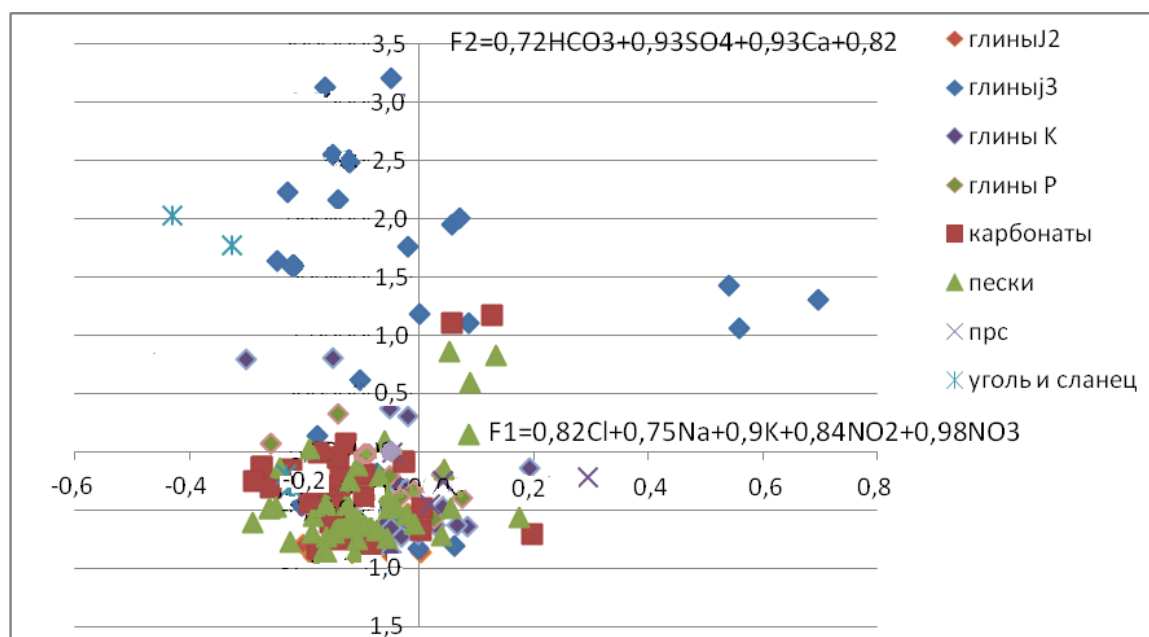


Рис. 1. Факторная диаграмма водных вытяжек с различных литотипов на основе дистиллированной воды

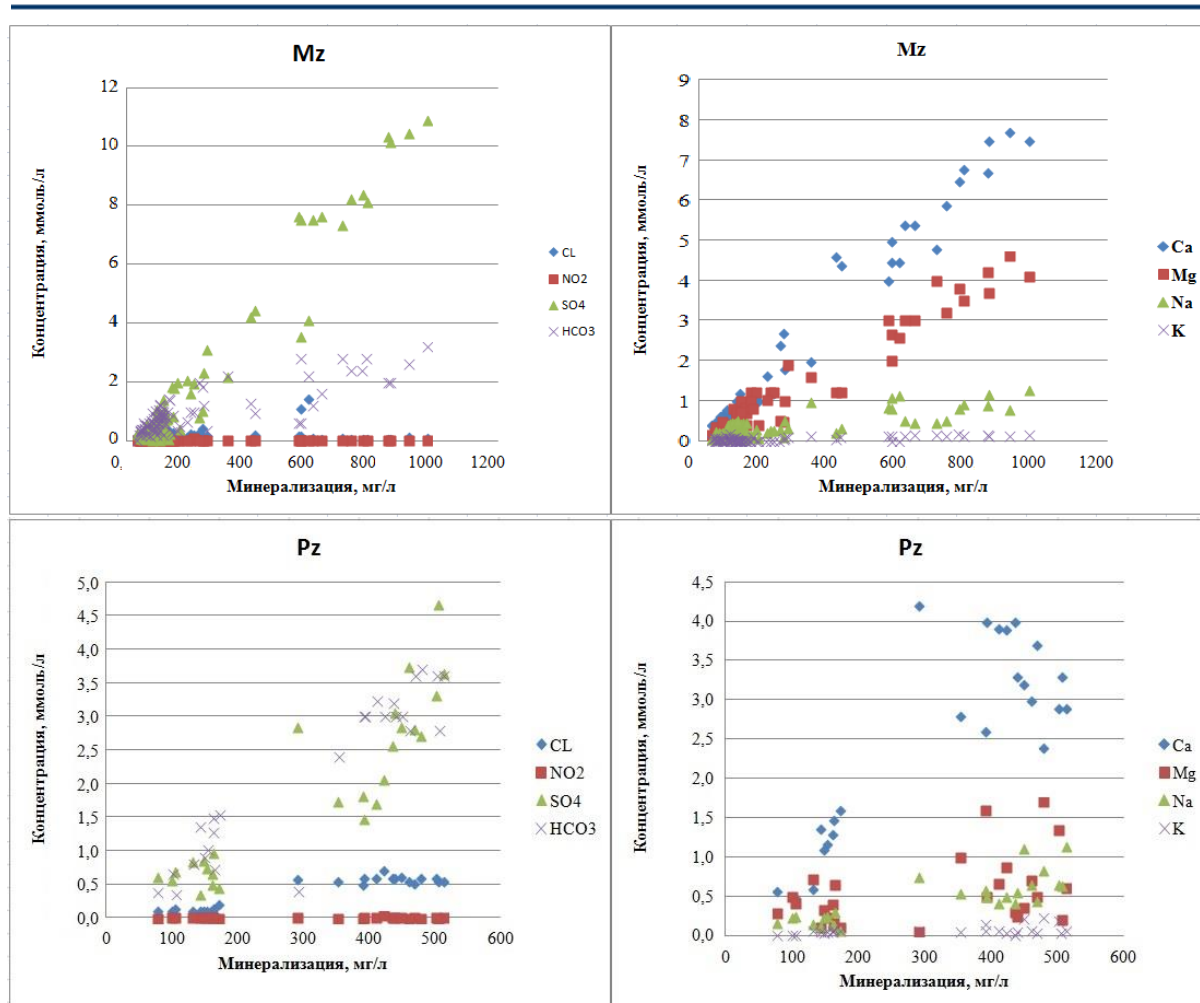


Рис. 2. Зависимость ионного состава водных вытяжек от минерализации.

Согласно анализу закономерностей на рис. 2 поведения ионов в зависимости от степени минерализации, водные вытяжки с минерализацией до 500 мг/л преимущественно гидрокарбонатные с высокой долей сульфат-иона. В то же время для мезозойских отложений характерна более высокая минерализующая способность. И в их более «соленых водах» вытяжек возрастает доля сульфат-иона, и он становится ведущим анионом, при этом значительно снижается доля гидрокарбонат-иона. Накопление хлорид-иона не столь интенсивное, как у первых двух ионов. В катионном отношении мезозойские отложения так же характеризуются большей жесткостью.

Основные полученные результаты:

1) При рассмотрении значений общей минерализации и жесткости водных вытяжек для каждого литотипа было выявлено, что максимальные значения минерализации и жесткости характерны для вытяжек из ПРС, в меньшей степени данный показатель проявляется для глин и карбонатных пород и минимален для песчаников.

2) Максимальные значения минерализации характерны для вытяжек из глин мезозойских отложений.

3) Сравнивая состав природных вод с составом водных вытяжек можно сделать вывод о том, что практически все основные особенности состава природных вод хорошо объясняются процессами взаимодействия атмосферных осадков со слагающими породами. Исключение могут составлять общая жесткость и

концентрации гидрокарбонат-иона. Это связано с большим временем взаимодействия в системе «вода-порода» в природных условиях и прохождении этих процессов в более кислой среде.

Литература

1. Вернадский, В.И. История природных вод / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 2003. – 751 с.
2. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т. 1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование / отв. ред. С.Л. Шварцев. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. - 244 с
3. Мусин Р.Х., Файзрахманова З.Г., Загидуллина К. Р., Мусина Р. З. Вариации и условия формирования состава природных вод в отдельных регионах Татарстана. – В печати.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. Изд. 2-е испр. и доп. - М.: Недра, 1998. - 367 с.
5. <http://www.monitoring.nn.ru/resptat.html>

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ ВСЛЕДСТВИЕ ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЕГО АФТЕРШОКОВОГО ПРОЦЕССА

В.Е. Кац¹, А.В. Шитов², В.В. Ролдугин¹

¹ТЦ «Алтайгеомониторинг» с.Майма, Россия, E-mail: altaigeo@mail.gornyu.ru; ²Горно-Алтайский государственный университет, г.Горно-Алтайск, Россия, E-mail: sav103@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены изменения микроэлементного и макрокомпонентного состава подземных вод Республики Алтай, произошедшие в результате Чуйского землетрясения и его афтершокового процесса. Анализируются пространственные и временные характеристики подземных вод региона.

Abstract. The article describes the changes of microelement and macrocomponent composition of the groundwater of the Altai Republic, which occurred as a result of the Chuya earthquake and its aftershocks. Analyzes the spatial and temporal characteristics of groundwater in the region.

Известно, что подземные воды на глубинах первых километров находятся под сверхгидростатическим или даже литостатическим давлением, а влияние подготовки особенно крупных землетрясений, само событие и афтершоковый процесс оказывают на характеристики подземных вод существенное влияние [1]. При этом по разломной сети региона осуществляется транспортировка флюидов к поверхности, изменяя таким образом химический состав более близкповерхностных подземных вод. Вопросы взаимодействия природных процессов и человека активно изучаются при анализе геоэкологических проблем, требующих интеграции геологии, географии, геофизики и других наук о Земле в единую систему знаний. Особенностью геоэкологии является изучение влияния геосферных оболочек и происходящих в них изменений на живую природу [2], в связи с чем очень важно изучать режим и характеристики подземных вод и как показатель комфортности условий проживания человека [3, 4].

Учитывая каскадность проявления геологических и других природных процессов при крупных землетрясениях и их афтершоковых процессах, рассмотрим гидрохимический режим подземных вод Республик Алтай на основании данных мониторинга подземных вод.

Республика Алтай в гидрогеологическом плане, находится в пределах Алтае-Саянской сложной гидрогеологической области. Подземные воды приурочены к водоносным зонам и комплексам с трещинными, трещинно-жильными, трещинно-

карстовыми, карстовыми скоплениями вод в терригенных, карбонатных, осадочно-вулканогенных, вулканогенных, метаморфических и интрузивных породах, имеющих разнообразный литологический состав и широкий, от мезозойского до протерозойского, возрастной диапазон. В межгорных артезианских бассейнах (Чуйском, Уймонском и др.) подземные воды сосредоточены в четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложениях. Сложное геолого-гидрогеологическое и тектоническое строение территории, а также множество населенных пунктов, разбросанных по площади республики, способствует выделению более чем 70 разных типов эксплуатируемых водных объектов (водоносных горизонтов, комплексов, водоносных зон).

В 2003 г. на территории Республики Алтай произошло сильное Чуйское землетрясение. В период его подготовки, форшоковый период и после основного события афтершокового процесса на территории изменился гидродинамический режим и качественный состав подземных вод [4; 5]. Изменения в гидрогеохимических показателях подземных вод имели сложные пространственно-временные параметры и характеризовались увеличением минерализации, усложнением гидрохимического состава, ростом рН (до 9 и более), увеличением концентраций микроэлементов (фтор, ртуть, марганец, алюминий, литий и другие). Динамика концентраций микроэлементов в подземных водах в период сейсмической активизации, по-видимому, связана с гидрогеологическими условиями участков водозаборов и интенсивностью сейсмических событий. Наиболее сильная динамика среди из 15 определяемых микроэлементов наблюдается у ртути, которая является гидрогеохимическим индикатором региона. Резкий аномальный всплеск концентрации ртути зафиксирован в 2002 г., т. е. в форшоковый период, затем отмечено резкое падение ее концентрации (рис. 1). Необходимо отметить, что за все время мониторинга геологической среды подобные резкие скачки концентрации отмечены впервые и связываются нами с форшоковой подготовкой Чуйского землетрясения и его афтершоковым процессом.

В районе г. Горно-Алтайска 18 и 26 февраля 2004 г. были зафиксированы два подземных толчка с магнитудой 3,4 и 3,1. В результате этих сейсмических событий в г. Горно-Алтайске, а также в селах Ая и Каракокша в ряде индивидуальных колонок установлены аномальные изменения в термическом режиме подземных вод – повышение температуры. Термальные воды, каптируемые колонкой, расположенной на ул. Северной, имеют природный глубинный характер. Об этом свидетельствует наличие в составе воды высоких концентраций кремния (до бальнеологических значений), бора, лития, фтора, также таких тяжелых металлов, таких как свинец (до 1 ПДК), кадмий (до 2 ПДК), цинк (до 0,3 ПДК), ртуть (до 0,3 ПДК), мышьяк, никель.

Гидродинамический режим подземных вод на территории г. Горно-Алтайска в рассматриваемый период наблюдался в скважинах, родниках, колодцах. В целом он увязывается с сезонными колебаниями уровня поверхности вод, т. е. в течение периода наблюдений уменьшается. В то же время, в отдельные дни на наблюдательных пунктах зафиксирован подъем уровня вод в скважинах, увеличивался дебит родников, изменялась величина рН вод. Эти события, скорее всего, свидетельствуют о сейсмических событиях небольшой магнитуды. В настоящее время температура воды колеблется в пределах 13–14 °С при фоновой температуре подземных вод региона 5–8 °С (рис. 2).

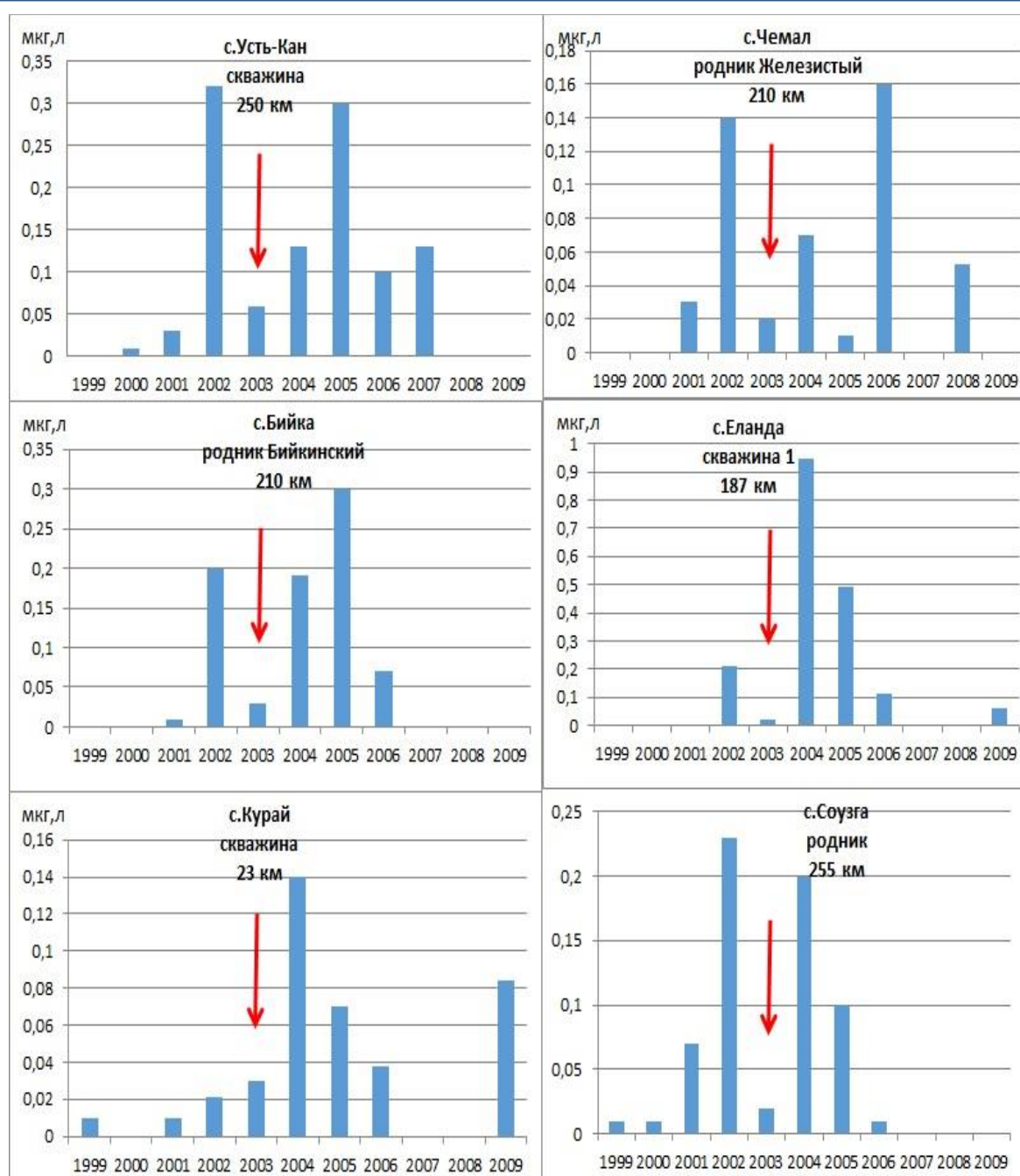


Рис. 1. Динамика концентрации ртути в подземных водах Республики Алтай в 1999–2009 гг. [Шитов, Кац и др., 2008]

Также необходимо отметить, что состав подземных вод за изучаемый период в связи с землетрясениями на Алтае и Саянах изменяется по-разному. Так, показатель рН наиболее сильно прореагировал на землетрясения на Алтае в период 2004–2006 годов.

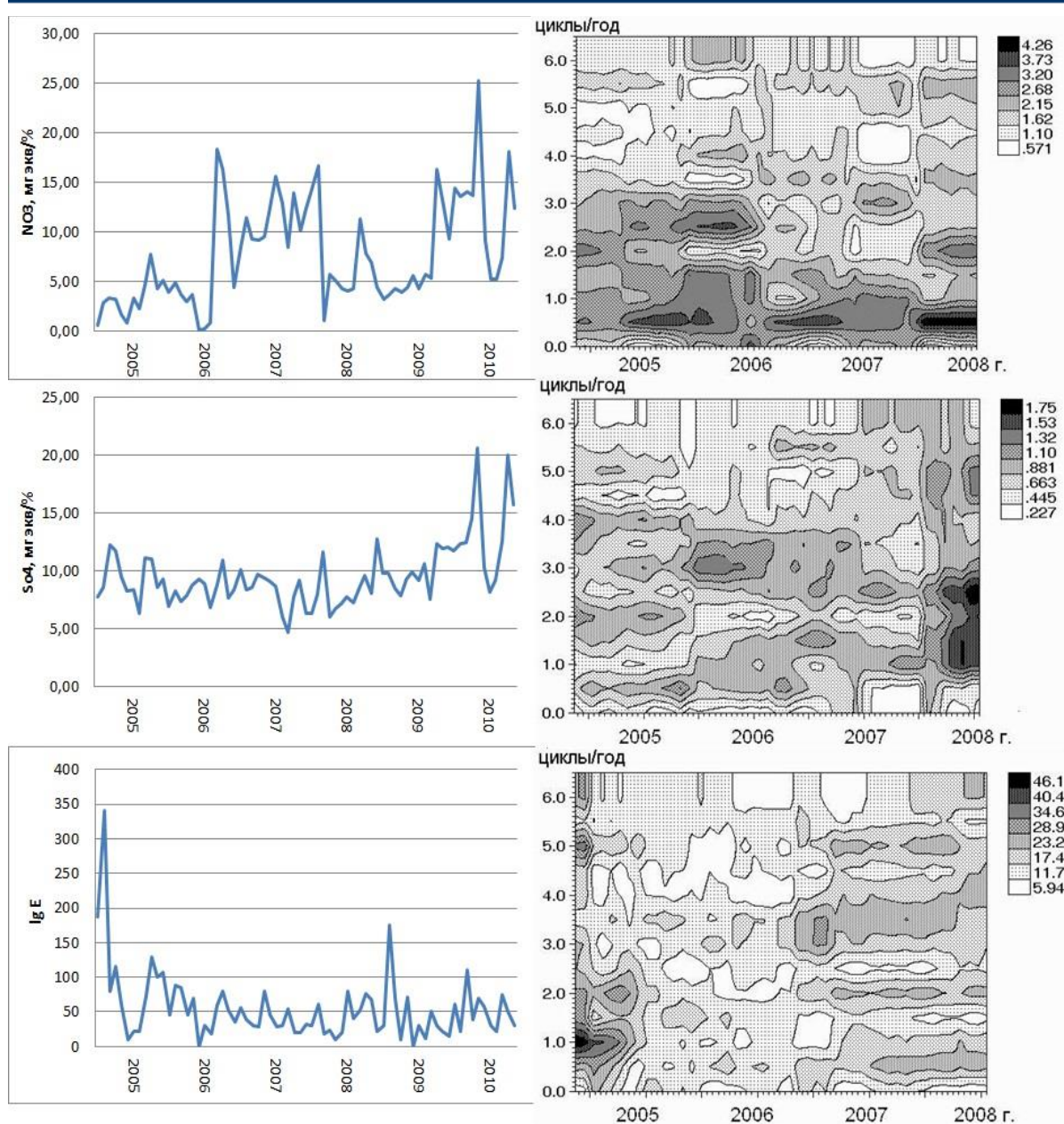


Рис. 2. Динамика гидрогеохимического состава подземных вод в связи с землетрясениями (на примере колонки по ул. Северной, 16)

Таким образом, в результате изучения влияния сейсмических процессов на гидрогеологические характеристики были получены следующие результаты:

1. Вследствие Чуйского землетрясения и афтершоковых сейсмических событий, продолжающихся на Алтае до настоящего времени, прослеживается влияние их на гидродинамический режим и качественный состав подземных вод (микроэлементные и макрокомпонентные показатели). Колебания показателей режима и качества вод носят как региональный, так и локальный характер, что увязывается с малоамплитудными сейсмическими событиями (их магнитудой, глубиной эпицентра, гидрогеологической ситуацией). Аномальные индикаторные (косейсмические) показатели вод – азотистые соединения, фтор, кремний радона, прослеживаются 1–2 недели, после которых фоновый состав вод восстанавливается.

2. Одним из дополнительных режимобразующих факторов состояния подземных

вод в Горном Алтае в последние годы и до настоящего времени являются сейсмические события в Алтае-Саянском регионе.

3. В результате продолжающихся сейсмических событий в последние годы изменяется гидродинамический режим подземных вод и их качественный состав. Данные характеристики могут быть использованы для изучения сейсмической активности Алтая.

Таким образом, подготовка землетрясения, сопровождающаяся сложным комплексом изменения полей напряжения в земной коре, оказывает влияние на химический состав, содержание радона, режим и температуру подземных вод региона.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №13-05-98072 р-сибирь.

Литература

1. Киссин, И.Г. Землетрясение и подземные воды [Текст] / И.Г. Киссин. – М. Наука, 1982. – 174 с.
2. Осипов, В.И. Геоэкология – междисциплинарная наука о экологических проблемах геосфер [Текст] / В.И. Осипов // Геоэкология. – 1993. – №1. – С. 4–17.
3. Трофимов, В.Т. Экологические функции литосферы [Текст] / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг, Т.А. Барабошкина [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
4. Трофимов В.Т. Экологическая геология [Текст] / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: Геоинформмаркет, 2002. – 465 с.
5. Шитов, А.В. Эколого-геодинамическая оценка Чуйского землетрясения [Текст] / А.В. Шитов, В.Е. Кац, М.А. Харьковина // Вестник Моск. ун-та. Серия Геология. – 2008. – № 3. – С. 41–47.
6. Кац, В.Е. О механизмах изменения химического состава и температуры подземных вод в районе Горно-Алтайска [Текст] / В.Е. Кац, А.В. Шитов, С.С. Драчев // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2010. – №3. – С. 207-212.

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА ОЗЕРНЫХ ВОД КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

М.Н. Колпакова^{1,2}, С.Л. Шварцев^{2,3}, С.В. Борзенко⁴, В.П. Исупов⁵, С.С. Шацкая⁵

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: marina.kolpakova@gmail.com*

² *Институт геологии и минералогии Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия*

³ *ФГБУН Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук, Томск, Россия*

⁴ *ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия*

⁵ *ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия*

Аннотация. Изучена геохимическая специфика озерных вод территории Кулундинской степи Алтайского края. Результаты исследования показали, что на территории развиты в основном хлоридные и реже содовые озера с натриевым составом. Представлено, что на накопление элементов в растворе наибольшее влияние оказывают испарение, вторичное минералообразование и различные биологические процессы.

Abstract. The geochemical specifics of lake water in Kulunda steppe area (Altai Krai, Russia) is described. The results showed mainly chloride and less soda lakes with a sodium compound are located there. It presented that the accumulation of elements in saline solution have the greatest impact of secondary minerals' formation and various biological processes.

Изучение закономерностей распределения элементов в природных водах, особенностей их миграции, а также выявление возможных источников этих элементов является одной из фундаментальных проблем в современной гидрогеохимии. Исследования, представленные в настоящей работе, выполнены на территории

Кулундинской равнины Алтайского края, где расположено более 5000 солёных озёр. В 1931-1933 гг. здесь была проведена первая масштабная работа Кулундинской экспедиции АН СССР под общим руководством акад. Н.С. Курнакова, посвященная изучению вопросов формирования солевого состава природных вод Кулунды. В последующие годы проводились исследования запасов и условий залегания твердых солей, а также рассматривались различные методы их эксплуатации [1, 3]. Незаменимый вклад в установлении химических типов озерных вод на данной территории внесла работа Ю.П. Никольской [9]. Исследование соленых озер степной части Алтайского края продолжается и в настоящее время: изучению гидрологических и морфологических особенностей [3, 8], флоры и микробиологического состава [7, 8], донных отложений [10] и т.д. Для изучения современного состояния вод соленых озер, в рамках комплексных экспедиций 2011-2015 гг. нами были изучены геохимические особенности около 30 солёных озёр и природных вод, находящихся на территории их водосбора. Обобщение этих материалов приводится в данной статье.

Для территории Кулундинской степи характерно ярко выраженное соленакопление, обусловленное длительным развитием процессов аккумуляции продуктов выветривания пород на фоне засушливого климата. Основным источником поступления солей в озерах являются грунты, их засоленность составляет 0,1-0,15% [7]. Взаимодействие этих, а также иных факторов [11] приводит к динамичному развитию систем солёных озёр, которые особо чётко реагируют на изменения внешних условий среды. Поэтому подобные системы требуют проведения регулярных комплексных исследований состава озерных вод.

В большинстве случаев, соленые озера Кулундинской степи являются мелководными водоемами со средней глубиной менее 2,5 м, максимальная глубина оз. Б.Яровое составляет 7,5 м. К наиболее крупной системе озер относятся связанные протокой озера Кучукское и Кулундинское, питающиеся реками с общей площадью водосбора около 24 тыс. км². Уровни воды в озерах колеблются в пределах 0,4-1 м. В засушливые годы площадь озер резко сокращается [4].

Данные, полученные в ходе работ (табл.), свидетельствуют о наличии на территории исследования озер двух химических типов (классификация Курнакова-Валяшко): хлоридного и карбонатного (содового).

Карбонатный (содовый) тип озер отличается широким диапазоном общей минерализации, которая варьирует от умеренносолоноватых до крепких рассолов: минерализация достигает 107 г/л, при этом среднее ее значение составляет 29 г/л. При этом доля карбонатов ($\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$) в водах редко достигает 50 экв.%, в среднем ее значение составляет 25 экв.%. При этом, в катионной составляющей озерных вод всегда преобладает Na^+ (в среднем – 85%) на фоне весьма низких концентраций кальция и магния (2 и 11 экв.%, соответственно). Величина рН вод изменяется от 8,9 до 9,9, что определяет отнесение этих вод к карбонатному (содовому) типу.

Хлоридный тип озер по сравнению с содовыми характеризуются более высокой соленостью (20 – 590, среднее – 247 г/л, табл. 1), но значительно меньшими значениями рН (7,2 – 9,0, среднее – 7,75). Среди катионов преобладает натрий (среднее – 74 экв.%), магния в водах данного типа несколько больше, чем в содовом – 26 экв.%.

Для озер обоих типов характерно равное содержание сульфат-ионов, изменяющееся от 2 до 28 экв.%, при среднем содержании 11-13 экв.%. Отставание в накоплении в водах кальция и карбонатного комплекса $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3^{2-}$ объясняется образованием кальцита на ранних стадиях эволюции вод [11]. С образованием гипса и микробиологическими процессами связывают непропорциональный рост сульфатов относительно хлоридов [5].

Таблица
Минимальные, максимальные и средние значения состава озерных вод
Кулундинской степи, мг/л

Параметр	Карбонатный (содовый) тип (кол-во объектов – 10)			Хлоридный тип (12)		
	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее
pH	8,9	9,89	9,49	7,20	8,95	7,75
CO ₂	н.о.*	4	1,2	н.о.	255	75
CO ₃	24	25800	5044	н.о.	396	54
HCO ₃ ⁻	415	8845	3156	46	1610	828
SO ₄ ²⁻	88	18840	4011	4865	97224	37359
Cl ⁻	188	26306	6451	6200	190400	120025
Ca ²⁺	5	32	16	0	993	218
Mg ²⁺	7	228	85	970	81630	14936
Na ⁺	250	35615	9216	5580	130000	70571
K ⁺	11	294	72	20	700	230
Si	0,2	42	11	0,1	42	8
Минерализация, г/л	1,0	107	29	20	591	247

Примечание: *н.о. – не обнаружено

В целом стоит отметить весьма логичную схожесть макрокомпонентного состава озерных вод Кулундинской степи с водами хлоридных озер близлежащей территорией Ишимской степи (Северный Казахстан) и несколько завышенные значения в сравнении с озерами хлоридного типа Западной Монголии [12]. Как показано на рис. 1, рассматриваемые озера отличаются много меньшими значениями кальция (1 до 24 мг/л) в сравнении в озерами Северного Казахстана, где его содержание в озерах данного типа достигает 3 г/л. В тоже время, они отличаются меньшими концентрациями Mg и SO₄, что, видимо, связано с отсутствием дополнительных источников этих элементов.

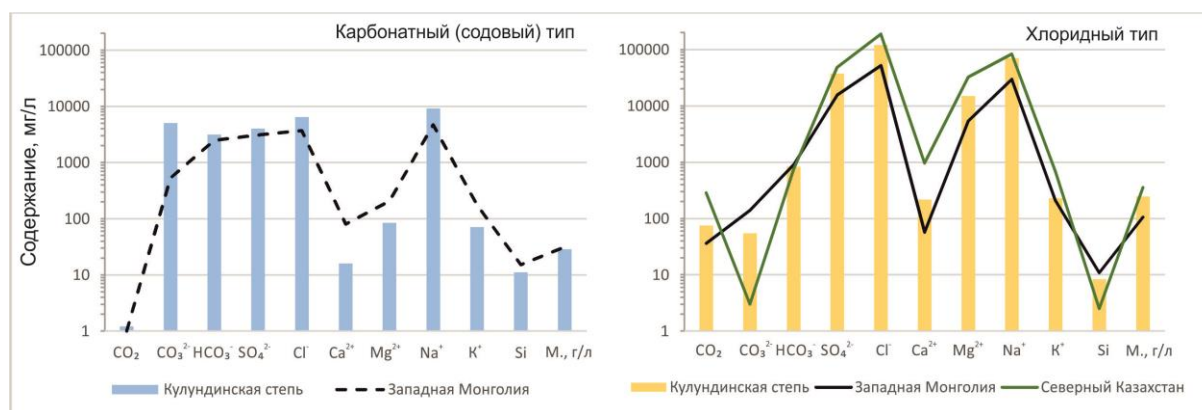


Рис. 1. Сравнительная характеристика состава озерных вод карбонатного (содового) и хлоридного типов на территориях Кулундинской степи (Алтайский край), Ишимской степи (Северный Казахстан) и Котловины больших озер (Западная Монголия).

Важным фактором формирования гидрохимии озер является осадкообразование, связанное с насыщением воды по определенным минеральным фазам. По данным

термодинамических расчетов, для большинства озер характерен карбонатный тип седиментации, гипсовая стадия минералообразования не характерна для большинства изученных озер, что главным образом обусловлено мобилизацией кальция карбонатными минералами (активностями в водах кальция менее 10^{-3,8}). Напротив, минерализованные озера с рН ниже 9,0 (хлоридного типа) содержат кальций и сульфатов достаточно для формирования гипса. Очевидно, что с момента установления равновесия вод с гипсом содержания сульфатов в водах лимитируются. Поэтому на данном этапе трансформации химического состава вод равновесие с мирабилитом не достигается.

Таким образом, накопление сульфатов в эквивалентных количествах с хлоридами не происходит в виду бактериального восстановления до сероводорода [Колпакова и др., 2015], а также его удаления из раствора преимущественно в виде гидротроиллита. Хотя имеются доказательства того, что часть сероводорода окисляется, но и в этом случае возможны потери в виде элементарной серы и полисульфидов железа. В хлоридных озерах геохимическим барьером для сульфатов выступает гипс. Очевидно, что формирование собственно сульфатных вод (которых на исследуемой территории не обнаружено) в таком случае возможно при наличии особых условий – существовании дополнительных источников поступления в озера сульфатов.

Известно, что накопление в растворе ионов натрия и хлора идет по пути испарительного концентрирования [2]. Однако, из рис. 2а видно, что рост этих ионов с увеличением минерализации не равномерен и при более высоких минерализациях концентрация натрия в водах становится значительно меньше, чем содержание хлорид-ионов. Объясняется это связыванием ионов натрия в глинистые минералы. Хлорид-ион же на данном этапе развития системы «озерная вода - горная порода» не образует собственных минералов и продолжает накапливаться в растворе до наступления насыщения относительно хлоридов натрия или калия.

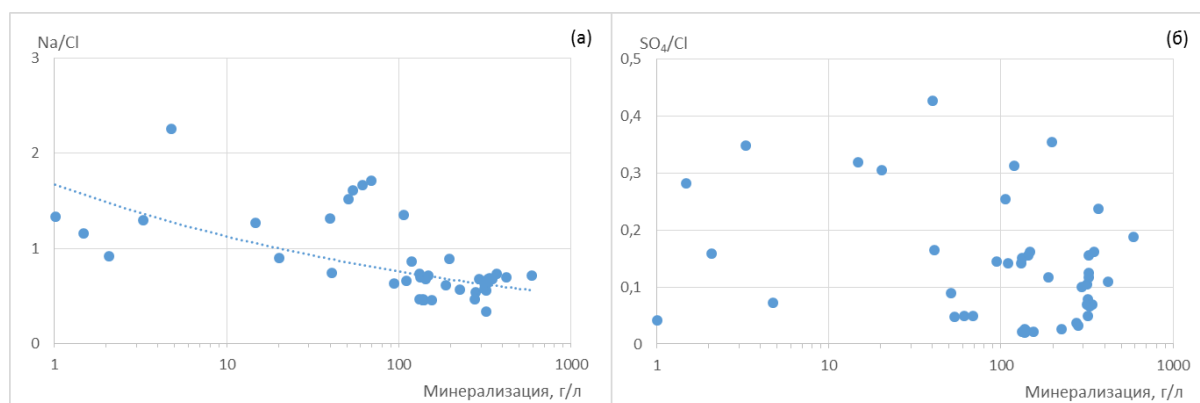


Рис. 2. Связь отношения Na/Cl (SO_4/Cl) и минерализации озер Кулундинской степи

Таким образом, на территории Кулундинской степи развиты преимущественно хлоридные и содовые озера с натриевым катионным составом. Озер сульфатного типа на рассматриваемой территории не обнаружено. Соленость озер (в некоторые годы) достигала 590 г/л, рН – 9,9. Рост минерализации озерных вод сопровождается увеличением содержания химических компонентов, однако их накопление в озерных водах неравномерно, поскольку на формирование химического состава воды влияют степень испарения, а также геохимические и биологические процессы. Отставание в накоплении в озерных водах сульфат-иона (рис.2б) связано с сульфатредукцией и выпадением вторичных минералов, в частности, сульфидов железа и гипса.

Исследование озерных вод в 2013-2014 г. проведено за счет средств гранта РФФИ № 13-05-00556, результаты 2015 г. получены за счет средств гранта Российского Научного Фонда (Проект № 15-17-10003).

Литература

1. Абрамович Д. И. Воды Кулундинской степи. Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1960, 214 с.
2. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождений солей. Издательство Московского Университета, 1962. 397 с.
3. Гроховский Л.М. Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. М. : Недра, 1972, 168 с.
4. Добровольский Г.В., Сергеев Е.М., Герасимова А.С. Природные условия центральной части Западно-Сибирской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1977. - 363 с.
5. Замана Л.В. Гидрохимия соленых озер Юго-Восточного Забайкалья и определяющие ее современные процессы / Л.В. Замана, С.В. Борзенко // География и природные ресурсы, 2010. № 4. С. 100-107.
6. Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С., Шварцев С.Л. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: химия и экология. 2015. № 1. с. 11-16
7. Леонова Г.А., Бобров В.А., Богущ А.А., Бычинский В.А., Аношин Г.Н. Геохимическая характеристика современного состояния соляных озер Алтайского края // Геохимия, 2007. №10. С. 1114-1128.
8. Лузгин Б.Н. Штрихи к состоянию равновесия Кулундинской солеродной системы // География и природопользование Сибири. 2010. №12. С. 97-110.
9. Никольская Ю.П. Процессы солеобразования в озерах и водах Кулундинской степи. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 481 с.
10. Страховенко В.Д., Щербов Б.Л., Маликова И.Н., Восель Ю.С. Закономерности распределения радионуклидов и редкоземельных элементов в донных отложениях озер Сибири // Геология и геофизика, 2010, т. 51, № 11, с. 1501-1514.
11. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., исправл. и доп. М.: Недра, 1998. 336с.
12. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии // Геохимия. 2014. №5. С. 432-449.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НАТЁЧНЫХ ОБРАСТАНИЙ В ПЕЩЕРЕ СНЕЖНАЯ (АБХАЗИЯ)

Л.М. Кондратьева¹, О.С. Полевская¹, Н.С. Коновалова²

1 Институт водных и экологических проблем Дальневосточное отделение Российской академии наук, Хабаровск, Россия, E-mail: iver@iver.as.khb.ru

2 Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина Дальневосточное отделение Российской академии наук, Хабаровск, Россия, E-mail: itig@itig.as.khb.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования элементного состава натечного образования в карстовой пещере Снежная (Абхазия), полученные на электронном сканирующем микроскопе (EVO-40HV, Carl Zeiss) с помощью кремний-дрейфового рентгеновского детектора X-MAX 80 мм². Показано, что элементный состав определяется микроструктурами, в которых происходит концентрирование отдельных элементов. В обследованном натечном образовании обнаружены локусы с повышенным содержанием железа (до 53 вес.%) и магния (до 22 вес.%). Независимо от микроструктуры доля кальция не превышала 0,79 вес.%.

Abstract. The results of a study of the elemental composition of speleothems in the karst cave Snezhnaya (Abkhazia), obtained in a scanning electron microscope (EVO-40HV, Carl Zeiss) with silicon drift X-ray detector X-MAX 80 mm² are presented. It is shown that the elemental composition is formed by microstructures in which the concentration of individual elements occurs. Loci with high iron

(up to 53 wt.%) and magnesium (up to 22 wt.%) content were found in the surveyed speleothems. Regardless of the microstructure fraction of calcium was not more than 0,79 wt.%.

До настоящего времени остаются актуальными исследования, объединяющие в единое целое многие биогеохимические процессы, происходящие в гидросфере и литосфере, в том числе в системе вода–порода. Формирование химического состава воды при ее взаимодействии с материнскими породами связано с комплексом факторов, влияющих на миграцию и подвижность элементов [5]. Подавляющее большинство предыдущих исследований горных пород было сосредоточено на их геохимической и петрологической характеристике. Однако при проведении биогеохимических исследований древних и современных отложений были обнаружены наноразмерные структуры, похожие на окаменелые бактерии [8].

Самым распространенным в мире природным минералом является карбонат кальция CaCO_3 – кальцит, который в виде горных пород известняка, мела и мрамора слагает многокилометровые слои на разных континентах. В залежах известняка могут происходить растворение кальцитов и образование карстовых пещер [4]. Качество воды в карсте может очень существенно меняться за короткий промежуток времени [14]. Для карстовых водоносных горизонтов часто характерна прямая и быстрая связь с поверхностными и подземными водами; отложения в них подвижны и могут переноситься по карстовой системе, перенося тем самым и закрепленные на частицах отложений микроорганизмы [13]. Аккумулятивная работа подземных вод в карстовых районах проявляется, в первую очередь, в формировании всевозможных натечных образований: сталактитов, сталагмитов, сталагматов, кораллитов, геликтитов, «лунного молока» и др. [2].

Натечное образование «лунное молоко» (ЛМ) обнаружено во многих пещерах разных регионов мира в виде белых слизистых пленок, натечков и светлых прожилок в глине. Чаще всего ЛМ описывают как гидратированную, губчатую или пастообразную, творожистую или сухую массу, состоящую из тонких кристаллических агрегатов карбонатных (кальцит, гидромагнезит, арагонит, гипс) [3, 6, 11, 16] и некарбонатных минералов (силикаты, фосфаты, сульфаты [12]). Некоторые исследователи предпочитают использовать понятие «биомасса лунного молока», тем самым подчеркивая не только присутствие микроорганизмов, но и их значимую роль в формировании массы ЛМ [18]. Исследователи, изучавшие ЛМ в пещерах Ирландии, пришли к выводу, что количество, разнообразие и активность микроорганизмов могут существенно изменяться среди нескольких сайтов даже на площади 2,5 м² [17]. На примере пещеры Альтамира было показано, что ЛМ на разных стадиях формирования и различных субстратах отличается по своей микроструктуре, оказывая влияние не только на физико-химическое осаждение кальция, но и на морфологию и размер кристаллов [7].

Цель исследования. Определить элементный состав отдельных микроструктур в белом, пастообразном натечном образовании «лунное молоко» в пещере Снежная из пещерной системы Иллюзия-Меженного-Снежная (Абхазия).

Объекты и методы исследования. Пещерная система Снежная–Меженного–Иллюзия располагается в Хыпстинском карстовом массиве, который является составной частью южного склона Бзыбского хребта и его южного отрога - хребта Раздельного (Западный Кавказ, Абхазия). По опубликованным данным, протяженность этой пещерной системы составляет 27078 м, глубина 1753 м. В ней встречаются различные вторичные минералы: Mg- и Sr-содержащий кальцит, арагонит, гипс, гидромагнезит, целестин, стронцианит, доломит, гетит и рутил [1].

Натечное образование «лунное молоко» было отобрано в январе 2015 г. со стены Хрустального меандра пещеры Снежная на глубине 1000 м во время экспедиции «Исследовательский проект «Снежная» под руководством Шадрин В.О. Температура воздуха на момент отбора проб — 5°C. Микроструктура натечного образования была исследована с помощью сканирующего электронного микроскопа (EVO-40HV, Carl Zeiss) в режиме вторичных электронов после напыления образцов платиной. Для определения элементного состава отдельных микроструктур был использован кремний-дрейфовый рентгеновский детектор X-MAX 80 мм².

Результаты и обсуждение. Большое значение в формировании микроструктур натечных образований имеет качественный состав поверхностных и подземных вод, который связан с климатическими и сезонными условиями. В пещерах Италии в ЛМ были определены органические углерод и азот, Al, Si и Fe [18]. Однако их генезис не обсуждается, хотя авторы считают, что элементный состав в значительной степени определяется просачивающейся водой. Ранее в пещере Снежная в натечных образованиях кроме Ca были обнаружены Si, Mg, Fe, K и P [1]. Данные были представлены в виде оксидов этих элементов, хотя многие из них могут входить и в более сложные соединения.

Анализ электронных изображений образца «лунного молока» из пещеры Снежная показал его существенную гетерогенность. Был выявлен ряд микроструктурных образований: тонкие полупрозрачные пластинки, мелкие кубические кристаллы, скопления кристаллических пластинок в виде стопок и пленочные структуры разной плотности. В качестве примера показан фрагмент с ярко выраженной слоистостью (рис., изображение справа). Верхний слой представлен зернистой корочкой, а нижний – гомогенным субстратом с углублениями и отверстиями. При большем увеличении в верхнем слое были обнаружены многочисленные кубические кристаллы. Элементный состав значительно отличается в разных микроструктурах (табл.).

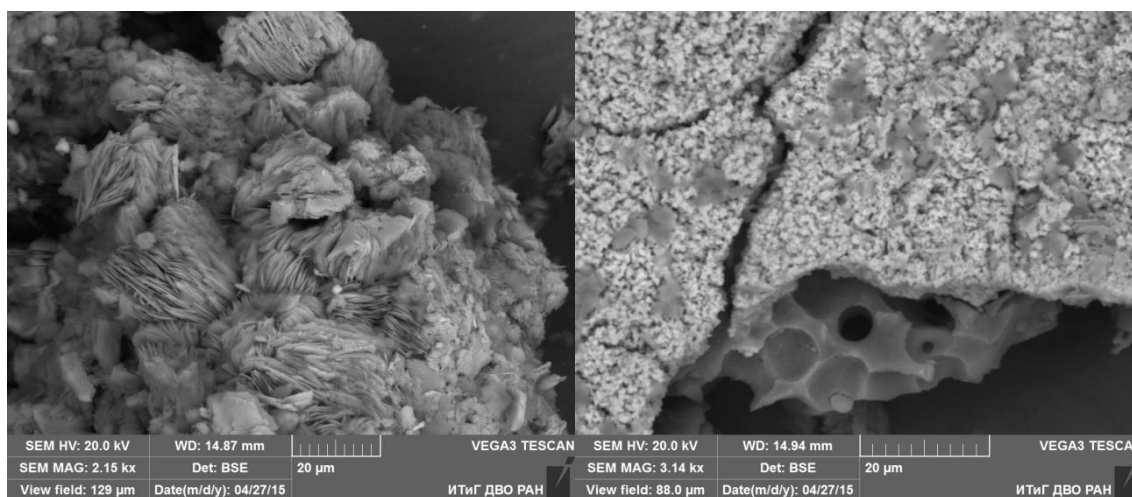


Рис. Электронные изображения микроструктуры натечного образования («лунное молоко») в п. Снежная

Кубические микрочастицы обладают богатым элементным составом и высоким содержанием железа. Нижний слой фрагмента ЛМ по элементному составу напоминает биопленку штамма С-6, выделенного из исходного образца методом посева на агаризованную питательную среду. Известно, что гидроксиды Fe часто находятся в тесном контакте с микробными сообществами, их называют биогенными гидроксидами железа. Они создают высоко-реакционную поверхность, ответственную за вторичное

отложение широкого спектра других микроэлементов [10]. В гомогенном слое, напоминающем полимерный матрикс биогенного происхождения, присутствовали железо и фосфор. Известно, что продуцирование экзополисахаридов, способствует наиболее активному взаимодействию с Fe (OH)₃ [9]. На примере культуры *Bacillus subtilis* было показано, что внеклеточные полимерные вещества и фосфатные группы играют важную роль в инициации адгезии бактериальных клеток и формированию биопленок на поверхности железосодержащих минералов [15].

Таблица

*Элементный состав микроструктур в натечном образовании
(«лунное молоко») в п. Снежная (вес. %)*

Спектры	C	O	Fe	Mg	Ca	Si	P	K	Na	Cl	Cu
Кубические микрокристаллы											
8	6,33	34,89	53,01	0,51	0,53	0,26	0,92	0,81	0,63	0,38	1,93
9	11,82	45,32	36,95	0,94	0,34	0,29	0,93	0,77	1,03	0,16	1,36
10	5,48	33,80	53,93	0,85	0,28	0,25	1,29	1,07	0,64	0,16	1,99
Тонкие пластинки											
18	23,55	68,14	–	7,48	0,25	0,10	–	–	0,19	0,07	0,10
19	21,98	66,44	–	10,93	0,09	0,27	–	–	–	0,06	–
20	24,12	69,04	–	5,70	0,06	0,52	–	–	0,27	0,08	–
Пластинки в стопках											
27	17,03	60,28	–	22,60	0,08	–	–	–	–	–	–
28	17,25	60,52	–	22,13	0,08	–	–	–	–	0,09	–
29	17,36	60,70	–	21,60	0,08	0,17	–	–	–	0,09	–
Гомогенный субстрат											
71	17,99	61,87	0,58	5,36	0,48	–	6,49	5,66	1,37	–	0,20
72	18,74	58,01	5,58	0,86	0,79	–	1,79	10,72	–	0,16	2,61
73	22,55	65,78	2,63	3,56	0,31	0,09	1,02	2,65	0,20	0,16	0,82
Бактериальная масса штамма С-6											
С6-1	25,33	70,32	–	0,12	0,49	–	1,38	0,13	0,77	1,14	–
С6-2	24,74	69,56	–	0,13	0,63	–	1,81	1,16	0,96	1,49	0,13
С6-3	25,16	70,14	–	0,14	0,45	–	1,52	0,13	0,90	1,19	–

В образце «лунного молока», отобранного в п. Снежная, были обнаружены микроструктуры, которые можно назвать «магниевыми пластинками». Содержание Mg в них было максимально высоким в локусах из плотных стопок (рис. 1, изображение слева) и составляло около 22 вес.%. В «магневых пластинках» доля Ca составляла лишь 0,08 вес.%

Таким образом, наши исследования показали тесную связь элементного состава и особенности микроструктуры натечных образований в пещере Снежная. Строгая дифференциация по элементному составу этих микроструктур свидетельствует о смене экологических условий при формировании натечных образований и важной роли биогенного фактора. Это еще раз подчеркивает, что их образование в значительной степени определяется биогеохимическими процессами, в которых активную роль играют микроорганизмы. В зависимости от их физиологических особенностей могут формироваться разные микроструктуры, являющиеся предшественниками вторичных биоминералов.

Литература

1. Базарова Е.П., Мазина С.Е., Ходырева Е.В. Минералогические исследования в пещерной системе Снежная- Меженного-Иллюзия (Западный Кавказ, Бзыбский хребет): предварительные результаты и направления дальнейших работ // *Спелеология и карстология*. 2013. № 10. С. 76-85.
2. Гвоздецкий Н.А. Карст. М.: Географгиз, 1984. 351 с.
3. Мазина С., Семиколенных А. Различные формы лунного молока пещер России в свете проблемы генезиса // *Пещеры*. Пермь, 2010. Т. 33. С.34–44.
4. Семиколенных А., Иванова А., Горленко М., Добровольская Т. Экология микробных сообществ карстогенных ландшафтов Беломоро-Кулойского плато (Архангельская область) // *Пещеры*. Пермь, 2008. Т.31. С.120-143.
5. Шварцев С.Л., Рыженко Б.Н., Алексеев В.А. Геологическая эволюция и самоорганизация в системе вода-порода. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 389 с.
6. Blyth A. J., Frisia S. Molecular evidence for bacterial mediation of calcite formation in cold highaltitude caves // *Geomicrobiology Journal*. 2008. № 25. P. 101-111.
7. Cañaveras J.C., Cuezva S., Sanchez-Moral S., Lario J., Laiz L., Gonzalez J.M., Saiz-Jimenez C. On the origin of fiber calcite crystals in moonmilk deposits // *Naturwissenschaften*. 2006. Vol. 93. № 1. P. 27-32.
8. Cosmidis J., Benzerara K., Menguy N., Arning E. Microscopy evidence of bacterial microfossils in phosphorite crusts of the Peruvian shelf: Implications for phosphogenesis mechanisms // *Chemical Geology*. 2013. Vol. 359. № 14. P. 10-22.
9. Fang L., Cao Y., Huang Q., Walker S. L., Cai P. Reactions between bacterial exopolymers and goethite: A combined macroscopic and spectroscopic investigation // *Water research*. 2012. Vol. 46. P. 5613-5620.
10. Fru E. C., Piccinelli P., Fortin D. Insights into the Global Microbial Community Structure Associated with Iron Oxyhydroxide Minerals Deposited in the Aerobic Biogeosphere // *Geomicrobiology Journal*. 2012. Vol. 29. Issue 7. P.587-610
11. Hill C. A., Forti P. Cave minerals of the world, 2nd ed. Huntsville, AL: National Speleological Society. 1997. 463 p.
12. Lacelle D.; Lauriol B.; Ian D. Seasonal isotopic imprint in moonmilk from Caverne de l'Ours (Quebec, Canada): implications for climatic reconstruction // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2004. Vol. 41. № 12. P. 1411-1423.
13. Mahler B.J., Personné J.-C., Lods G.F., Drogue C. Transport of free and particulate associated bacteria in karst // *Journal of Hydrology*. 2000. Vol. 238. P. 179-193.
14. Musgrove M., Banner J.L. Controls on the spatial and temporal variability of vadose dripwater geochemistry: Edwards Aquifer, central Texas // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2004. Vol. 68. № 5. P. 1007-1020.
15. Omoike A., Chorover J. Adsorption to goethite of extracellular polymeric substances from *Bacillus subtilis* // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2006. Vol.70. P. 827-838
16. Richter D. K., Immenhauser A., Neuser R. D. Electron backscatter diffraction documents randomly orientated c-axes in moonmilk calcite fibres: evidence for biologically induced precipitation // *Sedimentology*. 2008. Vol. 55. P. 487-497.
17. Rooney D.C., Hutchens E., Clipson N., Baldini J., McDermott F. Microbial Community Diversity of Moonmilk Deposits at Ballynamindra Cave, Co. Waterford, Ireland // *Microbial Ecology*. 2010. Vol. 60. Issue 4. P. 753-761.
18. Summers En. A., Paoletti M.G., Beggio M., Dorigo L., Pamio A., Gomiero T., Furlan C., Brilli M., Dreon A.L., Bertoni R. and Squartini A. Comparative microbial community composition from secondary carbonate (moonmilk) deposits: implications for the *Cansiliella servadeii* cave hygroscopic food web // *International Journal of Speleology*. 2013. Vol. 42. № 3. P. 181-192.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БОЛОТНЫХ ВОД АЛТАЙСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИГ.В. Ларина¹, Л.И. Инишева²

¹ Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Республика Алтай, Россия,
E-mail: gal29977787@yandex.ru

² Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия,
E-mail: inisheva@mail.ru

Аннотация. Приводится анализ экспериментальных данных по изучению химического состава вод торфяно-болотных экосистем Горного Алтая.

Abstract. Analysis experimental data of chemical composition waters bogs ecosystems Republic Altay are presented.

Показатели функционирования, процессы образования, трансформации и миграции веществ и с этим связанные механизмы устойчивости болотных экосистем в условиях горных территорий до настоящего времени остаются не исследованными. С 2007 г. проводятся комплексные экспедиционные работы по изучению торфяно-болотных экосистем (ТБЭС) Алтайской горной области [3, 9]. Проводимые исследования актуальны также в плане изучения ресурсного потенциала торфяных отложений и устойчивого развития горных территорий.

Алтайская горная область (Горный Алтай) находится на западе Алтае-Саянской физико-географической страны, имеет значительную гипсометрическую приподнятость по сравнению с окружающими территориями, характеризуется разнообразием рельефа и климатических условий. Взаимодействие горных хребтов различной высоты и ориентации с воздушными массами определяет своеобразие местных климатов, их контрастность и пестроту.

Исследованиями выявлено, что в Горном Алтае почвенно-геоботанические характеристики на уровне типов почв и классов растительных формаций четко коррелируют в горных условиях с показателями соотношения тепла и влаги [5]. В связи с этим изменения климатических условий – тепла и влаги – на различных ступенях высотной поясности приводят к формированию горно-тундровых, тундро-степных, альпийско-субальпийско-луговых, горно-лесных и степных ландшафтов. Независимо от типа ландшафта в Алтайской горной области практически для каждого из них характерно наличие болотных экосистем или заболоченностей. В отличие от значительных болотных территорий Западной Сибири, болотные образования Горного Алтая характеризуются мозаичностью расположения и мелкоконтурностью.

Наибольшее распространение болотные системы получили в Северо-Восточной Алтайской провинции, его низкогорной части, которая по гидротермическому режиму является наиболее теплой и влажной относительно остальной горной территории, для нее характерен значительный снеговой покров и невысокий уклон стока вод [9].

В Центральной Алтайской провинции развитие болотных образований связано с Тигерецко-Теректинским поднятием. В этой среднегорной местности образование болот приурочено к межгорным котловинам, а в них – к озерным понижениям и к поймам рек.

Пусковыми факторами процессов болотообразования являются гидрогеологические и гидрологические особенности режима в совокупности с климатической поясностью горной территории. Роль гидрогеологических условий современного заболачивания проявляется в достаточно близком расположении к поверхности залегания грунтовых вод. В Чуйской котловине зона островной и

сплошной многолетней мерзлоты приурочена к днищам современных озер, к заболоченным, часто замкнутым понижениям рельефа. Водоупорным основанием для надмерзлотных грунтовых вод является верхняя поверхность многолетнемерзлых пород, либо местные водоупоры, которые образованы линзами и прослоями слабОВОПРОНИЦАЕМЫХ суглинистых отложений [2]. Для плато Укок характерны высокогорные заболоченные тундры. В высокогорной зоне болота развиты на выровненных, всхолмленных плато, покрытых моренным материалом, в ледниковых формах рельефа: в цирках и карах.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что особенности геоморфологии Горного Алтая определяют характерные черты местных климатов, почвообразующих пород, разновидностей почв и растительного покрова, то есть в целом определяют комплекс экологических факторов, которые формируют собственный гидрохимический и элементный состав исследуемых болотных вод (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Среднее содержание макрокомпонентов в болотных водах Алтайской горной области

ТБЭС	рН	M	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺	Fe _{общ}
		мг/л							
Северо-Восточная Алтайская провинция (СВАП)									
*, н, (n=9)	6,7	210,8	125,6	12,8	-	26,9	4,7	3,2	1,6
Центральная и Западная Алтайские провинции (ЦАП)									
**, н, (n=7)	7,6	413,9	323,3	9,7	-	79,0	22,1	46,7	0,26
Восточная Алтайская провинция (ВАП)									
Айгулакская, Онулу, н, (n=2)	7,9	188,5	323,3	2,4	15,3	45,0	4,9	17,0	0,21
Юго-Восточная Алтайская провинция (ЮВАП)									
Укок, (n=2)	7,4	57,2	48,8	3,0	8,9	9,5	2,1	9,7	не обн.
Сас, н, (n=3)	7,1	727,8	439,2	13,3	262,8	160,0	54,5	16,9	1,62

ТБЭС – торфяно-болотные экосистемы, Н – низинный тип торфа, М – общая минерализация, - – не определяли, * – ТБЭС Турочакская, Баланак, Чойская, Ыныргинская, ** – ТБЭС Ябоганская, Абайская, Соузар, Тюгурюк, Карагай.

Таблица 2

Содержание органических и связанных с ними компонентов в болотных водах Алтайской горной области

ТБЭС	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	БО	ГК	ФК
	мг/л			мгО ₂ /л	мг/л	
Северо-Восточная Алтайская провинция						
Турочакская, н, (n=2)	0,5	1,9	0,01	50,0	6,9	35,9
Баланак, н, (n=2)	0,2	1,8	0,05	20,4	4,7	11,7
Чойская, н, (n=3)	0,2	2,8	0,004	20,9	7,0	15,7
Ыныргинская, н, (n=2)	1,2	6,2	> 0,003	20,8	3,5	33,0
Центральная и Западная Алтайские провинции						
**, н, (n=7)	0,5		> 0,003	47	3,7	11,8
Восточная Алтайская провинция						
Айгулакская, Онулу, н, (n=2)	0,5	0,3	> 0,003	10,3	3,5	26,1
Юго-Восточная Алтайская провинция						
Укок, (n=2)	0,3	0,6	> 0,003	2,9	4,0	9,1
Сас, н, (n=3)	0,6	0,4	> 0,003	70,1	7,9	96,3

БО – бихроматная окисляемость, ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, ** – ТБЭС, указанные в таблице 1, > – менее указанной величины.

При изучении исследуемых ТБЭС общий химический анализ воды проводился по общепринятым методикам [7] к.г.-м.н. Шуровой М.В. в аналитической лаборатории Горно-Алтайского НИИ сельского хозяйства, гуминовые и фульвокислоты определяли по [1]. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Болотные воды Северо-Восточной Алтайской провинции характеризуются значительно меньшим содержанием гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) и меньшими величинами БО (бихроматной окисляемости), чем болотные воды Западно-Сибирской низменности (от 81,6 до 108,8 мг/л). В западносибирских болотных водах превышение содержания ФК над содержанием ГК составляет 5-20 раз (чаще в 10 раз), в болотных водах Северо-Восточной Алтайской Провинции – только в 2–3 раза. При высоком содержании гумусовых кислот в исходных торфах их миграция в болотные воды характеризуется невысокими значениями [9]. Подстилающими почвообразующими породами исследуемых ТБЭС в Северо-Восточной Алтайской провинции являются преимущественно аллювиальные отложения, в основном бескарбонатные бурые глины.

Болотные воды Центральной Алтайской провинции отличаются достаточно высокой минерализацией (от 213,5 до 580,7 мг/л), которая объясняется преобладанием в смешанном питании ТБЭС поверхностных и грунтовых вод. Проявляется тесная взаимосвязь слабощелочной реакции среды рН 7,6 с высокой концентрацией HCO_3^- (от 179,9 мг/л до 475,8 мг/л). Характерно незначительное содержание общего Fe 0,26 мг/л на фоне высоких концентраций Ca^{2+} и Mg^{2+} : 79,0 мг/л и 22,1 мг/л соответственно, указанное связано с подстилающими лессовидными карбонатными суглинками.

Достаточно контрастны по своему химическому составу болотные воды Юго-Восточной Алтайской провинции, для которых наглядно проявляется взаимосвязь с гидрогеохимической средой, указанное находит подтверждение в [8]. Подстилающими породами ТБЭС Сас являются аллювиальные, делювиальные и пролювиальные отложения Чуйской котловины. Развитие болотообразовательного процесса в Юго-Восточной Алтайской провинции связано с наличием вечной мерзлоты в качестве водоупорного горизонта. Так, геокриологический фактор имеет широкое проявление в Чуйской котловине, в которой находится исследуемая ТБЭС Сас с абсолютной высотой расположения 1948 м., а также на плато Укок (высота расположения ТБЭС – 2217 м над у.м.).

Значительно контрастные величины содержания органических веществ характерны для ТБЭС Укок и Сас в Юго-Восточной Алтайской провинции. Болотные воды Укока содержат минимальные количества гуминовых и фульвокислот и в целом характеризуются минимальным содержанием органических компонентов. Согласно проведенным исследованиям [4] выявлено значительное подавление микробиологической активности тундровых почв Юго-Восточного Алтая в связи с резко континентальным климатом, значительными суточными и сезонными колебаниями температур, суровыми зимними условиями. Указанное, вероятно, определяет ослабление процессов гумификации: низкое содержание ГК и ФК: 4,0 мг/л и 9,1 мг/л при ничтожно малом содержании в болотных водах Укока растворенных органических веществ – 2,9 мг $\text{O}_2/\text{г}$ (по величине бихроматной окисляемости).

Болотные воды высокогорных эвтрофных болотных массивов характеризуются достаточно высокой минерализацией: средняя величина 346,9 мг/л, повышенными содержаниями Ca^{2+} (от 45 до 160,0 мг/л), HCO_3^- ионов (323,3-439,2 мг/л), щелочных Me^+ (9,7-46,7 мг/л) относительно болотных вод низкогорной Северо-Восточной Алтайской провинции.

В болотных водах низкогорных ТБЭС (Северо-Восточная Алтайская провинция) отмечаются повышенные содержания NO_3^- -ионов, нитрит-ионов NO_2^- и пониженные содержания этих компонентов в водах высокогорных ТБЭС.

Таким образом, болотные воды исследуемых ТБЭС Алтайской горной области являются менее кислыми относительно болотных вод Западной Сибири, характеризуются повышенным содержанием Ca^{2+} , пониженным средним содержанием ионов Mg^{2+} при схожем интервале содержаний (1,2-54,5 мг/л) с болотными водами эвтрофных массивов Западной Сибири, и низким содержанием общего Fe. Болотные воды низкогорных ТБЭС сопоставимы по содержанию HCO_3^- -ионов с западносибирскими водами, высокогорные ТБЭС имеют повышенные показатели этого компонента.

Для горных болотных вод характерно в целом меньшее содержание органических веществ, большая изменчивость в количестве фульвокислот, при средней величине 22,8 мг/л, сопоставимой с западносибирскими болотными водами [6] и пониженным средним содержанием ГК - 5,6 мг/л.

Литература

1. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. и др. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1992. 431 с.
2. Достовалова М.С. Режимобразующие факторы криогенно-напорного подтопления территории с. Кош-Агач // Природные ресурсы Горного Алтая. 2006. № 1(5).
3. Инишева Л.И., Шурова М.В., Ларина Г.В. Перспектива мелиорации торфяных болот в Горном Алтае // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 1. С. 41-45.
4. Наплекова Н.Н., Клевенская И.Л., Гантимурова Н.И. Микрофлора основных типов почв Горного Алтая // Вопросы развития сельского хозяйства Горного Алтая. Новосибирск: Наука, 1968. С. 125-133.
5. Почвы Горно-Алтайской автономной области // Под ред. Р.В. Ковалева. Новосибирск: Наука, 1973. 352 с.
6. Рассказов Н.М. Основные особенности химического состава болотных вод (на примере юго-восточной части Западной Сибири) // Известия ТПУ. 2005. Т. 308. № 4. С. 55-58.
7. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1983. Т.2. Ч.1. 195 с.
8. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза // М.: Недра, 1998. 367 с.
9. Шурова М.В., Инишева Л.И., Ларина Г.В., Орт О.А. Физико-химические и биологические свойства болотных образований // Вестник ТГПУ. 2009. № 3. С. 95-101.

ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БОЛОТНЫХ И ОЗЕРНЫХ ВОД ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ГУМИДНЫХ К АРИДНЫМ ЛАНДШАФТАМ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.С. Наймушина^{1,2}, М.Н. Колпакова^{2,3}

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: olgnaim@mail.ru*

² *Институт геологии и минералогии Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск, Россия*

³ *Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской Академии наук, Томск, Россия, E-mail: marina.kolpakova@gmail.com*

Аннотация. Юг Западной Сибири является уникальной территорией, здесь расположено более 12000 озер. Кроме того, этот регион характеризуется высокой заболоченностью, достигающей до 90% на севере. Такие болотные и озерные системы способны накапливать различные природные и техногенные ресурсы, в том числе микроэлементы и органические вещества. В данной статье представлены результаты 5-летнего мониторинга химического состава поверхностных вод в этом районе. Полученные данные позволяют сделать вывод, что химический состав болотных и озерных вод предопределяется их расположением в различных

ландшафтных зонах и подчинен зональному распределению таких крупных элементов ландшафта, как влажность, испарение, количество подземного водного стока и т.д.

Abstract. The south of Western Siberia is a unique territory where more than 12000 water reservoirs are located. Moreover, this region is characterized by high bogginess that can reach 90% in the north. Such bog and lake systems are able to accumulate different natural and technogenic resources, including trace elements and organic matter. This article presents the results of chemical composition of surface water in this area along a 5-year monitoring. The obtained data allow us to conclude that dynamics of bog and lake water chemistry is predetermined by their location in various landscape zones and subordinated to zonal distribution of such major landscape elements as moistening, evaporation, rate of underground water flow, etc.

Введение

Характеризуемая территория является одной из самых заозеренных в России. На ее равнинах - Васюганской (в границах Томской области), Барабинской и Кулундинской - весьма отчетливо выражена широтная зональность. Процессы, вызванные действием зональных закономерностей в сочетании с локальными факторами (изменения в рельефе, перепады гипсометрических уровней, геологическое строение и т.д.), обуславливают выделение в пределах региона трех ландшафтных зон - лесной, лесостепной и степной.

Поверхностные водоемы представляют собой аккумулятивные системы, где концентрируется широкий спектр элементов. Соотношение этих элементов различно в разнотипных объектах, а также в различных ландшафтах. Считается, что доминирующий химический тип воды зависит от климатических и геоморфологических факторов (осадки, испарение, водообмен и т.д.), влажности и температуры, биологической продуктивности водоемов [8, 9, 11, 12]. В связи с этим, главной целью данной работы является выявление зональных особенностей химического состава болотных и озерных вод юга Западной Сибири при смене ландшафтных зон от лесной к лесостепной и степной.

Климатические особенности исследуемой территории

Наибольшее количество осадков в Западной Сибири приходится на лето и приносится воздушными массами с Атлантики. С мая по октябрь в Западной Сибири выпадает до 70-80% годового количества осадков. Количество зимних осадков весьма мало и составляет от 5 до 20-30 мм/месяц. Территория характеризуется большими колебаниями количества осадков в разные годы. Даже в лесной зоне, где эти изменения проявляются меньше, чем в других областях, количество осадков колеблется от 339 мм в засушливый год до 769 мм во влажный (Томская область). Особенно большие различия наблюдаются в степной зоне, где количество осадков во влажные годы уменьшается до 550-600 мм/год и достигает лишь 170-180 мм/год в сухие.

Существуют существенные зональные различия в испарении: лесостепная зона характеризуется высоким уровнем испарения (350-400 мм/год). На севере, где летом влажность относительно велика, количество испарения не превышает 150-200 мм/год. Примерно такое же испарение на юге степной зоны (200-250 мм), что объясняется уже небольшим количеством осадков. Тем не менее, степень испарения достигает здесь 650-700 мм; поэтому в некоторые месяцы (особенно в мае) количество испаряющейся влаги может превышать сумму осадков в 2-3 раза. Отсутствие осадков компенсируется в данном случае почвенным запасом влаги, накопленным после осенних дождей и таяния снега [1].

Методы

Опробование болотных и озерных вод на территории исследований (рис. 1) выполнялось в ходе полевых исследований в теплый период (май-сентябрь) 2011-2015.

Наиболее чувствительные параметры (рН, температура, электропроводимость и окислительно-восстановительный потенциал) измерялись на точке с помощью анализатора WATER TEST, Hanna Instruments. Анализ вод осуществлялся в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ "Вода" Томского политехнического университета. Анализ микроэлементов проводился в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН, г. Новосибирск и Аналитическом центре Института геохимии СО РАН, г. Иркутск. Применяемые методы подробно описаны в предыдущих исследованиях [10, 13].

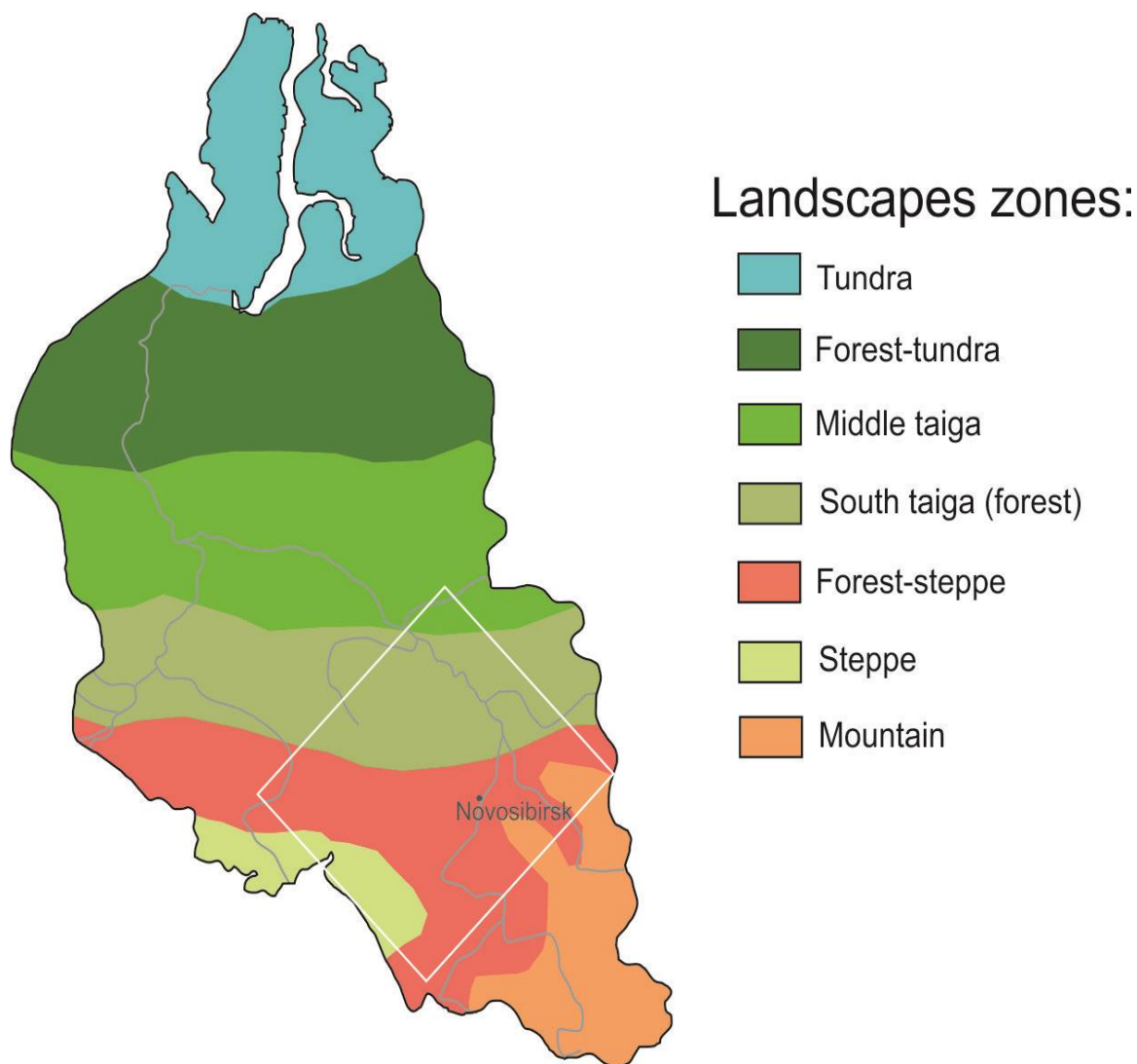


Рисунок 1. Схема ландшафтов Западной Сибири с указанием местоположения района исследования (белый контур)

Химический состав болотных и озерных вод

Лесная зона

Специфической особенностью данной ландшафтной зоны является ее значительная заболоченность. Болотные воды по ионному составу HCO_3 или $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$, Ca и Ca-Mg, реже Mg-Ca-Na. Воды болот (табл. 1) являются ультрапресными и пресными (минерализация колеблется от 3 до 214 мг/л), кислыми и слабокислыми, реже околонеutralными (рН составляет 3.1 – 7.5). Воды верховых болот являются

наиболее пресными (средняя минерализация 20 мг/л) и кислыми (средние значения $\text{pH}=4.4$). Средняя минерализация низинных болот составляет 40, максимальная – 214 мг/л, $\text{pH}=5.5$. Основной причиной высокой кислотности болотных вод в гумидных ландшафтах является доминирование в них органических кислот [14]. Содержание растворенного органического вещества в пересчете на $\text{C}_{\text{орг}}$ составляет от 8-108 в низинных болотах до 20-286 мг/л в верховых.

Несмотря на крайне низкую минерализацию болотных вод, в них определяются высокие концентрации микрокомпонентов: Zn, Pb, Cu, As, Sr, Mn и Al, которые образуют устойчивые комплексы с гумусовыми кислотами [2, 3, 5] и таким образом накапливаются в подобных системах. По этой же причине в болотных водах обнаружены значительные концентрации Fe (до 85 мг/л), превышающие их средние содержания в органогенных водах [6].

В пойменных озерах лесной зоны концентрации минеральных веществ, за исключением микрокомпонентов, выше, чем в болотных. Тем не менее, озерные воды ультрапресные, общая минерализация не достигает 0,1 г/л. Это объясняется большей долей слабоминерализованных и более кислых по сравнению с поверхностными водами атмосферных осадков в общем объеме воды озера, что определяет снижение концентрации элементов и значений pH (5.9-7.0).

Лесостепная зона

В отличие от болотных вод лесной зоны, болота лесостепи значительно отличаются более высокими значениями минерализации (в среднем 0.4 г/л) и pH (7.7). Доля минеральных компонентов в общем химическом составе воды по сравнению с органическими значительно увеличивается. Это, прежде всего, связано с увеличением вклада более соленых подземных вод в питание болот, степенью испаряемости и снижением количества осадков. Увеличение минерализации происходит за счет щелочности (252 мг/л) и иона хлора (13 мг/л), а также всех катионов, но особенно магния и натрия. Максимальные значения приурочены к южной части ландшафтной зоны (105 и 120 мг/л, соответственно) при минерализации 1 г/л. Хотя количество органического углерода в болотах лесостепи уменьшается, тем не менее, его значения существенно выше, чем в озерах данной зоны. То есть, в болотных системах, несмотря на изменения климатических условий, существует местный микроклимат, который отражается в значительном количестве разлагающихся органических веществ (до 70 мг/л $\text{C}_{\text{орг}}$). Именно поэтому озерные воды лесостепи коренным образом отличаются от озер лесной зоны. Значения pH озер составляют в среднем 7.9, а минерализация возрастает до 1 г/л, то есть на два порядка по сравнению с лесной зоной. Наиболее значимыми анионами остаются HCO^- и CO_3^{2-} (6.7 г/л), в то время как среди катионов преобладает натрий (до 156 мг/л).

Здесь развиты наиболее благоприятные условия для микробиологического разложения растительных остатков, стимулирующего накопление продуктов распада в водных экосистемах [4]. Это является причиной более высоких значений $\text{C}_{\text{орг}}$ в озерных водах этой зоны по сравнению с вышеописанной (до 40 мг/л).

Таблица 1

Значения параметров химического состава болотных и озерных вод различных ландшафтных зон Западной Сибири

	pH	Мин. ¹	CO ₂	Щел. ²	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	C _{орг.}	Si	Sr	Al	Mn	Fe _{об.}	As	Zn	Pb	Cu
		г/л	мг/л														мкг/л			
Лесная зона																				
<i>Верховые болота</i>																				
Мин.	3.1	0.003	3.0	3.0	2.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	19.9	1.0	0.003	0.04	0.010	1.00	0.30	8.0	0.2	0.7
Макс.	6.0	0.07	141.0	43.0	16.5	5.8	13.8	8.4	11.5	4.0	286	11.6	0.100	1.20	0.700	23.00	5.00	250.0	265.0	25.0
Среднее	4.4	0.02	72.1	5.0	4.3	2.0	4.3	1.0	1.4	1.0	79.6	4.2	0.010	0.20	0.030	7.00	1.80	49.5	1.8	2.5
<i>Низинные болота</i>																				
Мин.	4.0	0.01	3.5	3.0	2.0	0.8	1.6	1.0	1.0	1.0	7.50	1.0	0.001	0.30	0.010	1.00	5.00	0.5	0.6	0.6
Макс.	7.6	0.21	154.0	159.0	11.3	20.6	46.0	8.5	8.5	5.2	113	10.2	0.020	0.80	5.900	85.00	54.0	267.0	19.0	706.0
Среднее	5.5	0.04	57.2	17.9	2.5	3.4	6.4	3.0	2.5	2.1	46.9	5.0	0.001	0.50	0.200	16.00	5.70	24.4	2.1	3.6
<i>Озера</i>																				
Мин.	5.9	0.02	3.5	11.2	2.0	0.8	4.0	1.2	0.5	1.5	7.0	0.8	0.0002	н.о.*	н.о.	0.36	5.00	7.7	0.3	0.9
Макс.	7.0	0.07	13.2	48.8	6.0	1.4	10.0	2.4	0.8	4.4	21.6	1.5	0.041	0.60	4.300	1.42	5.30	19.0	2.9	3.0
Среднее	6.5	0.05	7.7	33.3	4.8	1.1	7.5	1.5	0.7	2.8	13.8	1.3	0.001	0.20	1.900	0.80	11.0	10.6	1.1	2.3
Лесостепная зона																				
<i>Низинные болота</i>																				
Мин.	6.2	0.12	27.3	89.1	0.1	3.0	11.0	6.4	1.5	2.1	21.6	1.7	0.05	0.006	0.002	0.07	0.61	2.2	0.2	3.2
Макс.	7.7	1.04	133.0	558.0	170.0	45.5	44.0	105.0	120.0	15.5	69.8	12.4	1.60	0.72	0.07	47.6	3.45	217.0	4.3	20.0
Среднее	6.8	0.40	65.7	252.4	104.0	13.0	26.3	30.7	38.8	5.5	43.5	7.3	0.32	0.23	0.02	8.36	1.58	40.3	0.9	6.9
<i>Озера [11]</i>																				
Мин.	7.5	0.10	-	5787	0.6	22.5	27.3	8.4	12.7	4.1	19.0	0.3	0.270	0.03	0.001	0.01	0.002	10.6	0.3	2.1
Макс.	8.8	1.04	-	12304	325.0	910.0	80.8	75.3	221.0	30.0	39.4	8.5	0.700	0.09	0.020	0.23	0.01	30.7	0.9	5.3
Среднее	7.9	0.25	-	6731	9.5	174.0	33.1	35.4	156.0	14.0	26.5	2.6	0.370	0.04	0.005	0.06	0.003	18.6	0.5	4.5
Степная зона																				
<i>Озера с минерализацией до 3 г/л</i>																				
Мин.	8.8	1.06	н.о.	463.0	87.8	188.0	16.0	32.9	250.0	11.0	-	0.2	0.420	0.01	0.003	0.05	0.01	2.0	0.4	1.0
Макс.	9.6	3.30	4.0	1217	591.0	600.0	32.1	171.0	775.0	23.0	-	4.1	2.300	0.05	0.015	0.42	0.07	1000	4.2	40.0
Среднее	9.1	1.95	1.2	733.0	285.0	401.0	25.4	87.7	460.0	18.0	-	3.0	0.970	0.04	0.010	0.20	0.03	291.0	1.7	11.0
<i>Озера с минерализацией 10-100 г/л</i>																				
Мин.	8.5	14.0	0.4	241.0	1728	3674	-	43.7	4670	42.0	114.0	0.001	0.460	0.002	0.002	0.03	0.03	54.0	3.3	220.0
Макс.	9.9	94.0	8.8	58920	17784	43500	32.7	4982	27260	294.0	477.0	42.0	11.000	1.30	0.050	20.00	1.10	350.0	610.0	1000
Среднее	9.4	48.0	3.5	13729	8125	15243	13.9	1277	14515	145.0	296.0	15.6	2.990	0.29	0.020	6.29	0.32	137.0	130.0	408.0
<i>Озера с минерализацией более 100 г/л</i>																				
Мин.	7.2	101.0	н.о.	488.0	5208	21950	6.9	30.6	33000	20.0	76.0	0.2	0.830	н.о.	0.001	0.05	0.02	9.0	0.4	22.0
Макс.	9.8	369.0	255.2	39240	97224	190400	993.0	38796	116500	561.0	599.0	54.0	20.900	2.30	1.000	79.00	1.30	1400	870.0	1200
Среднее	8.1	254.0	70.4	5410	39178	118927	220.0	12044	76144	257.0	307.0	18.5	6.880	0.40	0.260	15.90	0.45	556.0	141.0	375.0

1 - общая минерализация; 2 - щелочность; * - не определялось; **н.о. - не обнаружено;

Резкое изменение типа почв, геологических условий и гидроклиматических параметров отражается в микрокомпонентном составе вод, а именно в высоких концентрациях Pb, Zn и Sr. И наоборот, содержания Fe уменьшаются по сравнению с лесной зоной до 0.2 мг/л.

Степная зона

Преобладающим анионом в большинстве озер степной зоны является хлор, его содержание меняется от 0.2 до 190 г/л, на втором месте сульфат-ион (от 0.1 до 96 г/л). Содержание карбонат-ионов варьирует от 0.05 до 0.7 г/л, гидрокарбонатов – от 0.1 до 3.5 г/л. Карбонаты доминируют в маломинерализованных озерных водах при сумме растворенных компонентов не выше 40 г/л и значении $pH > 9.0$. С ростом минерализации и снижением pH анионный состав меняется на хлоридный. При этом рост содержания хлоридов существенно опережает рост сульфатов, содержание последних в различных озерах варьирует от 0.1 до 65 г/л [10].

В составе катионов доминирующим является натрий, его средние концентрации составляют 60 г/л. Вторым по значимости (вслед за натрием) выступает магний с концентрациями от 30 мг/л до 38.8 г/л. Содержание калия составляет от 11 до 700 мг/л. Отставание в накоплении в водах кальция и карбонатного комплекса $HCO_3 + CO_3^{2-}$ объясняется образованием кальцита на ранних стадиях эволюции вод [7, 10]. В озерах степной зоны высоки концентрации K, Si (до 21 мг/л), Al (330 мг/л), Mn (до 423 мг/л), Sr (до 21 мг/л).

Выводы

Приведенный выше сравнительный анализ состава поверхностных вод различных ландшафтных зон выявил их геохимическую специфику, заключающуюся, прежде всего, в различной степени их минерализации, разном составе, комплексе химических элементов и характере среды.

Химический состав исследованных объектов формируется, прежде всего, за счет водообмена, образующегося в определенных климатических условиях, который приводит либо к выносу, либо к концентрации элементов в озерных и болотных системах. Кроме того, формирование различных комплексов микрокомпонентов (Fe, Mn, Al, Zn, Pb, Cu, As, Sr и др.) с органическим веществом обеспечивает их накопление в воде. Эти процессы являются более интенсивными в лесных и лесостепных ландшафтах в сравнении со степной зоной, где образование вторичных минералов является основным фактором, определяющим снижение концентраций элементов (Ca, HCO_3 , SO_4 , Ba, V и т.д.) в воде.

Исследование озерных вод в 2013-2014 г. проведено за счет средств гранта РФФИ № 13-05-00556, результаты 2015 г. получены за счет средств гранта Российского Научного Фонда (Проект № 15-17-10003).

Литература

1. Добровольский Г.В., Сергеев Е.М., Герасимова А.С. Природные условия центральной части Западно-Сибирской равнины. М.: Изд-во МГУ, 1977. - 363 с.
2. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М.: Наука, 2004. - 677 с.
3. Г.А. Леонова, В.А. Бобров, А.А. Богуш, В.А. Бычинский, Г.Н. Аношин Геохимическая характеристика современного состояния соляных озер Алтайского края // Геохимия, 2007. №10. С. 1114-1128.
4. Moiseenko, T. I., Gashkina, N. A., Dinu, M. I., Kremleva, T. A. & Khoroshavin, V. Yu. (2013). Aquatic Geochemistry of Small Lakes: Effects of Environment Changes. *Geochemistry International*, 51(13), 1031–1148.

5. Новикова С.П., Гаськова О.Л. Влияние природных фульвокислот на растворимость сульфидных руд (экспериментальное изучение) // Геология и геофизика, 2013.- 54.- 5.- 665-675.
6. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А.Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер Западной Монголии // Геохимия. 2014. №5. С. 432-449.
7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., испр. и доп. М.: Недра, 1998. 366 с.
8. Catalan, J., & Fee, E. J. (1994). Interannual variability in limnic ecosystems: Origin, patterns, and predictability. *Limnology Now*, 81-97.
9. Feuchtmayr H., Moran R., Hatton K., Connor L., Heyes T., Moss B. & Atkinson D. (2009). Global warming and eutrophication: Effects on water chemistry and autotrophic communities in experimental hypertrophic shallow lake mesocosms. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), 713-723.
10. Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С., Шварцев С.Л. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края // Вода: химия и экология. 2015. No 1. с. 11-16.
11. Moiseenko, T. I., Skjelkvåle, B. L., Gashkina, N. A., Shalabodov, A. D. & Khoroshavin, V. Y. (2013b). Water chemistry in small lakes along a transect from boreal to arid ecoregions in European Russia: Effects of air pollution and climate change. *Applied Geochemistry*, 28, 69-79.
12. Müller, B., Lotter, A. F., Sturm, M. & Ammann, A. (1998). Influence of catchment quality and altitude on the water and sediment composition of 68 small lakes in Central Europe. *Aquatic Sciences*, 60(4), 316-337.
13. Naymushina, O. S., Shvartsev, S. L., Zdvizhkov, M. A. & El-Shinawi, A. (2010). Chemical characteristics of swamp waters: A case study in the Tom River basin, Russia. Paper presented at the *Water-Rock Interaction - Proceedings of the 13th International Conference on Water-Rock Interaction, WRI-13*, 955-958.
14. Naymushina, O., Shvartsev, S. & Ses, K. (2014). Hydrochemistry and composition of hydrocarbons in the waters of peatlands in Western Siberia. *IERI Procedia*, 8, 119-124.

МИНЕРАЛЬНЫЕ УГЛЕКИСЛЫЕ ВОДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯМКУН (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

А.И. Оргильянов, И.Г. Крюкова, П.С. Бадминов

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры
Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия ,E-mail: irig@crust.irk.ru**

Аннотация. В статье рассмотрены условия формирования химического и газового состава минеральных углекислых термальных вод Ямкун и приведены результаты исследований. Источником растворенных веществ минеральной воды являются вмещающие карбонатные породы, а углекислый газ имеет термометаморфическое происхождение. При разгрузке минеральной воды на поверхность, в результате изменения физико-химического равновесия происходит отложение вторичных минералов (травертинов), в основном, в виде карбоната кальция.

Abstract. In the article the conditions of formation of chemical and gas composition of thermal carboniterous mineral waters from Yamkun was considered and the results of investigations was illustrated. The source of dissolved substances of mineral waters is the carbonate rocks, and the carbon dioxide has a thermometamorphic genesis. In the process of discharge of mineral water the precipitation of secondary minerals (travertines, mainly calcium carbonates) takes place. This connected with changes of physic-chemical balance.

Месторождение минеральных вод Ямкун находится в Газимуро-Заводском районе Забайкальского края приурочено к Газимурскому глубинному разлому, который является ответвлением Монголо-Охотского структурного шва и имеет северо-восточное простирание. В пределах месторождения развиты известняки и доломиты быстринской свиты нижнего кембрия, перекрытые сверху маломощными четвертичными отложениями. Очаг разгрузки минеральных вод находится на

правобережной надпойменной террасе р. Газимур в месте её сочленения с коренным склоном. Здесь отмечается хорошо выраженный в рельефе травертиновый купол с мощностью, достигающей 4 м. Естественный выход минеральных вод представляет собой озеро с площадью водной поверхности около 160 м² и максимальной глубиной около 3 м [4].

И.А. Багашев [1] в своем историческом обзоре ссылается на первые описания минеральных вод Ямкуна, относящиеся к первой половине XIX века.

С начала XX в. на источнике активно функционировала лечебница, эксплуатировавшая только естественный выход минеральной воды. В 1972-76 гг. Сибирской гидрогеологической партией объединения «Лечминресурсы» были проведены разведочные работы, в результате которых был пробурен ряд скважин, вскрывших минеральные воды. В настоящее время в эксплуатации находится скважина № 2 глубиной 79,9 м. Подсчет запасов минеральных вод не производился, и только на основании кратковременных выпусков из скважины была оценена величина ресурсов, которая составила 430 м³/сут (1976 г.).

В настоящее время курорт Ямкун входит в структуру краевой больницы восстановительного лечения, в которой обслуживаются больные с территории Забайкальского края и других регионов. Лечебные процедуры проводятся в ванном корпусе, в который минеральная вода поступает после дополнительного подогрева.

В мае 2015 г. авторами настоящего сообщения было проведено комплексное опробование минеральных вод Ямкуна – озера (естественная разгрузка) и скважины № 2. По физико-химическим параметрам вода является термальной, солоноватой, со слабокислой реакцией и слабоокислительными условиями среды. Химический состав гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Содержание свободной углекислоты в воде скважины № 2 превышает минимальный норматив, устанавливаемый для применения воды в бальнеологических целях равный 0,5 г/л [3] и углекислота является основным лечебным фактором данных минеральных вод. Относительно низкое содержание углекислого газа, по сравнению со многими известными источниками Забайкалья (Кука, Ургучан, Шиванда и др.), объясняется более слабой растворимостью СО₂ в водах повышенной температуры. По газовому составу вода является углекисло-азотной (свободный газ) и азотно-углекислой (растворенный газ). Результаты химического и газового анализов воды представлены в табл. 1–3.

Формирование химического состава минеральных вод происходит в процессе взаимодействия в системе «вода-порода-газ» при восходящем движении вод инфильтрационного генезиса по зоне тектонического разлома [5]. Источником кальция и магния служат доломиты и известняки нижнего кембрия.

Источником углекислоты, по-видимому, является термометаморфическое разложение карбонатов под воздействием глубинного источника тепла, т.е. углекислый газ генетически не связан с водой, в которой он растворен.

Результаты микроэлементного анализа свидетельствуют, что содержание большинства элементов ниже кларкового [5]. Отмечены повышенные содержания редких щелочных металлов и стронция, что обычно наблюдается в минеральных углекислых водах. Кроме того, зафиксированы относительно высокие содержания вольфрама и урана, что, по-видимому, отражает гидрогеохимические особенности территории.

Таблица 1

Химический состав минеральной воды Ямкун

Компоненты	Озеро. рН – 6,75; T _{воды} – 16,7°С Еh – +100			Скважина рН – 6,45; T _{воды} – 22,6°С Еh – +48		
	Мг/л	Мг-экв/л	%-экв.	Мг/л	Мг-экв/л	%-экв.
NH ₄ ⁺	< 0,1			< 0,1		
Fe ²⁺	0			3,0	0,11	0,48
Fe ³⁺	0,8	0,04	0,17	< 0,1		
K ⁺	3,76	0,1	0,43	3,72	0,1	0,44
Na ⁺	10,24	0,45	1,96	10,25	0,45	1,96
Ca ²⁺	200,4	10,0	43,50	203,41	10,15	44,30
Mg ²⁺	150,78	12,4	53,94	147,14	12,1	52,82
Σ катионов		22,99			22,91	
HCO ₃ ⁻	1315,57	21,56	94,95	1311,91	21,5	94,37
CO ₃ ²⁻	0,0			0,0		
Cl ⁻	5,32	0,15	0,66	5,32	0,15	0,66
Br ⁻	< 0,1			< 0,1		
F ⁻	0,56	0,03	0,13	0,86	0,05	0,20
SO ₄ ²⁻	46,5	0,97	4,26	52,26	1,09	4,78
NO ₂ ⁻	< 0,01			< 0,01		
NO ₃ ⁻	< 0,44			< 0,44		
Σ анионов		22,71			22,78	
H ₄ SiO ₄	32,0			36,0		
Li	0,13			0,13		
Rb	0,0104			0,0107		
Sr	0,88			0,81		
CO ₂	306,24			816,64		
Минерализация	1766,95			1774,82		

Таблица 2

Микрокомпонентный состав минеральной воды Ямкун

Элемент	Мкг/л		Элемент	Мкг/л	
	Озеро	Скважина		Озеро	Скважина
Li	114	113	Mo	0,19	0,24
Be	0,36	0,57	Ag	0,0037	0,0009
B	45	45	Cd	0,0081	0,0075
Na	12874	15933	Sn	0,0066	0,0006
Mg	137625	172607	Sb	1,30	2,11
Al	8,05	11,8	Cs	1,88	1,90
Si	9624	9927	Ba	162	163
P	2,86	3,28	La	0,0087	0,014
S	21753	22336	Ce	0,0018	0,012
K	4575	5063	Pr	0,0003	0,0012
Ca	229373	294227	Nd	0,0032	0,0070
Sc	0,047	0,057	Sm	0,0015	0,0026
Ti	0,22	0,013	Eu	0,045	0,019
V	0,10	0,086	Gd	0,0005	0,0030
Cr	0,0012	< ПО	Tb	0,00004	0,0004

Mn	381	664	Dy	0,0004	0,0035
Fe	2,35	696	Ho	0,00015	0,0010
Co	0,81	1,80	Er	0,0006	0,0034
Ni	2,37	2,39	Tm	0,00012	0,0005
Cu	0,71	0,31	Yb	0,0008	0,0033
Zn	5,27	9,70	Lu	0,00015	0,0006
Ga	0,035	0,061	Hf	0,0040	0,0033
Ge	0,070	0,093	Ta	0,0002	0,0002
As	2,83	19,2	W	1,28	1,88
Se	0,036	0,14	Re	0,0032	0,0031
Br	10,0	11,6	Tl	0,30	0,31
Rb	10,4	10,1	Pb	0,082	< ПО
Sr	978	968	Bi	0,0002	< ПО
Y	0,023	0,079	Th	0,0008	0,0006
Zr	0,68	0,67	U	5,8	5,3
Nb	0,0029	0,0022			

Таблица 3

Хроматографический анализ газов минеральных вод Ямкун

Объект	Газовый состав, об. %					
	He	H ₂	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄
Озеро, свободный газ	0,164	0,0008	0,7	77,9	21,0	0,194
Озеро, растворенный газ	0,001	0,0001	5,07	25,77	68,65	0,001
Скважина №2, растворенный газ	0,001	0,0001	4,05	24,38	71,07	0,008

Таблица 4

Химический состав травертинов озера Ямкун

Элемент	Старый травертин с берега	Травертин с глубины 0,5 м
SiO ₂	< НПО	< НПО
TiO ₂	0,15	0,10
Al ₂ O ₃	0,32	< НПО
Fe ₂ O ₃	< НПО	0,44
MnO	0,15	0,85
MgO	1,76	1,54
CaO	52,59	52,65
Na ₂ O	0,07	0,07
K ₂ O	< НПО	< НПО
P ₂ O ₅	< НПО	< НПО
H ₂ O	0,39	0,49
ППП	2,31	1,88
CO ₂	42,05	41,55
F	0,10	0,10
-O(F)	0,04	0,04
SO ₃	0,14	0,14
Сумма	99,99	99,78
Li	0,0017	0,0016
Rb	0,0001	0,0001
Sr	0,067	0,039

При разгрузке на дневной поверхности происходит нарушение установившегося термодинамического равновесия, при котором CO_2 выделяется в атмосферу, а карбонат кальция осаждается в виде травертинов [2]. Результаты силикатного анализа травертинов приведены в табл. 4. По-видимому, процесс вторичного минералообразования в прошлом протекал более интенсивно, о чем свидетельствует выветрелый характер травертиновых построек и отсутствие свежих отложений, в отличие, например, от таких проявлений углекислых терм, как Шумак и Чойган (Восточный Саян).

В заключение отметим, что Ямкунские минеральные воды являются единственным проявлением углекислых термальных вод в Восточном Забайкалье, и их генезис требует дальнейшего изучения, в частности, проведения исследований изотопного состава

Литература

1. Багашев И.А. Минеральные источники Забайкалья: Приложение к Запискам Читинского отделения Приамурского отдела Российского географического общества. М.: Изд. М.Д. Бутина, 1905. 159 с.
2. Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г. Условия формирования химического состава Терсинских углекислых минеральных вод // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 5. С. 606-614.
3. Куликов Г.В., Жевлаков А.В., Бондаренко С.С. Минеральные лечебные воды СССР: Справочник. М.: Недра, 1991. 400 с.
4. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. Т. 1. 345 с.; 1962. Т. 2. 199 с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1998. 366 с.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ IN-SITU

В.С. Салыбекова¹, Д.К. Калитов², В.А. Завалей¹, Т.А. Рахимов¹

¹ НАО «Казахский Национальный Исследовательский Технический Университет им. К.И. Сатпаева», г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail: t-rakhimiov@mail.ru

² ТОО «Производственная компания «Геотерм», г. Алматы, Казахстан, E-mail: office@geotherm.kz

Аннотация. Приводятся сведения о результатах работ по очистке подземных вод долины р. Илек в Актюбинской области от исторических загрязнений шестивалентным хромом. Дается обоснование использования реагентного метода in-situ с инъекцией непосредственно в пласт промышленного раствора, переводящего в результате химической реакции токсичный шестивалентный хром, в нетоксичный трехвалентный.

Abstract. The article reflects results of work on groundwater treatment from hexavalent chromium historical pollution on Ilek river valley, Aktobe region. In-situ method with direct injection into the formation of industrial solution that transforms the chemical reaction of toxic hexavalent chromium to trivalent nontoxic studied as the most effective one.

К историческим загрязнениям относятся накопившиеся отходы прежней деятельности предприятий нефтегазового комплекса, теплоэнергетики, горнорудной и перерабатывающей промышленности, а также бесхозные скважины, шахты и рудники, хвостохранилища и накопители сточных вод, которые являются реальной угрозой экологической безопасности территории.

Наиболее уязвимыми в этом плане являются незащищенные грунтовые воды, находящиеся в зоне влияния промышленных отходов. Уровни подземных вод

расположены близко к поверхности земли. Одним из ярких примеров такого исторического загрязнения служит загрязнение шестивалентным хромом и бором подземных вод в бассейне р. Илек Актюбинской области.

Данная проблема связана с многолетней деятельностью Актюбинского завода хромовых соединений (АЗХС), промплощадка которого была размещена на водопроницаемой толще пород, и недалеко от которого сооружены шламовые пруды для приема производственных сточных вод с содержанием в них шестивалентного хрома в количестве 10 – 12 г/дм³. Поступлению хрома в водоносный горизонт способствовали утечки технологических растворов на территории завода, а также фильтрация стоков из шламовых прудов и полей фильтрации.

Площадь очага загрязнения к 1992 г достигла 14 км² при содержании хрома у шламовых прудов 3757 мг/дм³ и на территории промплощадки завода 667 мг/дм³ при ПДК для питьевой воды 0,05 мг/дм³. От шламовых прудов и промплощадки завода фронт загрязнения хромом двигался по потоку в сторону русла реки и в скважинах, расположенных вдоль русла реки, фиксировался на отрезке длиной 4 км. В 1980 г шестивалентный хром был обнаружен в поверхностных водах р. Илек у села Яйсан, вблизи границы с Российской Федерацией. Затем, в результате проведенных в 90-е годы природоохранных мероприятий, площадь очага загрязнения стабилизировалась и к 2007 г уменьшилась до 12 км² [1].

В связи со сложившейся ситуацией, с учетом масштабы процессов загрязнения и высокой экологической значимостью предотвращения попадания шестивалентного хрома в трансграничную р. Илек, было принято решение об очистке подземных вод от шестивалентного хрома.

Для решения поставленной задачи, в результате тщательного рассмотрения вариантов различных технологических схем очистки, принята технология, основанная на создании непосредственно в водоносном горизонте зон реакций и геохимических барьеров путем введения через инъекционные скважины реагентов. Очистка подземных вод при этом осуществляется непосредственно в водоносном горизонте.

В грунтовых водах хром существует обычно в мобильной форме как ион Cr^{6+} (растворенная водная фаза). Как правило, ион Cr^{6+} в грунтовых водах существует как анион хромата водорода ($HCrO_4^-$) или анион хромата (CrO_4^{2-}). Восстановление этих компонентов до иона Cr^{3+} при нейтральных значениях pH , существующих, как правило, в естественных условиях, приводит к выпадению осадка в виде твердой фазы гидроксида хрома (или более типично гидроксида хромистого железа). Процесс выпадения хрома в осадок в естественных условиях трудно обратить, поэтому этот процесс является эффективной технологией очистки.

Перед принятием окончательного решения о применяемых реагентах, были выполнены лабораторные тесты и проведены пилотные исследования в полевых условиях для опытно-экспериментального опробования очистки *in-situ* и с целью определения эффективности и количества различных химикатов (восстанавливающих реагентов), требующихся для удаления иона Cr^{6+} из грунтовых вод. На основе результатов этих исследований было установлено, что сернистое железо (двухвалентное) оказалось наилучшим из всех использованных восстанавливающих реагентов. Оно эффективно удалило из грунтовых вод ион Cr^{6+} при наименьшем количестве использованного химиката. При этом реакции были относительно быстрыми и предсказуемыми [2].

Для выполнения поставленной задачи по очистке подземных вод на участке № 3 были осуществлены следующие основные виды работ: бурение

технологических, мониторинговых и резервных скважин, а так же инъекционных шпуров. Выполнены строительно-монтажные работы по станции подготовки раствора и инфраструктуре, технические работы по очистке подземных вод от иона Cr^{6+} . Осуществлялось управление технологическими процессами, с проведением лабораторных исследований и режимных наблюдений, отслеживание полученных данных, сопоставление, анализ и прогноз дальнейших результатов.

Для контроля эффективной и успешной очистки участка № 3 от шестивалентного хромосоздана мониторинговая сеть скважин, основной задачей которой, наряду с режимными наблюдениями за уровнем и качеством подземных вод, являлась функция контроля гидродинамических и геохимических изменений технологического процесса.

В процессе проведения работ, при постоянном контроле хода проведения инъекционных работ, по результатам мониторинга и моделирования было отмечено, что закачиваемые в пласт растворы распространяются не равномерно по площади, а движутся по направлению локальных потоков. Они подчиняются гидравлическим уклонам, обнаруженным при построении детальной гидродинамической карты, специально построенной для выявления подобных закономерностей. При этом, с учетом уникально высоких фильтрационных свойств пласта, эти потоки имеют вытянутые формы при слабом растекании по флангам. Выявленная схема формирования потоков пошла вразрез с проектными расчетами, где предполагалось, что поток распределяется в пласте концентрически равномерно по площади.

Таким образом, выявлено, что очистка подземных вод, по схеме, предложенной в проекте, осуществляется не равномерно, а по локально вытянутым зонам, направленным от инъекционных узлов по направлению движения локальных фильтрационных потоков. Это подтверждают наблюдения по режимным и другим скважинам, находящимся в зоне влияния локальных потоков и показывающим положительный результат по очистке подземных вод от шестивалентного хрома. Зоны расположенные между этими потоками, не захватываются влиянием реагента и концентрация хрома в них уменьшается незначительно.

С учетом полученных закономерностей и на основе выполненного анализа гидродинамической обстановки на опытно-промышленном участке № 3 в исходный проект были внесены и реализованы мероприятия по интенсификации процесса очистки. Эти изменения заключались в организации дополнительных инъекционных узлов, расположенных вкрест простирания локальных потоков. Пробуренные на этих участках инъекционные скважины перехватывают локальный поток, тем самым интенсифицируя процесс очистки, что привело к положительным результатам.

Дополнительные узлы представлены как линейными рядами, заложенными перпендикулярно направлению движения основных локальных потоков, так и одиночными инъекционными скважинами. Результаты мониторинговых исследований по этим участкам показали резкое сокращение концентрации иона Cr^{6+} по площади и повысили степень эффективности проведенных работ.

Для визуализации гидродинамических и гидрохимических процессов на участке построена математическая модель участка очистки. Математическое моделирование, позволило учесть изменения, происходящие в водоносной системе и влияющие на формирование потоков подземных воды условия процессов переноса. Это обеспечило прогноз изменения водного баланса, оценку влияния загрязненных подземных вод на качество поверхностных вод р. Илек, а так же позволило уточнить распределение гидрогеологических параметров по площади полигона.

Моделирование гидродинамических процессов осуществлялось с использованием программного комплекса Visual ModFlow Premium, разработанного JSC Schlumberger Water Services Waterloo Hydrogeologic Division (Канада). В настоящее время решающий модуль Modflow и связанные с ним постпроцессоры MODPATH, MT3DMS, PEST, включая другие расширения, являются наиболее востребованными и широко используемыми во всем мире программными средствами для решения задач связанных с моделированием движения подземных вод [3].

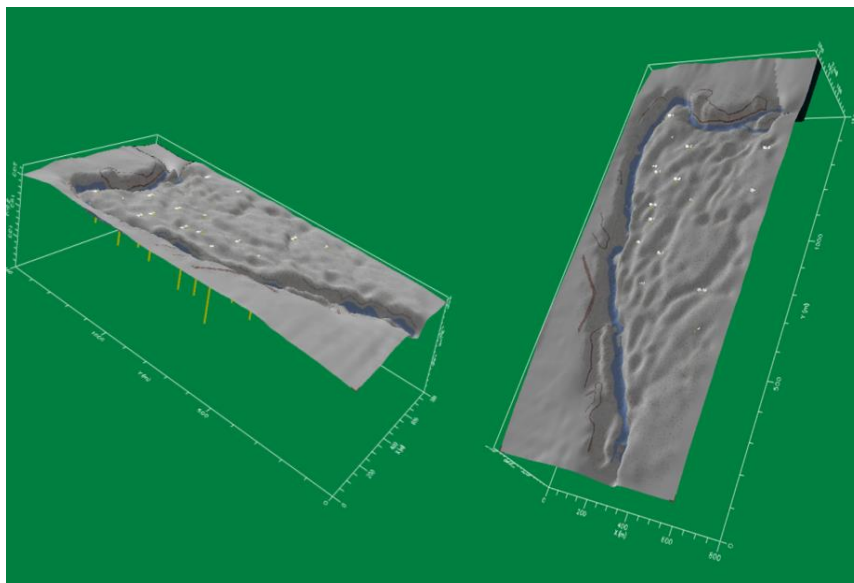


Рис. 1. Цифровая геологическая модель участка очистки

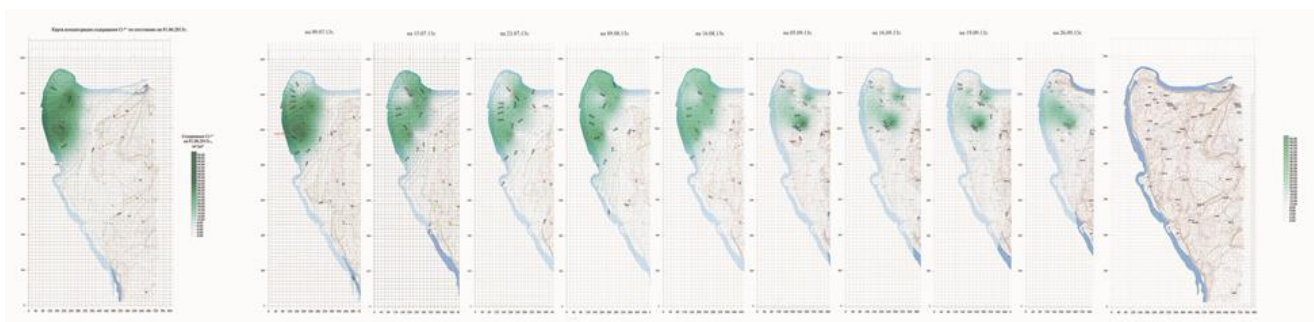


Рис. 2. Этапы очистки подземных вод на участке по результатам моделирования

На основе построенной численной модели (рис. 1) получены достоверные прогнозы развития загрязнения подземных вод в промзоне г. Актобе. Установлены закономерности переноса иона Cr^{6+} как основного загрязнителя речными водами вплоть до границы с Российской Федерацией. Математическая модель в купе с данными мониторинга концентрации хрома явилась базой для принятия оперативных решений при проведении мероприятий по очистке подземных вод (рис. 2).

Всего за весь период проведения работ на опытно-промышленном участке № 3 для приготовления реагента использовано и подано в аллювиальный водоносный горизонт 1675 т сульфата закисного железа. В результате этих работ концентрация

иона Cr^{6+} в подземных водах опытно-промышленного участка повсеместно упала ниже ПДК для вод питьевого качества (0,05 мг/л), установленного нормами СП РК [4].

Цель проведения работ по очистке подземных вод опытно-промышленного участка полностью достигнута. Подтверждена высокая эффективность реагентного метода с использованием сульфата закисного железа.

Литература

1. Бураков М.М. Современные геоэкологические проблемы в бассейне трансграничной реки Илек и возможные подходы к их разрешению // Подземные воды - стратегический ресурс устойчивого развития Казахстана. Материалы международной научно-практической конференции Алматы, 2009.С.218-220.
2. Калитов Д.К., Завалей В.А., Салыбекова В.С., Рахимов Т.А. - Очистка подземных вод опытно-промышленного участка №3 от загрязнения шестивалентным хромом в зоне примыкания к реке Илек в Актюбинской области.//Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития геологического кластера «Образование-наука-производство» //Алматы 2014, С.320-325.
3. Salybekova V., Zavaley V., Kalitov D. - Hydrogeological and geochemical aspects of groundwater treatment.// Материалы XIII Международной конференции «Ресурсо-воспроизводящие малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», Москва, РУДН, 2014.С 337-339.
4. Калитов Д.К., Завалей В.А., Салыбекова В.С., Рахимов Т.А. – “ Очистка подземных вод опытно-промышленного участка №3 от загрязнения шестивалентным хромом в зоне примыкания к реке Илек в Актюбинской области. Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития геологического кластера «Образование-наука-производство», г. Алматы, Казахстан, 2014г.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ «ВОДА – МИНЕРАЛЬНЫЙ ОСАДОК – ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО» НА СТАДИИ ДИАГЕНЕЗА

Е.С. Сидкина, Б.Н. Рыженко, Е.В. Черкасова

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской Академии Наук, Москва, Россия, E-mail: SidkinaES@yandex.ru

Аннотация. В представленной работе выполнено термодинамическое моделирование взаимодействия системы «вода – минеральный осадок – органическое вещество» при Т-Р параметрах диагенеза. В ходе реакций в системе образуется зрелый тип керогена преимущественно $C_{292}H_{288}O_{12}$, реже $C_{128}H_{68}O_7$ и сопутствующие вещества (углеводороды, соединения азота). Показано, что удаление $CO_2(g)$ и $N_2(g)$ из системы способствует протеканию реакции. Установлено, что водная фаза при образовании керогена изменяется незначительно. В общем виде, заметен эффект опреснения и изменение рН, Eh, увеличение содержания в воде растворенного CO_2 .

Abstract. This study examines thermodynamic calculations of interaction of the "water - mineral sediment - organic compound" system at temperatures and pressures of diagenesis. In the course of reactions in this system occur formation of the mature kerogen, mainly $C_{292}H_{288}O_{12}$, less $C_{128}H_{68}O_7$ and accompanying substances (hydrocarbons, nitrogen compounds). The removal of $CO_2(g)$ and $N_2(g)$ from the system promotes the reaction as it is shown below. It is found that the aqueous phase during the formation of kerogen does not change significantly. In general terms, there occurs desalination and changes of pH and Eh, as well as an increase of dissolved CO_2 in water composition.

Под диагенезом принято понимать процесс, при котором система приближается к равновесной в условиях неглубокого захоронения и который ведет к

консолидации осадка. При субаквальном диагенезе первоначально на дне водоемов накапливается смесь разных по минералогическому составу обломков и биогенных остатков.

Анализ материалов по данной тематике показал, что наиболее благоприятными обстановками для накопления органического вещества являются начала трансгрессий и регрессий [11], которые сочетают в себе ряд условий: мелководность, накопление тонкозернистого материала, активное поступление автохтонного и аллохтонного органического вещества, чередование морских и пресноводных фаций. Другой тип обстановок, благоприятных для накопления органики, – континентальные склоны. Для них свойственны нормально морские условия, для которых характерна высокая первичная продуктивность прибрежных вод, а так же поступление материала, образовавшегося на суше. Здесь, как правило, выдерживается оптимальное соотношение между скоростью седиментации и динамикой водных масс, что позволяет формироваться осадку с высоким содержанием ОВ. По мнению Тиссо и Вельте [7], соленость воды не оказывает прямого воздействия на накопление органического вещества в осадке, оно в большой степени зависит от биопродуктивности вод. Для высоких показателей биологической продуктивности важно наличие питательных компонентов (фосфат и нитрат), света, температуры, что свойственно континентальным окраинам. Для сохранности органического вещества на дне водоема наиболее благоприятным является глинистый тонкозернистый осадок, для которого характерен ограниченный доступ кислорода. Адсорбция растворенного ОВ на поверхности минеральных частиц увеличивает его стабильность, поскольку такое ОВ является более защищенным от атаки бактерий и быстрее опускается через толщу воды [7]. Однако, процесс накопления растворенного ОВ имеет подчиненное значение, с точки зрения нефтеобразования, в сравнении с накоплением детритного материала, поскольку основным веществом для образования углеводородов (УВ) являются нерастворимые в воде соединения.

При захоронении илов система переходит в стадию диагенеза. Свежеосажденные осадки имеют повышенную влажность и высокую пористость. По данным [8] содержание влаги в них может достигать 86–96 %. При погружении осадков толща воды и вещества, отлагаемого на последующих этапах седиментации, оказывает давление на захораниваемую толщу. С увеличением давления уменьшается пористость, из глин отжимается вода. В процессе диагенеза растворяются некоторые компоненты осадка, образуются аутигенные минералы. На конечном этапе диагенеза рыхлый осадок преобразуется в породу.

Исходя из геологических условий, задача сводится к моделированию взаимодействия компонентов системы «вода – минеральный осадок – органическое вещество» при изменении температуры и давления. В данной работе за живое вещество принят химический состав трех типов живого вещества: водоросли, зоопланктон, зеленые растения. Элементный состав живого вещества (табл. 1) заимствован нами из монографии [8] и обзорной работы [3] и, для сравнения, вычислен по химическому составу и соотношению масс органических веществ основных продуктов диагенеза. По нашему мнению, данные В.В. Ермакова представляются более обоснованными.

По литературным данным минеральный осадок в основном состоит из глинистого (90 %) и карбонатного (10%) вещества. Химический состав минеральной составляющей взят из [5]. За химический состав воды принят стандартный состав морской воды SW0 [4].

Таблица 1

Элементный состав живого вещества и биосферы, принятый при моделировании (%)

Элементы	Водоросли, планктонные водоросли			Бактерии, зоопланктон			Растения			Биосфера в целом
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
С	39,1	34,5	48,2	56,4	54,0	52,4	45,2	45,4	50,0	18,0
Н	4,6	4,1	7,7	4,8	7,4	7,9	6,2	5,5	6,1	10,5
О	53,2	47,0	36,9	27,4	23,0	28,0	46,7	41,0	42,5	70,0
N	1,7	1,5	7,2	11,4	9,6	11,7	1,9	3,0	0,2	0,3
S	–	1,2	–	–	0,53	–	–	0,34	–	0,05
Атомные количества в живом веществе										
Н/С		1,42			1,63			1,44		
О/С		1,02			0,32			0,77		

Примечание: 1 – оценки авторов; 2 – Ермаков, 2008; 3 – Холодов, 2006; 4 – Виноградов, 1954 [2].

Используя современные компьютерные программы термодинамического моделирования [1, 9], протекание основных химических реакций можно смоделировать, если нам известны свободные энергии Гиббса и массы участников реакций. Одним из образующихся твердых веществ является кероген, свободные энергии пяти типов которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Стандартные термодинамические свойства керогена при температуре 25°C и давлении 1 бар, принятые при моделировании [12]

Н/С	О/С	Формула	$\Delta_f G^\circ$	$\Delta_f H^\circ$	S°	V°	C_p°	$C_p^\circ = a + bT + cT^{-2}$		
								A	B($\times 10^3$)	c($\times 10^{-5}$)
1.68	0.053	$C_{415}H_{698}O_{22}$	80405	-2865436	2128,66	5654,1	2079,97	-2007,70	12178,7	405,88
1.30	0.047	$C_{406}H_{528}O_{19}$	402917	-1829146	1781,98	5086,4	1768,93	-944,01	8344,4	200,06
1.16	0.14	$C_{515}H_{596}O_{72}$	-1248076	-4123990	2133,34	6989,3	2211,50	-3577,45	16695,7	721,04
0.99	0.041	$C_{292}H_{288}O_{12}$	528693	-684086	1124,69	3398,2	1096,89	-107,37	3930,6	28,76
0.53	0.055	$C_{128}H_{68}O_7$	358000	52282	383,77	1320,7	390,60	-83,82	1539,9	13,60

Примечание: $\Delta_f G^\circ$ и $\Delta_f H^\circ$ кал/моль, S° и C_p° кал/моль К, V° см³/моль

На первом шаге моделирования в систему заложена смесь, представляющая собой переувлажненные рыхлые отложения, состоящие из органического и минерального вещества. По литературным данным и после пересчета на весовые единицы система представляет собою следующую смесь: 30 кг «живого» вещества + 14 кг карбонатного минерального вещества + 56 кг глинистого минерального вещества + 4258 кг морской воды. Указанная масса исходных веществ создает массу продуктов реакции, которую можно считать производительностью 100 кг придонного ила. Система на каждом шаге моделирования подвергалась воздействию возрастающей температуры (от 10 до 60°C, шаг 1°) и возрастающего давления (от 10 до 235 бар, шаг 2.5 бар), что соответствует температурно-барическим условиям диагенеза.

Вода удалялась из системы в соответствии с данными, представленными в [7, 8]. Таким образом, система подвергалась воздействию диагенетических преобразований и в результате расчетов мы получили предельное состояние системы, поскольку в нашем случае расчеты были основаны на равновесном подходе. Как известно, при захоронении осадков они выделяют CO_2 (продукт окисления органических веществ) и N_2 (продукт окисления аммонийного азота). Нам не удалось найти в геологической литературе количественных характеристик процесса дегазации системы, чтобы использовать их при реконструкции реакции расщепления живого вещества. Поэтому удаление газов из системы было произведено произвольно, в зависимости от количества их образования. Имеющегося материала по моделированию недостаточно, чтобы вынести численно обоснованное суждение, но ясно, что при дегазации происходит подкисление водной фазы: удаление $\text{CO}_2(\text{г})$ снижает концентрацию бикарбоната и угольной кислоты, а удаление $\text{N}_2(\text{г})$ – концентрацию форм аммонийного азота. В отдельных случаях в реакционную смесь добавлялась морская вода, т. е. моделировался процесс разбавления.

В результате расчетов получены минеральные продукты реакции: кварц, каолинит, K,Li-слюда, Mg,Ca-доломит, анкерит, сидерит, пирит, Sr,Ca-кальцит. Наряду с CO_2 , CH_4 и другими углеводородами, образуется кероген $\text{C}_{292}\text{H}_{288}\text{O}_{12}$ или кероген $\text{C}_{128}\text{H}_{68}\text{O}_7$; в отдельных случаях, оба типа. Помимо керогена, реакционная смесь выделяет угольную кислоту и, из углеводородов, преимущественно метан: с ростом температуры концентрация $\text{CH}_4(\text{aq})$ возрастает (опыты с водорослями) или изменяется мало (в опытах с зоопланктоном и зелеными растениями). При этом, доля алканов среди углеводородов уменьшается, а концентрация $\text{CO}_2(\text{aq})$ возрастает с ростом температуры [6]. Морская вода в процессе моделирования меняет величину pH и Eh (рис.), также заметен эффект опреснения, что согласуется с данными [10]

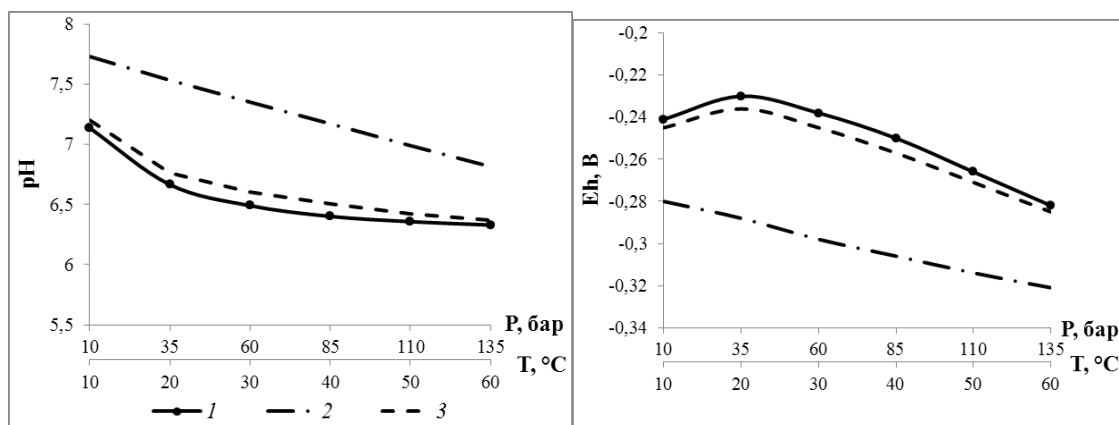


Рис. Изменение pH и Eh водного раствора в процессе моделирования в системе с живым веществом: 1 – водорослей, 2 – зоопланктона, 3 – зеленых растений

исследования морских иловых вод. По химическому составу вода является хлоридно-гидрокарбонатной натриевой с очень низким содержанием сульфатов. В ходе моделирования ионная сила воды снижается от 4 до 2,3 во всех системах вне зависимости от типа живого вещества, а соответственно уменьшается и общая минерализация. Во всех системах в воде отмечено большое содержание аммонийного азота.

Заключение. Выполнено термодинамическое моделирование взаимодействия системы «вода – минеральный осадок – органическое вещество» при параметрах диагенеза. В ходе реакций в системе получены кероген и сопутствующие вещества (углеводороды, соединения азота).

Показано, что удаление $\text{CO}_2(\text{г})$ и $\text{N}_2(\text{г})$ из реакционной смеси способствует протеканию реакции. Установлено, что водная фаза при образовании керогена изменяется незначительно. В общем виде, заметны эффект опреснения и изменение рН, Eh, увеличение содержания в воде растворенного CO_2 .

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-05-00266, в части термодинамического моделирования исследования выполнены при поддержке гранта РНФ, проект №15-17-00010.

Литература

1. Борисов М.В., Шваров Ю.В. Термодинамика геохимических процессов // М.: Изд-во МГУ, 1992. 256 с.
2. Войткевич Г.В., Мирошников А.Е., Поваренных А.С., Прохоров В.Г. Краткий справочник по геохимии // М.: Недра, 1970. 280 с.
3. Ермаков В.В. Химический элементный состав живого вещества // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. №3 (7). С. 19-35.
4. Зайцев И.К. Гидрогеохимия СССР // Л.: Недра, 1986. 239 с.
5. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты // М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. 672 с.
6. Рыженко Б.Н., Сидкина Е.С., Черкасова Е.В. Термодинамическое моделирование систем «порода-вода» с целью оценки их способности к генерации углеводородов // Геохимия. 2015. №9, С. 842-854.
7. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти // М.: Мир, 1981. 504 с.
8. Холодов В.Н. Геохимия осадочного процесса // М.: ГЕОС, 2006. 608 с.
9. Шваров Ю.В. HCh: новые возможности термодинамического моделирования геохимических систем, предоставляемые Windows // Геохимия. 2008. №8, С. 890-897.
10. Шишкина О.В. Геохимия морских и океанических иловых вод // М.: Наука, 1972. 228 с.
11. Bitterli P. Aspects of the genesis of bituminous rocks sequences // Geologie on mijnbouw. 1963. №42. P. 183-201.
12. Helgeson H.C., Richard L., VcKenzie W.F., Norton D.L., Schmitt A. Chemical and thermodynamic model of oil generation in hydrocarbon source rocks // Geochim. Cosmochim. Acta. 2009 №73, P. 594-695.

АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ РАВНОВЕСИЙ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ HYDROGEO И PHREEQC

О.Г. Токаренко, А.Н. Никитенков, Е.Ю. Пасечник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Аннотация. В работе изложены результаты сравнительного анализа значений индекса насыщения термальных вод Байкальской рифтовой зоны к ряду породообразующих минералов. Получены интересные, но в то же время спорные, результаты расчетов с применением современных программных продуктов HydroGeo и PHREEQC. В первом случае было выявлено равновесие некоторых терм к кварцу, арагониту, кальциту, доломиту, флюориту, тогда как во втором – в основном к силикатам (кварцу, халцедону, хризотилу, сепиолиту и др.) и так же к флюориту.

Abstract. The paper presents the results of the comparative analysis index values of saturation of the thermal waters of the Baikal rift zone to some rock-forming minerals. Interesting, but at the same time controversial, the results of calculations with the use of modern software products HydroGeo and PHREEQC. In the first case revealed a certain equilibrium therm to quartz, aragonite, calcite, dolomite, fluorite, whereas the second is mostly silicates (quartz, chalcedony chrysotile, sepiolite, etc.) and fluorite.

Оценка степени равновесия вод к минералам водовмещающих пород в настоящее время широко используется среди специалистов-гидрогеохимиков [1] для определения условий формирования химического состава [2], а также выявления гидрогеохимических механизмов в пластовых водах месторождений [4]. Ранее одним из авторов рассматривались предварительные результаты оценки равновесия терм Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) с рядом карбонатных минералов [7, 8]. Химический состав и особенности формирования терм БРЗ, рассмотренные в работах [6, 10], подтверждают уникальность терм как природного явления, вокруг которого до сих пор остается множество спорных вопросов. С помощью современных программ моделирования решаются множество из них, однако полученные результаты зачастую порождают новые. Придерживаясь общеизвестного высказывания американского математика Р.У. Хэмминга (1972) «Цель расчетов — понимание, а не числа», в данной работе будет проведен сравнительный анализ возможностей программных комплексов HydroGeo и PHREEQC при расчетах индекса насыщенности в термах к ряду минералов, а также сопоставление полученных результатов.

При проведении моделирования были использованы данные химического состава вод 55 термальных родников. Для выяснения степени насыщенности терм к отдельным минералам был использован индекс насыщения, который равен

$$si = \lg Q/K$$

где Q – квотант реакции; K – константа реакции. Положительные значения данного параметра указывают на насыщение водного раствора к конкретному минералу. Расчеты индексов проводились по известным методикам, разработанным на базе термодинамики гидрогеохимических процессов [2] с использованием программных продуктов HydroGeo (автор М.Б. Букаты, 2010) [3] и PHREEQC версия 2 (авторы D.L. Parkhurst, C.A.J. Appelo, V.E.A. Post). Оба используемых программных комплекса являются современными средствами гидрогеохимического моделирования и имеют свои отличительные особенности (табл.1). Так, основной отличительной особенностью первого являются расширенные возможности при расчете водно-газовых равновесий и учет радиоактивного распада элементов.

При настройке гидрогеохимической модели учитывались следующие минералы: *кальцит, арагонит, доломит, ангидрит, флюорит, аморфный кварц, халцедон, хризотил, тальк, гипс, сепиолит, кристаллическая сера, лавсонит, монтмориллонит, ломонтит (цеолит) и др.* В расчетах учитывалась фактическая температура воды на выходе родника – от 40 до 80°C.

Результаты расчета индекса насыщения с применением ПК PHREEQC показали, что для всех рассмотренных родников подавляющее большинство минералов и веществ имеют индекс насыщения меньше нулевого значения. Таким образом, согласно расчетам, все рассматриваемые воды являются ненасыщенными к *ангидриту, арагониту, кальциту, доломиту, гипсу, сепиолиту, аморфному кварцу и кристаллической сере.*

Таблица 1

Функциональные возможности программных комплексов

	HydroGeo	PHREEQC
Ионообменная сорбция катионов	+	+
Радиоактивный распад	+	–
Расчет модели комплексообразования	+	+
Моделирование растворения-осаждения	+	+
Расчёт водно-газовых равновесий	Расширенный*	+

* вместо обычных термодинамических зависимостей используется система уравнений регрессии, полученная на основе эмпирических (экспериментальных) данных по растворимости газов в водных растворах.

Вместе с тем, воды всех родников насыщены к *кварцу* и почти все, за исключением родника Питателевского (мест.), к *халцедону*. Также воды многих родников (Бусанский, Точинский, Баунтовский, Могойский, Шуриндинский, Питателевский, Нилова Пустынь, Питателевский, Гаргинский, Давшинский, Енгорбойский, Котельниковский) являются насыщенными к *флюориту*, что объясняется повышенной концентрацией фтора в данных водах. Так, его содержание в этих родниках составляет $>16,5$ мг/дм³. Воды некоторых родников (Большереченский, Котельниковский и Солнечный) являются насыщенными к гидросиликату и силикатам магния: *хризотил*, *сепиолит*, *талък*. Основными факторами, определяющими достижение состояния насыщенности, в данном случае, являются показатель pH > 9, более высокие концентрация Mg²⁺ до 1,6 и SiO₂ до 105 мг/дм³.

Сопоставляя результаты расчёта термодинамических равновесий в программных комплексах, положительным индексом насыщенности к *кварцу* характеризуются воды всех родников (табл. 2). По остальным минералам наблюдается более сложная картина. Тем не менее, можно говорить о том, что общие закономерности в изменении индексов насыщенности минералов к водам родников, полученные в обеих программах, носят сходный характер. Так, например, коэффициент корреляции между индексами насыщенности для *доломита* составляет 0,8, для *кальцита* – 0,7.

Таблица 2

Расчетные величины индекса насыщенности терм к некоторым минералам*

Пакет / Минерал	Арагонит	Кальцит	Доломит	Флюорит	Ангидрит	Кварц
HydroGeo	$\frac{-5,5 - 2}{-2,1}$	$\frac{-2,1 - 2,2}{0,7}$	$\frac{-2,4 - 7}{1,8}$	$\frac{-6,3 - 0,4}{-2,7}$	$\frac{-10 - (-2,7)}{-7,2}$	$\frac{0,85 - 1,7}{1,43}$
PHREEQC	$\frac{-6,1 - (-1,1)}{-4,1}$	$\frac{-6,0 - (-0,9)}{-3,9}$	$\frac{-12 - (-1,6)}{-8,6}$	$\frac{-1,9 - 0,5}{-0,4}$	$\frac{-4,6 - (-0,7)}{-2,9}$	$\frac{0,2 - 1,3}{0,7}$

* числитель – минимальное и максимальное значение, знаменатель – среднее.

В целом видно, что по результатам расчета в ПК HydroGeo термы достигают насыщения к ряду карбонатных минералов, тогда как по результатам расчета в ПК PHREEQC, этого, наоборот, не происходит. В данном случае авторы склонны доверять результатам расчета именно ПК HydroGeo в виду того, что при верификации результатов расчета графическим методом подтверждается наличие равновесия терм к кальциту, доломиту, а также флюориту (рис.1).

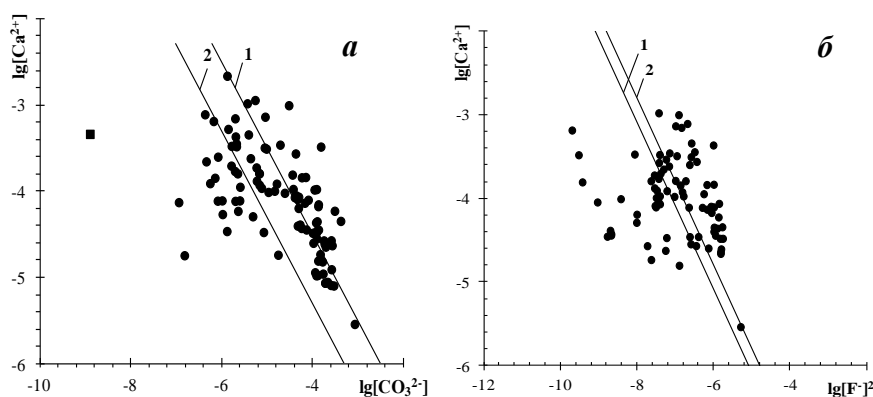


Рис. 1. Равновесие азотных терм с кальцитом (а) и флюоритом (б) для 25°C (1) и 100°C (2) [10]

Наблюдаемая разница в результатах моделирования обусловлена, в первую очередь, отличиями баз термодинамических данных, используемых в программах. Между тем, значимые корреляционные связи между соответствующими выборками индексов неравновесности говорят о том, что общие гидрогеохимические закономерности отражаются в программных продуктах схожим образом.

Пример различий данных можно привести на *кальците*, *доломите* и *флюорите*. Согласно Р.М. Гаррелсу и Ч.Л. Крайсту (1968) [5] стандартные свободные энергии Гиббса образования этих минералов при 25°C равны -269.78 , -520.5 и -277.7 ккал, соответственно, тогда как по данным Б.Н. Рыженко (2000) [2] уточненные энергии уже равны -269.90 , -516.74 и -281.94 ккал. Очевидно, что с применением тех и других энергий будет заметна и разница в результатах расчета констант реакции и индекса насыщения, а также масштабов вторичного минералообразования. В нашем случае расчет был проведен по данным Б.Н. Рыженко для 25 и 100°C, константы реакции образования этих минералов следующие: $\lg K_p \text{ CaCO}_3$ -8.5 и -9.3 ; $\lg K_p \text{ CaMg}(\text{CO}_3)_2$ -17.4 и -19.5 ; $\lg K_p \text{ CaF}_2$ -11.1 и -10.8 .

Исходя из приведенного выше, можно сделать вывод о том, что все заключения о реальных гидрогеохимических процессах, протекающих в водах термальных родников, требуют дополнительных исследований с привлечением современных методик анализа минералогического состава осаждаемых минералов, образуемых в результате взаимодействия в системе «вода-порода» [9].

Таким образом, можно отметить, что в обоих пакетах в качестве параметров элементарных процессов рассматриваются молярные изменения термодинамических параметров при заданных и стандартных ТР-условиях, термодинамические константы равновесия и произведения активностей компонентов раствора и минерала, участвующих в реакции, получаемые в соответствии с законом действия масс. При этом учет кинетики осуществляется на основе использования относительных скоростей реакций, оцениваемых по справочным значениям их удельных начальных скоростей.

Неоспоримым преимуществом программного пакета HydroGeo является обширнейшая база термодинамических данных, в которой представлены как результаты теоретических расчетов, так и натуральных замеров физико-химических констант, собранные из ряда современных баз данных (табл.3). За счет этого данный программный пакет позволяет осуществлять расчёты с отдельными выборками исходных данных в зависимости от конкретных решаемых задач.

Таблица 3

Состав баз термодинамических данных HydroGeo и PHREEQC

Пакет	База фазового состава веществ (газы, минералы)	База основных ионов (включая элементы разной валентности)
HydroGeo	919	97
PHREEQC	65	45

Также характерной отличительной чертой HydroGeo является встроенный модуль численного моделирования 1-3-х мерной геофильтрации и теплопереноса. В нём применена конечно-разностная форма дифференциального уравнения нестационарной фильтрации и теплопереноса. Используемая модель позволяет задать в каждом из расчетных блоков действие внешних (инфильтрация/испарение) и внутренних (откачка/нагнетание) источников/стоков и выполнять расчеты применительно к напорно-безнапорным условиям [3]. Возможности PHREEQC в моделировании геомиграционных процессов существенно скромнее – пакет позволяет осуществлять моделирование лишь в одномерном пространстве, по лентам тока. Двух- и трехмерное моделирование в программе возможно только с использованием внешних программ, обеспечивающих расчёт гидродинамической части.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ 14-05-31518.

Литература

1. Авченко О.В., Чудненко К.В., Александров И.А. Основы физико-химического моделирования минеральных систем. – М.: Наука, 2009. – 229 с.
2. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. – 244с.
3. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия Томского политехнического университета, 2002. – №. 6. – т. 305. – С. 348–366.
4. Вишняк А.И., Четверкин И.А., Новиков В.П., Плотникова Р.И. Гидрогеологическая модель Шадринского месторождения углекислых минеральных вод как основа оценки его запасов // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 11. – 35–43.
5. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968. – 400 с.
6. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 5. – С. 647–664.
7. Токаренко О.Г. Равновесие азотных термальных вод Байкальской рифтовой зоны с карбонатными минералами водовмещающих пород // Развитие минерально-сырьевой базы Сибири: от Обручева В.А., Усова М.А., Урванцева Н.Н. до наших дней: материалы Всероссийского форума с международным участием. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – С. 569–573.
8. Токаренко О.Г., Зиппа Е.В. Равновесие щелочных гидротерм Байкальской рифтовой зоны к карбонатным минералам по результатам моделирования // Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий: Сборник трудов Всероссийской конференции с международным участием, посвященная 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова, 2015. – Томск: Изд-во ТГАСУ. – С. 44–48.
9. Шварцев С.Л. Рудогенерирующие процессы в эволюционном развитии системы вода-порода // Геология рудных месторождений. – 1994. – №36. Т.3. – С.261–270.
10. Шварцев С.Л., Плюснин А.М., Замана Л.В., Токаренко О.Г. Равновесие азотных терм Байкальской рифтовой зоны с минералами водовмещающих пород как новая научная база выявления механизмов их формирования // Геохимия, 2015. – Т.53. – № 8 – С. 720–733.
11. Timoshenkova A.N., Pasechnik E.Yu., Tokarenko O.G. Equilibrium of Groundwater with Carbonate Minerals of the Water-Bearing Rocks under Anthropogenic Impact (by the example of Kishinev, Moldova) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2014. – V. 21. – P.012024.

ИЗУЧЕНИЕ АВАРИЙНЫХ РАССОЛОВ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ХЛОРИДНЫМИ МИНЕРАЛАМИ

В.В. Фетисов

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия,
E-mail: fetisov.v.v@gmail.com*

Аннотация. В данной статье изучена динамика степени насыщения надсолевых рассолов, поступающих в горные выработки, по отношению к основным хлоридным минералам соляной толщи на начальном этапе аварийной ситуации на руднике БКПРУ-3 Верхнекамского месторождения солей в 1986 г., связанной с нарушением сплошности водозащитной толщи. На основе физико-химического моделирования установлено, что в течение периода наблюдений разгружающиеся в выработки рассолы находятся в равновесии с галитом. При этом их степень насыщения по отношению к сильвину и карналлиту закономерно уменьшается по мере увеличения притока рассолов надсолевой толщи Cl-Na состава. Начальный этап проникновения надсолевых рассолов в выработки характеризуется увеличением степени насыщения к рассмотренным хлоридным минералам в связи с взаимодействием с отложениями карналлитовой зоны, что фиксируется на представленном в статье графике. При этом в течение кратковременного периода могут поступать рассолы, пересыщенные по отношению к галиту. В отличие от рудничных рассолов разного генезиса, находящихся в равновесии или состоянии близком к нему с сильвином, в надсолевых рассолах индекс насыщения (SI) к этому минералу уменьшается. Это позволяет рекомендовать использование данного параметра при изучении рудничных рассолопроявлений для более раннего выявления признаков поступления надсолевых рассолов в горные выработки.

Abstract. The article is devoted to study of dynamics of the degree of saturation of suprasalt brines with respect to major chloride minerals of salt strata in the initial phase of an accident situation related to discontinuity of waterproof stratum in the mine of the Verkhnekamskoe deposit of salts (Berezniki-3 mine, 1986). Physico-chemical modeling has showed that the brines discharged into mine are in equilibrium with halite during all period of observation. At the same time, their degree of saturation with respect to sylvite and carnallite regularly decreases with increase of inflow of the suprasalt Cl-Na brines. The initial stage of penetration of the suprasalt brines into mine is characterized by a increase of the saturation degree with respect to the considered chloride minerals that is fixed on the chart presented in the article. Along with that, there are brines oversaturated with respect to halite that comes during a brief period. In contrast to the mine brines of different genesis being in equilibrium or close to equilibrium with sylvite, saturation index (SI) for this mineral decreases in the suprasalt brine. This allows to recommend the use of this parameter in the study of the mine brines for earlier detection of signs of entering of the suprasalt brines into mine.

Введение

Верхнекамское месторождение солей (ВКМС) находится в пределах Пермского края на левобережье р. Кама. В тектоническом отношении месторождение связано с Соликамской впадиной Предуральяского краевого прогиба. Месторождение комплексное: на его базе ведется добыча сильвинитов (сырье для производства калийных удобрений), карналлита (получение искусственного карналлита в магниевой промышленности), каменной соли. ВКМС является одним из крупнейших в мире, с ним связано около 30 % мировых запасов калийной руды. Соляная толща месторождения имеет площадь 8100 км², площадь калийной залежи 3750 км² [7]. Месторождение разрабатывается горнорудными предприятиями ПАО «Уралкалий». Добыча осуществляется подземным способом, глубина горных выработок составляет 100-500 м.

ВКМС представлено мощной (свыше 500 м) соляной толщей, которая подразделяется (снизу вверх) на подстилающую каменную соль (ПдКС) мощностью 320-400 м, калийную залежь (70-100 м) и покровную каменную соль (ПКС) (20 м). Соляная толща подстилается глинисто-ангидритовыми отложениями мощностью 200-220 м и перекрывается соляно-мергельной (СМТ), терригенно-карбонатной (ТКТ) и пестроцветной (ПЦТ) толщами уфимского яруса нижнего отдела перми (рис. 1). Комплекс соляных пород связан с иренским горизонтом кунгурского яруса нижнего отдела пермской системы. В калийной залежи выделяются сильвинитовая (средняя мощность 17,5 м) и карналлитовая зоны (средняя мощность 54 м) [7].

Соляная толща месторождения, имеющая форму линзы, выполняет роль регионального водоупора, разделяющего надсолевые и подсолевые воды. Подсолевые воды представлены высокоминерализованными рассолами; с надсолевым комплексом пород связаны пресные, минерализованные воды и рассолы. На отдельных участках в кровле соленосной толщи или вблизи нее скважинами вскрываются воды рассольного горизонта [7]. Отмечается, что они имеют Cl-Na состав, а их минерализация достигает 320 г/л.

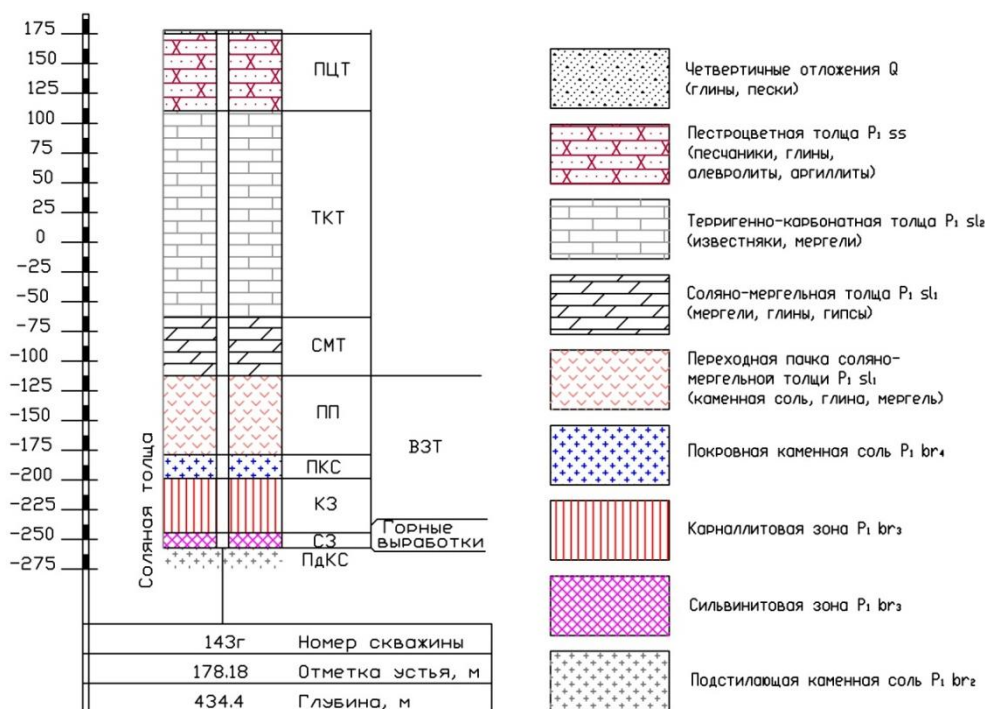


Рис. 1. Геологическая колонка скв. 143г (БКПРУ-3)

В горных выработках месторождения часто встречаются рассолы техногенного происхождения – конденсационные и закладочные. Соляная залежь содержит небольшое количество постседиментационных (внутрисолевых) рассолов. Конденсационные рассолы образуются в результате взаимодействия влаги, выделяющейся из воздуха и соляных пород. В выработках они распространены повсеместно в виде луж, небольших озерков в понижениях и капежа с кровли. Состав конденсационных рассолов, формирующихся за счет выщелачивания соляных пород, зависит от состава солей, вскрытых горными выработками, и времени взаимодействия с ними. Закладочные рассолы представлены жидкой фазой, поступающей в рудники вместе с применяемыми для закладки выработанным

пространства отходами переработки солей и отжимающейся в процессе уплотнения закладочного материала в горные выработки. На калийных рудниках месторождения для закладки используются отходы обогащения сильвинитовой и карналлитовой руды. Закладочные работы производятся для обеспечения ненарушенности водозащитной толщи месторождения, уменьшения оседания земной поверхности, размещения отходов производства в выработанном пространстве и уменьшения их негативного влияния на экологическую обстановку в районе [3].

Основными гидрогеологическими подразделениями, в которых сосредоточены практически все ресурсы пресных подземных вод надсолевой толщи пород, являются водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита (связана с породами ТКТ) и слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс (приурочен к ПЦТ).

Толща горных пород, верхней границей которой является подошва первого снизу надсолевого водоносного горизонта, а нижней – кровля верхнего обрабатываемого пласта соляной залежи, в горной практике называется водозащитной (ВЗТ) (см. также рис. 1). При нарушении сплошности ВЗТ надсолевые воды, взаимодействуя с породами соляной залежи, размывают трещины, что приводит к увеличению водопритока в горные выработки и затоплению рудника. На основе анализа зарубежной и отечественной практики выделяются два типа аварийных ситуаций на калийных и соляных рудниках [2]. В первом случае прорывы надсолевых вод обусловлены чисто геологическими особенностями строения подработанного массива (вскрытие каналов, гидравлически связывающих продуктивные пласты с водоносными горизонтами). Во втором – водопритоки происходят вследствие нарушения водонепроницаемости ВЗТ под влиянием горных работ.

Нарушение сплошности ВЗТ месторождения и прорыв подземных вод надсолевой толщи привели к затоплению двух рудников ВКМС (БКПРУ-3 в 1986 г., БКПРУ-1 в 2006 г.), а также аварийной ситуации на СКРУ-2 (2014 г.). Прорывы ВЗТ и дальнейшее растворение соляной толщи на участках разгрузки надсолевых вод в рудник сопровождаются провалами на земной поверхности.

В случае аварийной ситуации первыми в горные выработки поступают надсолевые рассолы выщелачивания ПКС высокой минерализации. Оперативное выявление таких рассолов среди рудничных рассолопроявлений, описанных выше, связано с безопасностью проведения горных работ.

Объекты и методы

Исследование в настоящей работе опирается на оценку степени насыщения аварийных надсолевых рассолов по отношению к хлоридным минералам соляной толщи ВКМС на основе определения индекса насыщения минералов (SI) [1], который рассчитывается следующим образом

$$SI = \log \frac{K_{iap}}{K_{sp}},$$

где K_{iap} – ионная активность продукта определяемая с учетом концентрации иона в молях и коэффициента активности, K_{sp} – константа растворимости продукта.

В том случае, если SI равен или близок к нулю, раствор находится в равновесии с данным минералом. Если значение $SI < 0$, раствор недонасыщен к минералу (происходит его растворение). И соответственно, если значение $SI > 0$, раствор пересыщен к минералу, который способен формироваться в этих условиях.

С учетом высокой минерализации рассолов вычисление коэффициентов активности в работе было выполнено на основе модели К.С. Питцера [12]. Данная модель, как хорошо сходимая с экспериментальными данными, находит широкое применение в работах томских исследователей С.Л. Шварцева, М.Б. Букаты, Е.С. Сидкиной, Д.А. Новикова [4-6, 8, 10], посвященных изучению подземных рассолов, в т.ч. сверхкрепких с минерализацией до 700 г/л в западной части Сибирской платформы.

Для расчетов равновесия рассолов с хлоридными минералами (галитом NaCl, сильвинитом KCl и карналлитом $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$) был использован код PHREEQC [13]. Физико-химическое моделирование выполнялось для условий стандартного атмосферного давления, при температуре растворов 10°C.

При изучении аварийных надсолевых рассолов, связанных с нарушением сплошности ВЗТ горных выработок ВКМС, были рассмотрен известный случай, произошедший на руднике Третьего березниковского калийного рудоуправления (БКПРУ-3) в 1986 г., события которого изложены достаточно детально в опубликованных работах [2, 3, 11 и др.]. Опубликованные данные гидрохимических опробований рассолов в одной из выработок месторождения, учтенные в настоящем исследовании, включали содержание основных ионов состава, Vg-, величины pH и плотности.

На руднике БКПРУ-3, расположенного в центре южной части ВКМС, отработка до 1979 г. велась на два пласта сильвинитовой зоны (АБ и Кр II), в дальнейшем – на пласт Кр II. 11 января 1986 г. из кровли камеры № 50 западного полублока рудника было обнаружено рассолопроявление в виде отдельных небольших струй. Одновременно рассолопроявления были зафиксированы и в кровле камеры № 52. В течение последующих дней поступление рассолов наблюдалось и на кровле других камер. По приблизительной оценке на начальном этапе общая величина притока в рудник составляла около 10 м³/ч. Суммарный приток рассолов на 6 февраля составил около 60 м³/ч, на 22 февраля – 100 м³/ч. 1 марта приток составил 150 м³/ч, утром 9 марта – 500 м³/ч. Вечером 9 марта приток вырос ориентировочно до 5000 м³/ч и продолжал увеличиваться. К концу июня все выработанное пространство шахтного поля БКПРУ-3 было затоплено надсолевыми водами, расчетный общий объем которых составил около 15 млн. м³ [3]. В ночь с 23 на 24 июля 1986 г., через 6,5 месяцев после того, как были зафиксированы струи рассолов на кровле выработок, над местом прорыва надсолевых вод сформировался провал на земной поверхности. Мощность надсолевой толщи на участке прорыва, сложенной породами ПЦТ, ТКТ и СМТ, составляет около 350 м (рис. 1). Ниже залегает покровная каменная соль (ПКС) мощностью 20 м и продуктивная толща мощностью около 70 м, представленная переслаиванием каменной соли, сильвинита и карналлита. Подстилающая каменная соль имеет мощность до 400 м. Провал произошел на участке, где мощность ВЗТ составляет более 100 м.

Результаты исследований

Динамика содержания компонентов состава поступающих в камерный блок 52 БКПРУ-3 надсолевых рассолов за период с 11/01/86 г. по 08/03/86 г. представлена в табл. 1 и на рис. 2. Пробы рассолов на химический анализ отбирались от 1 до 6 раз в сутки. «Скачок» на графике в период с 21/01/86 г. по 01/02/86 г. соответствует отсутствию данных наблюдений.

Таблица 1

Изменение содержания компонентов состава (г/л) надсолевых рассолов, поступающих в выработки с 11/01/86 г. по 08/03/86 г.

Период наблюдений	Кол-во проб	pH	Плотность р, г/см ³	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Сумма солей	Хим. тип (%-экв.)	Дебит, м ³ /час
11 янв. - начало	3	5.70	1.282	258.86	0.49	0.33	4.26	12.00	8.26	69.92	11.50	365.62	Cl-Mg	10
12 янв. - окончание		5.10	1.260	278.36	0.63	0.18	1.96	27.40	18.10	70.98	8.00	405.61		
среднее		5.35	1.267	263.88	0.57	0.23	2.76	17.86	15.15	70.17	9.08	379.71		
13 янв. - начало	23	5.75	1.230	214.53	1.72	0.16	0.97	58.30	32.40	29.49	6.25	343.82	Cl Na-Mg	на 22 янв.
21 янв. - окончание		6.24	1.216	207.44	1.73	0.15	0.73	73.19	28.00	21.58	4.50	337.32		
среднее		6.14	1.222	210.61	1.60	0.14	0.77	69.59	30.24	23.66	5.05	341.67		
1 февр. - начало	93	6.20	1.210	202.12	2.30	0.15	0.51	90.73	19.05	13.98	3.50	332.34	Cl-Na	5000 на 9 марта
8 марта - окончание		6.50	1.204	195.03	3.86	0.18	0.20	114.72	6.25	4.26	1.75	326.25		
среднее		6.54	1.206	195.39	3.42	0.18	0.24	108.79	9.40	6.07	2.33	325.82		

В начальный период аварийной ситуации (11-12 января) разгружающиеся рассолы характеризуются Cl-Mg составом. Их средняя плотность составляет 1,267 г/см³, минерализация – 380 г/л. 12 января поступают рассолы с наибольшей концентрацией хлоридов и минерализацией (405 г/л) за рассмотренный период. Вполне вероятно, что появлению первых струй рассолов на кровле выработок предшествует формирование начальной полости растворения в карналлитовой зоне (КЗ на рис. 1) в результате поступления надсолевых рассолов. Здесь при взаимодействии с карналлитом рассолы обогащаются Mg²⁺, в них возрастает концентрация Cl⁻, соответственно увеличивается их минерализация и плотность. С дальнейшим развитием трещины (повреждения) в водозащитной толще (ВЗТ) рассолы из полости начинают поступать в горные выработки.

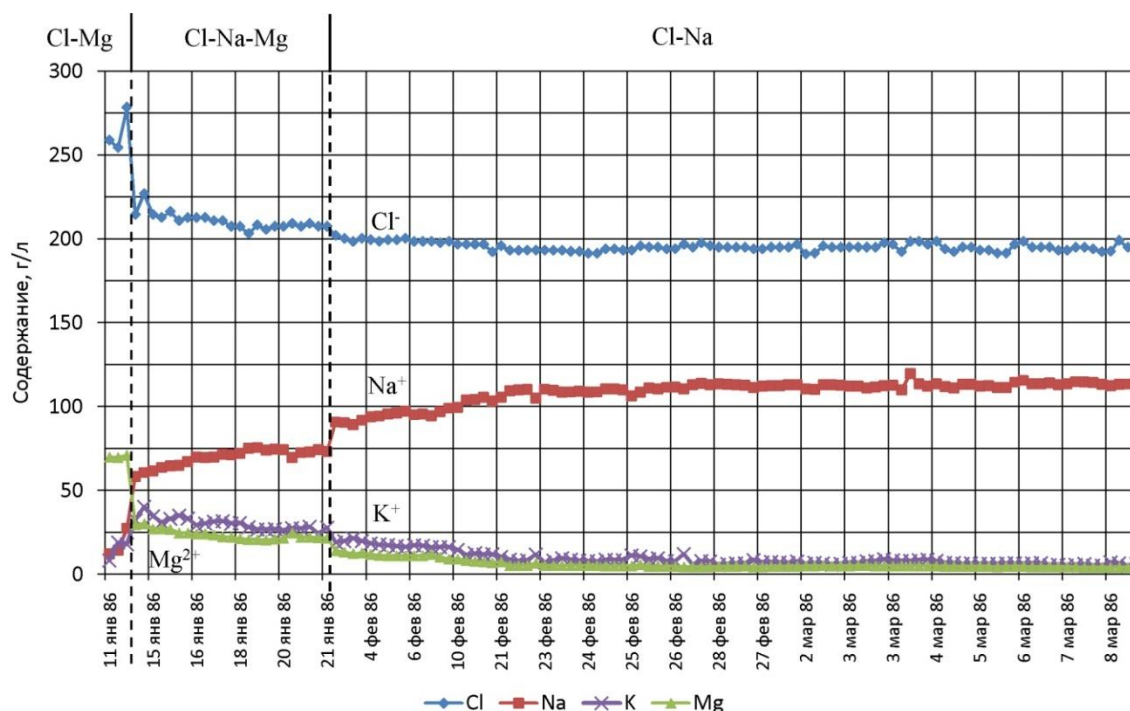


Рис. 2. Динамика содержания компонентов состава надсолевых рассолов, разгружающихся в выработки (аварийная ситуация на БКПРУ-3 в 1986 г.)

С увеличением «сечения» каналов разгрузки в горные выработки и притока надсолевых вод Cl-Na состава рассолы приобретают Cl Na-Mg тип, их минерализация в среднем изменяется до 342 г/л, плотность – 1,222 г/см³ (с 13 по 21 января). В дальнейшем (1 февраля – 8 марта) в выработки поступают рассолы Cl-Na состава, характерные для нижней части СМТ, со средней минерализацией 326 г/л, плотностью 1,206 г/см³.

На рис. 3 приведен график, отражающий изменение степени насыщения надсолевых рассолов, поступающих в выработки, по отношению к рассмотренным хлоридным минералам. Как видно на графике, поступающие рассолы в течение всего периода наблюдений характеризуются равновесным состоянием по отношению к галиту. В то же время, в начальный период аварийной ситуации (12 января) кратковременно разгружаются рассолы, пересыщенные по отношению к галиту ($SI_{галит} = 0,46$), сильвину ($SI_{сильвин} = 0,14$) и равновесные с карналлитом ($SI_{карналлит} = 0$). Максимально близким химическим составом и степенью насыщения к хлоридным минералам отличаются некоторые пробы постседиментационных (внутрисолевых) рассолов, встречаемых в кровле выработок на границе карналлитовой и сильвинитовой зон (пласт Б-В). Например, рассол пробы № 1407 (СКРУ-2, 2012 г.) характеризуется минерализацией 407 г/л, плотностью 1,273 г/см³, содержанием (г/л): Cl⁻ – 269,52; Na⁺ – 24,86; K⁺ – 18,23; Mg²⁺ – 60,60. Степень насыщения рассола к хлоридным минералам, выраженная через SI, составляет: по галиту 0,31; по сильвину 0,06; по карналлиту "-0,30". Таким образом, с большой долей вероятности можно говорить о наличии начальной полости растворения в карналлитовой зоне, в которой поступившие Cl-Na рассолы обогатились Mg²⁺ и Cl⁻, достигли равновесия по карналлиту. С развитием повреждения ВЗТ до кровли выработок, данные рассолы разгрузились в первую очередь. Близкого мнения придерживается Г.В. Бельтюков [3], который предполагает, что первоначальным источником поступления рассолов явились "палеокарстовые полости, заполненные рассолом, гидравлически связанные с надсолевыми водами".

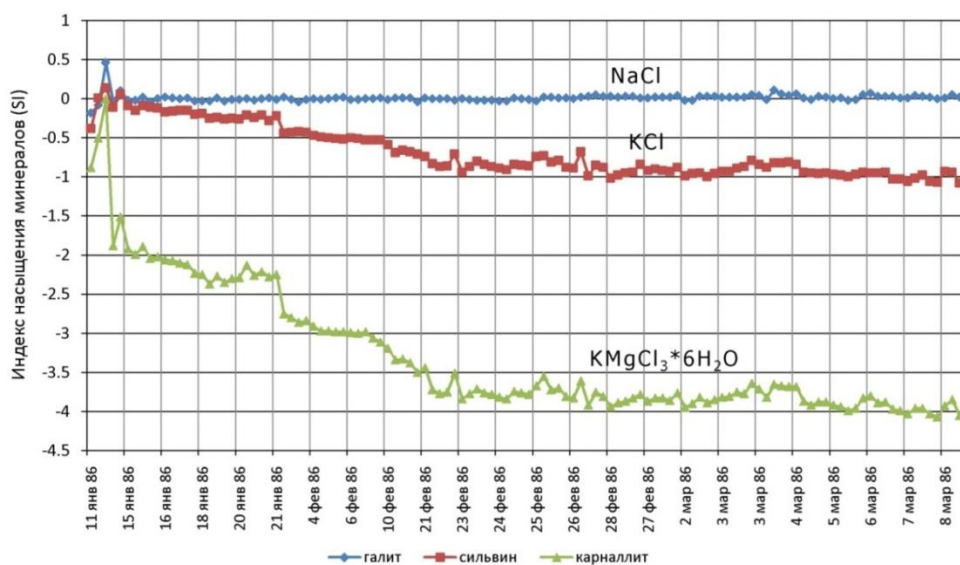


Рис. 3. Динамика степени насыщения надсолевых рассолов, поступающих в рудник БКРУ-3, по отношению к хлоридным минералам. Камерный блок 52. Период наблюдений 11/01/1986 г. – 08/03/1986 г.

В табл. 2 приведены результаты физико-химического моделирования взаимодействия 1 кг рассола Cl-Na состава с 1 молем вещества. Исходный рассол отобран из скважины 2-ОИ, оборудованной на водоносный горизонт в породах СМТ месторождения ($M = 320$ г/л, плотность – 1,198 г/см³; Cl⁻ – 192 г/л; Na⁺ – 97,2 г/л; K⁺ – 16,0; Mg²⁺ – 9,4 г/л).

Таблица 2

Степень насыщения Cl-Na рассола ($M = 320$ г/л) после взаимодействия с хлоридными минералами

Индекс насыщения	Исходный рассол	После взаимодействия с		
		галитом	сильвином	карналлитом
SI _{ГАЛИТ}	-0.06	0.21	0.07	0.35
SI _{СИЛЬВИН}	-0.58	-0.46	0.01	0.17
SI _{КАРНАЛЛИТ}	-3.26	-2.80	-2.47	-1.28

Как можно видеть в табл. 2, при взаимодействии Cl-Na рассола с карналлитом увеличивается степень насыщения модельного раствора по отношению к рассмотренным хлоридным минералам. Он становится пересыщенным по галиту и несколько в меньшей степени по сильвину. В этих условиях возможно формирование вторичных галита и сильвина. Степень насыщения рассола по отношению к карналлиту в значительной степени увеличивается в связи с переходом в раствор MgCl₂.

По мере увеличения притока рассолов надсолевой толщи Cl-Na состава их степень насыщения по отношению к сильвину и карналлиту закономерно уменьшается (см. рис. 3). В период наблюдений, соответствующий разгрузке в выработки рассолов Cl-Na-Mg состава (13 января – 21 января), индекс насыщения (SI) по сильвину изменяется от "-0,11" до "-0,22" (ср. зн. "-0,17"), по карналлиту от "-1,88" до "-2,25" (ср. зн. "-2,12"). При поступлении рассолов Cl-Na состава (1 февраля – 8 марта) индекс насыщения по сильвину изменяется от "-0,44" до "-1,00" (ср. зн. "-0,83"), по карналлиту от "-2,75" до "-3,95" (ср. зн. "-3,66"). В работе А.И. Кудряшова [7] отмечается, что к 10.03.1986 г. в рудник БКПРУ-3 поступило более 250 тыс. м³ «предельно насыщенных солями растворов». Здесь, с учетом вышесказанного, следует уточнить: растворов, насыщенных по отношению к галиту (но недонасыщенных к сильвину и карналлиту).

По данным исследования 324 проб рассолов различного генезиса (постседиментационные, конденсационные, закладочные), отобранных в 2011-2014 гг. в выработках ВКМС, рудничные рассолопроявления равновесны или максимально близки к равновесию по отношению к галиту и сильвину [9]. В частности, индекс насыщения SI по сильвину находится в пределах "-0,2" до "0,2", с преобладанием (94 % проб) значений от "-0,11" до "0,18". В зависимости от генезиса и химического состава рассолы месторождения в различной степени насыщены по отношению к карналлиту. Как показано в настоящей работе, надсолевые рассолы Cl-Na состава (которые могут проникать в выработки при нарушении сплошности ВЗТ) являются менее насыщенными к сильвину по сравнению рудничными. Что позволяет рекомендовать учет степени насыщения по сильвину, выраженной через SI, при изучении рудничных рассолопроявлений с целью повышения безопасности проведения горных работ.

Заключение

Надсолевые Cl-Na рассолы, связанные с выщелачиванием ПКС и пластов каменной соли, распространенных в нижней части СМТ, находятся в равновесии по отношению к галиту. При проникновении надсолевых рассолов в горные выработки БКПРУ-3 в результате нарушения сплошности ВЗТ на начальном этапе в результате взаимодействия с карналлитовой породой продуктивной толщи их степень насыщения по отношению к сильвину и карналлиту возрастает. Рассолы в этом случае приобретают Cl-Na-Mg состав. Кратковременное поступление рассолов Cl-Mg состава, равновесных с карналлитом и пересыщенных по отношению к галиту, вероятно, связано с формированием начальной полости растворения в карналлитовой зоне, развитие которой предшествовало появлению первых аварийных рассолопроявлений на кровле выработок.

С ростом величины притока в выработки химический тип разгружающихся рассолов изменяется с Cl-Na-Mg на Cl-Na. Их состав соответствует надсолевым рассолам нижней части СМТ; влияние растворения отложений карналлитовой зоны на состав становится минимальным.

Надсолевые рассолы являются недонасыщенными по отношению к сильвину по сравнению с рудничными рассолами различного генезиса.

Литература

1. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л. и др. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода: Т.1: Система вода – порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2005. – 244 с.
2. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 199 с.
3. Бельтюков Г.В. Карстовые и гипергенные процессы в эвапоритах: автореф. дис. ... докт. геол.минерал. наук / ПГУ. – Пермь, 2000. – 42 с.
4. Букаты М.Б., Шварцев С.Л. Равновесие высокоминерализованных подземных рассолов с эвапоритовыми минералами (на примере юго-запада Сибирской платформы) // Советская геология. № 8. 1983. С. 114-123.
5. Букаты М.Б. Равновесие подземных рассолов Тунгусского бассейна с минералами эвапоритовых и терригенных фаций // Геология и геофизика. 1999. Т. 40, № 5. С. 750-763.
6. Букаты М.Б. Геология и геохимия подземных рассолов западной части Сибирской платформы: автореф. дис. ... докт. геол.минерал. наук / ТФ ИНГГ, ТПУ. – Томск, 1999. – 42 с.
7. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей. Пермь, ГИ УрО РАН, 2001. 429 с.
8. Сидкина Е.С., Новиков Д.А., Шварцев С.Л. Равновесие подземных рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна с минералами вмещающих пород // Вестн. Том. гос. ун-та. 2012. № 364. С.187-192.
9. Фетисов В.В., Катаева Е.П., Фетисова Н.Ф. Взаимодействие природных и техногенных рассолов Верхнекамского месторождения солей с основными минералами соляной толщи // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326, № 9. С. 87-94.
10. Шварцев С.Л. Химический состав и изотопы стронция рассолов Тунгусского бассейна в связи с проблемой их формирования // Геохимия. 2000. № 11. С.1170-1184.
11. Шиман М.И. Предотвращение затопления калийных рудников. М.: Недра, 1992. 176 с.
12. Crowe A.S., Longstaffe F.J. Extension of geochemical modelling techniques to brines: coupling the Pitzer equations with models, in Proc. of Solving Groundwater Problems with Models. Nat. Water Well Assoc. Conf. Denver, CO. 1987.
13. Parkhurst D.L., Appelo C.A.J. User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. US Geological Survey. Denver, Colorado, 1999.

ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫЕ ВОДЫ ЮГА ПРИМОРЬЯ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Г.А. Челноков¹, Ю.В. Колубаева², М.К. Васильева¹

¹Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия, E-mail:geowater@mail.ru

²Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия, E-mail:kolubaeva@inbox.ru

Аннотация. В работе приведены данные по химическому составу подземных вод, распространенных в прибрежной зоне юга Приморья. Изучены высокоминерализованные подземные воды, распространенные в эстуарии р. Суходол на небольшой глубине (15-100 м). Основываясь на гидрогеологических и гидрогеохимических данных, установлен генезис этих вод и дана оценка бальнеологических свойств.

Abstract. Studies of the high-salt water located in the coastal zone of the south Primorye region have been initiated. The high-salt water is located in an Sukhodol river estuary and characterized by shallow burial depth (15-100 m). Based on hydrogeological background and hydrogeochemical investigations the genesis of the high-salt waters has been determined and balneological properties were estimated.

Актуальность проводимых исследований связана с изучением процессов формирования состава высококонцентрированных вод хлоридного кальциевого, хлоридного натриево-кальциевого типа. Дело в том, что на юге Дальнего Востока России исследований, направленных на изучение генезиса данного типа вод, ранее не проводились. При этом проявления подземных вод с высоким содержанием солей фиксировались в ходе поисково-разведочных буровых работ на уголь, углеводороды, известняки, минеральные воды и др. [3].

В связи с этим основной целью данной работы является изучение гидрогеохимических характеристик, условий формирования, а также возможности

применения в бальнеологии высокоминерализованных подземных вод восточной части Уссурийского залива (побережье бух. Суходол) (рис.1).

Исследования прибрежных подземных вод бухты Суходол проводятся, начиная с 2007 г. Результаты изучения геохимии этих вод ранее уже были освещены в [4]. В данной работе приведены оригинальные данные исследований последних лет (2014 и 2015 гг.) по изучению химического состава подземных вод скважины № 2П (отобранных на изливе в разное время года) и

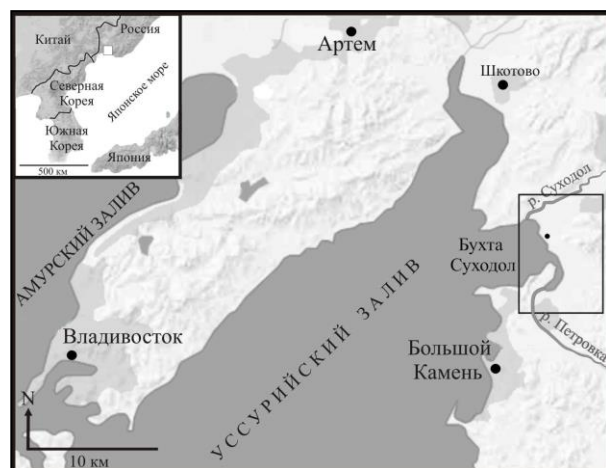


Рис. 1. Обзорная карта района исследований

морских вод побережья (150 м от скважины).

Анализ макро- и микроэлементов был проведен в сертифицированной лаборатории ДВГИ ДВО РАН. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU). Бром был

проанализирован в сертифицированной Центральной химической лаборатории ОАО «Приморгеология».

Территория исследований расположена в пределах Партизанской впадины Южно-Приморского прогиба (опущенный край Ханкайского массива) [2].

Наиболее древними отложениями района являются средне-, верхнетриасовые отложения, представленные темно-серыми алевролитами с линзами и конкрециями известково-мергильных пород, мелкозернистыми песчаниками, слоями с аммоноидеями. Отложения верхней юры представлены серыми кварц-полевошпатовыми песчаниками, песчаниками с тонкими линзами угля, известковистыми и алевритовыми песчаниками. Меловые отложения представлены переслаивающимися туфоалевролитами, песчаниками, выветрелыми и слаботрещиноватыми алевролитами, а также трещиноватыми аргиллитами. Современные отложения развиты повсеместно в прибрежной зоне Суходольского лимана и вдаются в береговую часть более чем на 500 м. Они подразделяются на два генетических типа. Первый – современные аллювиально-морские отложения, которые залегают первыми от поверхности и представлены темно-серым тонкозернистым заиленным песком с прослоями торфа, мощность отложений 1,5–6,0 м. Второй – аллювиальные верхнечетвертичные отложения, повсеместно залегающие под аллювиально-морскими отложениями и представленные галечником свклучением глыб и песка и валунником с гравийно-песчано-глинистым заполнителем. Мощность отложений до 10 м.

Район исследований характеризуется сложными гидрогеологическими условиями и пестрым гидрогеохимическим разрезом. В гидрогеологическом отношении изученная площадь находится в центральной части Южно-Приморской провинции Приморского сложного артезианского бассейна. Исходя из геологического строения и гидрогеологических условий, в пределах проявления выделены следующие водоносные горизонты:

1) водоносный горизонт верхнечетвертичных–современных морских и аллювиально-морских отложений (al-mQ_{III-IV}) развит в изголовье бухты Суходол и представлен песками, супесью и галечниками, чередующимися с илами. Статический уровень воды в скважинах составляет 1,3–1,7 м, дебиты изменяются от 1,4 до 2,69 л/с, коэффициенты фильтрации – от 7,4 до 15,2 м/сут. Воды горизонта преимущественно пресные, гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные, реже хлоридные кальциевые, либо смешанного катионного состава.

2) водоносный горизонт верхнемеловых отложений коркинской серии. Гидрогеологические условия водоносного горизонта связаны с литолого-фациальными и структурно-тектоническими особенностями строения водовмещающих пород. Воды трещинного типа приурочены как к зоне выветривания меловых пород, так и к зонам тектонической трещиноватости и нарушениям интрузивных контактов. Статический уровень воды в скважинах 0,8 м, дебиты скважин 0,6–0,7 л/с при понижении уровня 15–30 м. Коэффициенты фильтрации для отдельных литологических разностей пород различаются. Для песчаников и конгломератов в среднем они составляют 0,1–1,5 м/сут, иногда достигая 5–10 м/сут. Скважины глубиной до 15 м, пробуренные на расстоянии в 0–500 м от прибрежной зоны и на расстоянии ~1 км от рек Суходол и Петровка, вскрыли низко-среднеминерализованную воду (0,6–8,5 г/л), в то время как скважины в интервале глубин 15–300 м вскрыли хлоридные кальциевые, хлоридные натриево-кальциевые высокоминерализованные воды и рассолы (20–110 г/л).

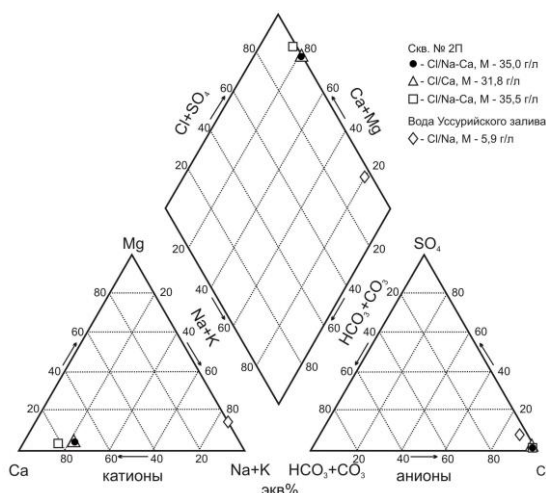


Рис. 2 Классификационная диаграмма изученных вод

Химический состав изученных вод приведен на диаграмме Пайпера (рис. 2) и в таблице 1. Анализ данных показывает, что воды скважины № 2П являются нейтральными, по величине общей минерализации относятся к высокоминерализованным водам и имеют хлоридный кальциевый и хлоридный натриево-кальциевый состав. Концентрация Ca^{2+} в два и более раз выше концентраций Na^+ , соответственно, доля Ca^{2+} в экв% выражении составляет 75-82, а доля хлора порядка 99 экв%. Эти воды обогащены железом, марганцем, стронцием. Содержание брома

находится на уровне среднего значения океанической воды (по Хорну – 67 мг/л) [5], йод не фиксируется.

Анализ морской воды бухты Суходол показал, что это воды хлоридного натриевого состава, характеризующиеся наименьшими значениями щелочно-кислотного показателя и общей минерализации, что, вероятнее всего, связано с поступлением в бухту пресных вод рек Суходол и Петровка (рис. 1), а также с малой глубиной бухты.

Таблица 1

Химический состав изученных вод

Параметры	Ед. измер.	Скв. № 2П			Вода Уссурийского залива
		Дата отбора			
		05.07.2014	15.02.2015	15.09.2015	15.09.2015
pH		7,42	6,89	7,1	6,6
Минерализация		35,0	31,8	35,5	5,9
HCO_3^-	г/л	0,015	0,016	0,017	0,211
SO_4^{2-}		–	–	0,49	0,407
Cl^-		22,3	20,2	22,1	3,2
Ca^{2+}		9,5	9,4	9,6	0,095
Mg^{2+}		0,29	0,18	0,27	0,19
Na^+		3,0	2,02	3,0	1,8
K^+		0,007	0,005	0,007	0,063
Si		–	0,0026	0,003	–
Fe	мг/л	1,07	0,95	1,35	0,8
Mn		5,37	4,93	5,2	0,02
Br		–	–	64,2	9,11
Sr		204,8	171,5	206,8	–
Ba		0,37	0,4	0,5	0,0004
Li		1,5	3,5	3,5	0,002
Формула ионно-солевого состава			Cl/ Na-Ca	Cl/Ca	Cl/ Na-Ca

Преобладание в растворе тех или иных химических элементов не случайно и определяется особенностями происхождения и последующего преобразования подземных вод в каждом конкретном случае. Так, например, для определения генезиса минеральных вод применяют соотношения генетических коэффициентов – Cl/Br , rNa/rCl , Ca/Cl [1].

Расчитанные для изученных вод значения генетических коэффициентов приведены в таблице 2. Данные расчетов показали, что высокоминерализованные воды вследствие малого содержания натрия характеризуются минимальными значениями коэффициента rNa/rCl , тогда для морской воды это отношение составляет 0,87. О степени метаморфизации вод наиболее удобно судить по соотношению Ca/Cl , поскольку суть метаморфизации наиболее ярко проявляется в увеличении содержания кальция после захоронения рассолов. По значению этого соотношения данные воды относятся к сильнометаморфизованным.

С гидрогеологических позиций формирование хлоридных кальциевых, хлоридных натриево-кальциевых типов высокоминерализованных вод обуславливается затрудненным водообменом, что также подтверждается относительно низкими коллекторскими свойствами мезозойских пород Приморья.

Таблица 2

Генетические коэффициенты и степень метаморфизации вод

Коэффициент	Критерии различия	Скв. № 2П			Вода
		Уссурийского залива			
		Дата отбора			
		05.07.2014	15.02.2015	15.09.2015	15.09.2015
Cl/Br	Инфильтрационные рассолы >300 Седиментационные рассолы < 300	–	–	344	347
rNa/rCl	Инфильтрационные рассолы > 0,85 Седиментационные рассолы <0,85	0,21	0,15	0,21	0,87
Ca/Cl	Слабometаморфизованные рассолы $\leq 0,1$ Среднеметаморфизованные рассолы 0,1–0,3 Сильнометаморфизованные рассолы $\geq 0,3$	0,42	0,46	0,43	0,03

По бальнеологическим характеристикам изученные подземные воды хлоридного типа по катионному составу выделяются в особую по своему действию группу вод, чье физиологическое действие на организм человека определяется в основном значительными концентрациями кальция. Наряду с этим, эти воды характеризуются также повышенными содержаниями железа, марганца, брома, стронция, бария, лития (табл. 1). Хлоридные кальциевые воды показаны при туберкулезе легких и лимфотических желез, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритах, воспалении почек с гематурией, при кровотечениях различного происхождения. Вне фазы обострения заболеваний воды могут применяться в качестве лечебного питья (после разбавления) и использоваться для наружных процедур.

По характеристикам данные воды можно сравнить с уникальной по своему химическому составу хлоридной кальциевой высокоминерализованной (35–45 г/л) водой «Лугела», источник которой находится в селении Мухури в Грузии. Минеральная вода «Лугела» является питьевой лечебной, содержит биологически активные компоненты, созданные геологической средой (бром в кондиционном количестве, небольшое количество кремниевой кислоты и йода), и вследствие очень высокого содержания хлористого кальция применяется только по указанию врача.

Показания для лечения: туберкулез легких и лимфатических желез, аллергические заболевания, воспаление почек с гематурией, а также заболевания, при которых обычно назначают хлористый кальций. В настоящее время высокоминерализованные воды бухты Суходол не используются.

На основе данных гидрогеологических и гидрогеохимических исследований определены условия формирования уникальных для Приморского края высокоминерализованных вод, локализованных в прибрежной зоне бухты Суходол. Показано, что гидрогеохимический облик вод обусловлен взаимодействием седиментационных вод с осадочными породами в зоне замедленного водообмена. С точки зрения бальнеологии использование данных вод возможно, в качестве лечебных хлоридных кальциевых, натриево-кальциевых вод, по аналогии с минеральной водой «Лугела» (Грузия).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-35-50438 мол_нр и 14-05-31153 мол_а

Литература

1. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. - М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
2. Маркевич П.В., Коновалов В.П., Малиновский А.И., Филиппов А.Н. Нижнемеловые отложения Сихотэ-Алиня. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 277 с.
3. Обжиров А.И., Гресов А.И., Шакиров Р.Б., Агеев А.А и др. Метанопроявления и перспективы нефтегазоносности Приморского края. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 167 с.
4. Челноков Г.А., Харитоновна Н.А., Васильева М.К. Геохимия и генезис подземных рассолов северо-восточной части Уссурийского залива (Приморский край) // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2012. – № 4. – С. 310-319.
5. Horn R.A. Marine Chemistry (The structure of water and the chemistry of the hydrosphere // Willey-Interscience. – 1969. – 565 p.

ПОИСКОВАЯ ГЕОХИМИЯ НА ОСНОВЕ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ (ICP-MS)

Е.В. Черняев¹, Н.В. Федюнина²

¹ *Геологоразведочная компания «Геосфера», Томск, Россия, E-mail: geosphaera@bk.ru*
² *Химико-аналитический центр «Плазма», Томск, Россия, E-mail: plasma_tomsk@mail.ru*

Аннотация. Масс-спектральный анализ с индуктивно связанной плазмой позволяет выполнять одновременное измерение низких и высоких концентраций большинства элементов без концентрирования и выделения, что позволяет успешно его использовать при поисках различных месторождений полезных ископаемых.

Abstract. Mass spectral analysis with inductively coupled plasma enables simultaneous measurement of low and high concentrations of the majority elements without concentration and isolation, allowing it to be successfully used in the search for a variety of mineral deposits.

Проведение геохимических поисков регламентируется Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений (1983). В соответствии с пунктом п.375 Инструкции «Общим требованием ко всем аналитическим работам, выполняемых при любых геохимических поисках, является достаточный предел обнаружения анализа, позволяющий получать значимые цифры содержания всех химических элементов во всех точках геохимического поля». Можно констатировать, что большинство применяемых при геохимических поисках видов

анализов как ранее, так и в настоящее время не удовлетворяет этому положению. Основные требования к современным методикам анализа сводятся к следующему:

- многоэлементность, то есть одновременное определение макро- и микрокомпонентов из одной навески;
- очень низкие пределы обнаружения;
- высокая воспроизводимость и правильность результатов.

Этим требованиям отвечают методы масс-спектрометрии и атомной эмиссионной спектрометрии с возбуждением спектров в индуктивно-связанной плазме. Метод атомной эмиссионной спектрометрии (ICP-AES) хорошо зарекомендовал себя для определения макросостава (силикатный анализ, анализ руд на содержание металлов). Однако точность атомно-эмиссионного метода снижается по сравнению с масс-спектрометрическим методом при содержании ниже 10^{-3} %. Метод масс-спектрометрии (ICP-MS) остаётся высокоточным на уровнях содержаний 10^{-5} - 10^{-6} % и ниже, что особенно важно для количественного определения платиноидов, золота, редкоземельных, редких и рассеянных элементов, что является актуальным при проведении геохимических поисков месторождений этих металлов.

Метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой имеет следующие основные преимущества:

- практически полный элементный охват - около 70 одновременно определяемых элементов;
- одновременное измерение низких и высоких концентраций элементов, динамический диапазон более 9-ти порядков;
- пределы обнаружения (без концентрирования и выделения) для большинства элементов до 10^{-7} % в твердом веществе и до 10^{-7} мг/л в водах (то есть ниже кларковых, фоновых содержаний);
- высокая производительность;
- точность и высокая надежность анализа,
- контролируемость;
- простота калибровки (градуировки);
- высокий уровень автоматизации измерений и представления результатов.

Применение метода ICP-MS для анализа геологических проб ранее сдерживалось отсутствием аттестованных методик и лабораторий, аккредитованных на выполнение анализов этим методом, низкой производительностью лабораторий и, соответственно, высокой стоимостью единичных анализов. Поэтому на первом этапе использования метод ICP-MS применялся чисто в научных целях (геохимическая типизация вулканитов и пр.). В последнее десятилетие ситуация изменилась принципиально. Масс-спектральный анализ сейчас выполняется в большинстве научно-исследовательских институтов, ВУЗов и в лабораториях предприятий геологической отрасли. Доступная цена масс-спектрального анализа в комплексе с другими его преимуществами и, прежде всего, с возможностью обнаружения низких содержаний золота и его элементов-спутников в различных средах (в воде от 0.2нг/л, в растениях от 0,005мкг/г, в горных породах и почвах от 0,001г/г из навески 10г), определили возможность его успешного применения при поисках рудных месторождений.

Научно-методические основы и примеры применения гидрогеохимических поисков для оценки золотоносности территорий обоснованы в многочисленных публикациях и изложены в виде Инструкции по геохимическим поискам (1983). Однако опубликованные данные в связи с низким качеством анализа сегодня

являются уже некорректными. Например, ещё недавно считалось, что содержание золота в водах месторождений золота составляют более 1 мкг/л, сегодня факты свидетельствуют о том, что аномальными являются содержания около 1 нг/л, то есть в тысячу раз меньше. На новом уровне развития аналитики необходимо определить параметры аномальных геохимических полей рудных месторождений в различных геолого-ландшафтных обстановках, определить как выделенные аномалии связаны с размерами месторождений и можно ли по ним количественно оценивать прогнозные ресурсы золота на стадии поисковых работ.

Для ответа на поставленные вопросы нами выполнены геохимические поиски на основе ICP-MS на золоторудных месторождениях с известными разведанными или отработанными запасами - Коммунарском, Саралинском, Центральном, Бериккульском, Комсомольском, Натальевском, Синюхинском, Новогоднее-Монто и др. Полученные материалы позволили разработать геохимические модели этих месторождений различного типа, располагающихся в разных ландшафтно-геологических обстановках. На основе разработанных геохимических моделей проведены комплексные геохимические работы на перспективных площадях на Полярном Урале, в Томской области, Хакасии, Бурятии и Забайкалье.

В результате исследований обосновано, что гидрогеохимический метод поисков, базирующийся на современной аналитике, является экспрессным, относительно дешёвым способом получения разносторонней информации о рудоносности территории. Метод позволяет локализовать площадь поисков до участков размером менее 1-2 км² и на основе разработанных геохимических моделей выполнить количественную оценку прогнозных ресурсов.

Применение ICP-MS расширяет возможности литохимических методов, позволяет успешно работать на территориях закрытых дальнепринесными отложениями, выявлять слабые сорбционно-солевые ореолы, в различной мере смещённые от коренного источника, позволяет установить новые геохимические закономерности и выполнить количественную оценку прогнозных ресурсов.

Примером успешного применения гидрогеохимического метода поисков на основе ICP-MS служит Коммунарское рудное поле. Месторождение Коммунар находится в Республике Хакасия, в обстановке горно-таежного ландшафта восточного склона Кузнецкого Алатау. Месторождение расположено во фронтальной части гранитоидного массива в осадочно-вулканогенной толще, прорванной дайками и силлами среднего и основного состава. Рудные тела представлены золото-кварцевой малосульфидной штокверковой минерализацией, реже золото-сульфидно-кварцевыми жилами и золото-скарново-магнетитовыми линзами.

В результате гидрогеохимических исследований выявлено аномальное гидрогеохимическое поле с содержанием золота в воде более 0.8 нг/л (до 165 нг/л в рудничных водах) размером около 4 км в поперечнике. В западной части этого аномального поля располагается Коммунарское месторождение, восточная часть поля является практически не исследованной. Установлено зональное распределение элементов в геохимическом поле в направлении от гранитоидного массива - в западной части аномалии золото находится в ассоциации с As, Sb, W, в восточной - с Ba, I. Здесь нами прогнозируется новое крупное месторождение золота с верхнерудным уровнем эрозионного среза. Результаты гидрогеохимических работ подтверждены опробованием литохимических потоков рассеяния, где в 5 пробах донных отложений установлены содержания золота от 1.4 до 8.8 г/т.

Коммунарковским рудником оформлена лицензия на эту территорию и сейчас проводятся поисковые работы.

Примером успешного применения комплекса геохимических методов на основе ICP-MS может служить Турунтаевская перспективная золото-полиметаллическая площадь. Она находится в Томском районе в зоне погружения структур Кузнецкого Алатау под рыхлые отложения чехла Западно-Сибирской плиты. Территория характеризуется равнинным ландшафтом, осложнённым интенсивной аграрной деятельностью. Колчеданное оруденение представлено крутопадающими зонами кварц-карбонатных метасоматитов с существенно сфалеритовой минерализацией. Руды и породы палеозоя преобразованы в коры выветривания и перекрыты толщей обводненных рыхлых отложений мезозоя и кайнозоя мощностью около 80 м, что существенно затрудняет проведение геохимических работ.

В результате опробования почв, растительности (пырей с убранных пшеничных полей), редких водотоков, а также отбора и анализа водных вытяжек из почв установлено, что Центральный участок, в пределах которого бурением вскрыты рудные тела, сопровождается интегральной геохимической аномалией, проявленной в различных опробуемых средах, размером около 2 км в поперечнике. Кроме Центрального участка на площади выявлено 4 новых аномальных геохимических поля, позволяющих прогнозировать на площади крупное колчеданное золото-полиметаллическое месторождение.

Таким образом, применение масс-спектрометрии для анализа геологических проб существенно расширяет возможности геохимических методов поисков, повышает их эффективность, позволяет выполнить количественную оценку прогнозных ресурсов.

ГЕОХИМИЯ ФТОРА В АЗОТНЫХ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОДАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ И ПРОВИНЦИИ ЦЗЯНСИ (КИТАЙ)

С.Л. Шварцев^{1,2}, О.Г. Токаренко¹, Е.В. Зиппа¹, Чж. Сунь³

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: zev-92@mail.ru*

² *Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Томск, Россия*

³ *Восточно-Китайский технологический университет, г. Наньчан, Китай,
E-mail: sunzhanxue@aliyun.com*

Аннотация. Рассчитан индекс насыщения азотных термальных вод Забайкалья с флюоритом. С учетом основных определяющих параметров установлены критерии, определяющие равновесие с данным минералом.

Abstract. The calculated saturation index nitrogen thermal waters of the Baikal region with fluorite. Taking into account the main governing parameters are established criteria that determine the equilibrium with this mineral.

Азотные термальные воды, уникальные по своему составу и обладающие весьма высоким содержанием фтора, вызывают интерес у многих исследователей. Особой темой для обсуждений являются источники фтора в термах. Данный вопрос обсуждается с середины прошлого века, но ответы на него до сих пор не получены. Ломоносов И.С. [4] считал источником фтора в термах растворы магматического генезиса (ювенильные воды). В настоящее время подавляющее большинство

исследователей придерживаются теории о вмещающих породах в качестве источников фтора. Разделяя взгляды последних и, исходя из равновесно-неравновесного состояния системы вода-порода, причиной высокого содержания фтора в термах можно считать взаимодействие воды с горными породами, в которых содержатся минералы с аномально высокими концентрациями фтора, например, флюорит [7-9]. Поэтому целью данной работы является, на примере флюорита, обосновать гипотезу о горных породах, как источнике избыточных химических элементов, в частности фтора, в азотных термальных водах.

Данные по химическому составу и описание основных гидрогеохимических особенностей были подробно изложены в работах [6, 7]. В настоящей работе приведем лишь общую характеристику азотных термальных вод Забайкалья.

Азотные термальные воды Забайкалья характеризуются низкой общей минерализацией, которая в отдельных случаях превышает 1 г/л, в среднем величина общей минерализации составляет около 0,46 г/л (таблица 1). По химическому составу, в соответствии с С.А. Щукаревым, исследуемые воды подразделяют на пять типов. Термальные воды с величиной общей минерализации до 0,6 г/л в основном относятся гидрокарбонатному натриевому, гидрокарбонатно-фторидному натриевому (уникальный переходный тип), сульфатно-гидрокарбонатному натриевому и реже гидрокарбонатно-сульфатному натриевому. Воды с более высокой минерализацией (более 0,6 г/л) являются сульфатного натриевого типа.

Таблица 1

Средний химический состав азотных термальных вод Забайкалья, мг/л [7]

Номер	Количество родников (90)	Химический тип вод	T, °C	M	pH	Ca ²⁺	F ⁻
1	23	HCO ₃ -Na	46.2	425	9.1	5.6	17
2	4	HCO ₃ -F-Na	51.6	378	9.3	7.3	32
3	10	HCO ₃ -SO ₄ -Na	43.8	356	9.1	3.0	11
4	23	SO ₄ -HCO ₃ -Na	49.0	420	8.6	7.7	10
5	30	SO ₄ -Na	48.5	627	8.3	20.0	9

По величине pH все азотные термальные воды относятся к слабощелочным и щелочным. Среднее значение величины pH варьируется в интервале от 7.9 до 10.1 единиц pH, где максимальное значение pH отмечено в источнике Солнечный.

Как было показано ранее [6], зависимость между pH и соленостью терм являются сложной, но общая тенденция заключается в том, что с ростом минерализации pH вод несколько уменьшается, что позволяет сказать о нетипичном характере данной зависимости для подавляющей части пресных и соленых вод.

Рассматриваемые термы также характеризуются преобладанием натрий-иона над ионами кальция, магния и калия, содержание которых, как правило, очень низкие. Низкие концентрации Ca²⁺ и Mg²⁺ в термах связаны с выпадением карбонатов и вторичных силикатов.

Азотные термальные воды Забайкалья богаты фтором. Так, например, в азотных термальных водах Забайкалья содержание фтора достигает 46,8 мг/л, источник Солнечный, где по химическому составу воды относятся к переходному гидрокарбонатно-фторидному натриевому типу.

Помимо азотных термальных вод Забайкалья, экстремальные содержания фтора отмечены в азотных термах в провинции Цзянси, юго-восточный Китай

[10,11]. Аналогично азотным термам Забайкалья, здесь термы являются маломинерализованными с слабощелочным рН. По химическому составу воды являются гидрокарбонатными натриевыми (табл. 2).

Таблица 2
Химический состав некоторых источников азотных термальных вод провинции Цзянси, Юго-Восточный Китай [10,11]

T, °C	M	pH	K ⁺ +Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	F ⁻
71	239.50	8.60	110.1	1.72	0.5	185.56	14.4	5.0	15
65	219.47	8.78	96.0	2.71	0.7	173.85	13.0	5.2	15
65	236.42	8.62	110.0	1.88	0	185.56	11.4	5.4	15
69	209.95	8.61	88.7	2.10	0.2	174.00	13.0	5.0	14

Азотные термы Забайкалья и провинции Цзянси отнюдь не являются единичными примерами аномального содержания фтора. Аналогичная картина прослеживается в азотных термальных водах различных регионов.

Ответ на вопрос об источнике фтора в азотных термальных водах вытекает из эволюции системы вода-порода в условиях ее равновесно-неравновесного состояния. В процессе непрерывного растворения одних минералов и осаждения других в природном растворе происходит постоянное изменение соотношения между химическими элементами относительно растворяемых минералов. Так, содержание Ca²⁺, которое связано с вторичными карбонатами, в растворе не растут. В свою очередь F⁻ в растворе накапливается до тех пор, пока раствор не достигнет равновесия с флюоритом.

Рассмотрим пример. В соответствии с [5] константа растворения флюорита при 50 °C равна

$$[Ca^{2+}] \cdot [F^{-}]^2 = 10^{-10.9} \quad (1)$$

Как было показано ранее [7], при снижении активности Ca²⁺, активность F⁻ возрастает. В условиях равновесно-неравновесного состояния системы с течением времени содержания Ca в растворе уменьшаются, а F растут. При этом, чем больше F содержат растворяемые водой минералы, тем быстрее он будет накапливаться в растворе, но после установления равновесия с минералами, F не будет накапливаться в растворе, а будет связываться вторичными образуемыми водой минералами.

Из выше сказанного следует, что избыточное содержание фтора в азотных термах косвенно отражает время эволюции системы вода-порода: чем оно больше, тем содержание его в термах выше, но это правило действует только в неравновесных условиях [7].

Теперь необходимо пояснить, при каких условиях происходит насыщение терм флюоритом. Для этой цели, в соответствии с известными методиками [1] и с использованием программного продукта HydroGeo [2] рассчитано равновесие термальных вод с флюоритом. Свободная энергия образования и растворенных химических элементов взяты из работы [1]. Для выяснения степени равновесности терм использовали индекс насыщения (SI – saturation index), который равен (2). Расчеты проводились для температур 25 °C и 100 °C.

$$SI = \lg Q/K, \quad (2)$$

где Q – квотант реакции; K – константа реакции.

На основании полученных результатов были построены диаграммы зависимостей значений индекса насыщения с флюоритом от основных

определяющих параметров (рис.1): общей минерализации (а), рН (б), F⁻ (в), температуры (г) и содержаний Ca²⁺ (д).

Следует отметить нетипичный для других минералов характер пути насыщения вод флюоритом, а именно, равновесие азотных терм с флюоритом достигается быстрее в условиях более низких температур, нежели высоких. Для насыщения флюоритом в термах должен накопиться фтор в количестве 5-15 мг/л, кальций в количестве 1-2 мг/л. При этом величина общей минерализации и рН варьируют в интервале 0,2-0,35 г/л и 9,25-9,75, соответственно. В остальных случаях термы находятся либо в около равновесном (недонасыщенном) состоянии, либо в состоянии перенасыщения.

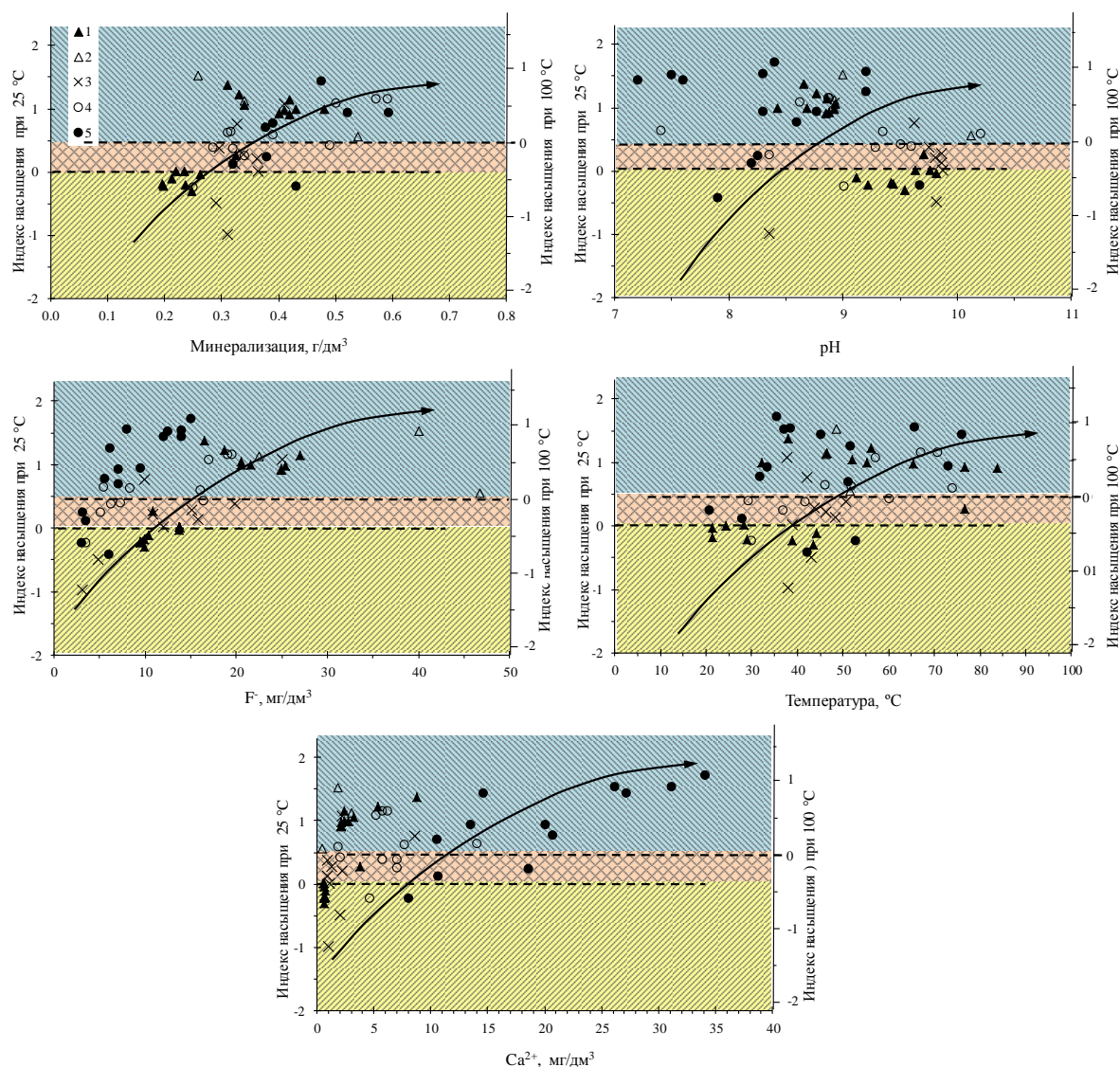


Рис.1 Зависимость значений индекса насыщения азотных терм с флюоритом от общей минерализации (а), рН (б), F⁻ (в), температуры (г) и содержаний Ca²⁺ (д).
Химические типы терм: 1 – HCO₃-Na; 2 – HCO₃-F-Na; 3 – HCO₃-SO₄-Na; 4 – SO₄-HCO₃-Na; 5 – SO₄-Na

Таким образом, азотные термальные воды Забайкалья непрерывно взаимодействуют с горными породами, образуя при этом уникальную равновесно-неравновесную систему. В процессе этого взаимодействия эволюция системы

происходит в условиях низкой концентрации кальция и высокой концентрации фтора, источником которого служат вмещающие горные породы.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 15-55-53122 ГФЕН_a

Литература

1. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2005. – 244 с.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач // Известия ТПУ. – 305(6). – 2002. – С. 348–365.
3. Замана Л.В. Фтор в азотных термах Баунтовской группы (Северное Забайкалье) // Геология и геофизика. – 41(11). – С. 1575–1581.
4. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: изд-во «Наука», 1974. – 168 с.
5. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин для геологов. – М.: Атомиздат, 1971. – 240 с.
6. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Геохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. – 2013. – №5. – С.647–664.
7. Шварцев С.Л., Замана Л.В., Плюснин А.М., Токаренко О.Г. Равновесие азотных терм Байкальской рифтовой зоны с минералами водовмещающих пород как основа для выявления механизмов их формирования // Геохимия. – 2015. – № 6. – С.1–14.
8. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366с.
9. Шварцев С.Л. Взаимодействие воды с алюмосиликатными горными породами // Обзор. Геология и геофизика – 1991. – №12 – С.16–50.
10. Gongxin Chen, Guangcai Wang, Sun Zhanxue, Liu Jinhui. The isotopic and chemical characteristics of geothermal fluids from two selected hot spring areas in Jiangxi Province, SE-China // World Geochemical Congress. – 2010. – 6 p.
11. Sun Zhanxue, Gao Bai. Hydrochemistry and direct use of hot springs in Jiangxi Province, SE-China // World Geochemical Congress. – 2010. – 5 p.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЛАНТАНОИДОВ ИЗ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЛЮБОВЬ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Е.С. Эпова, О.В. Еремин

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия,
E-mail: apikur1@yandex.ru*

Аннотация. Установлена интенсивность перехода лантаноидов в растворимые формы при воздействии сернокислотного раствора на сульфидсодержащие руды месторождения Любовь. Показано влияние температурного режима и длительности выщелачивания на степень извлечения редкоземельных элементов (РЗЭ). Выявлено благоприятное влияние низких температур на миграцию лантаноидов.

Abstract. The intensity of soluble forms of lanthanides migration has been determined by sulfuric acid solution leaching of sulfide-bearing ores of Lubove deposit. The influence of temperature and leaching duration on the degree of rare earth elements (REE) extraction has been indicated. The beneficial effect of low temperatures on the migration of lanthanides has been determined.

Месторождение Любовь находится в Кыринском районе Забайкальского края около границы с Монголией и расположено в центре Любавинского рудного узла (рис. 1). В пределах Любавинского месторождения выделено шесть участков

промышленного оруденения золото-кварц-малосульфидной минерализации [2]. Отрабатывалось месторождение в период с 1882 по 1994 года - первоначально карьерным способом, затем шахтными выработками на глубины до 180 м. За время освоения месторождения добыто более 10 т золота [5].

Целью настоящей работы было проведение экспериментов по сернокислотному выщелачиванию сульфидсодержащих руд Любавинского месторождения с акцентированием внимания на поведение редкоземельных элементов.

Кварц-сульфидный рудный материал отбирался на участке Больше-Федоровский месторождения Любовь. Сульфиды представлены преимущественно арсенопиритом, пиритом, сфалеритом. Эксперименты по выщелачиванию проводились в прозрачных пластиковых сосудах, куда помещалась навеска дробленых образцов руд размерностью $0.5 \div 1$ мм в диаметре и массой 6 г, а также сернокислотный раствор $pH=2$ и объемом 30 мл. Часть сосудов помещалась в холодильник на все время выщелачивания. Таким образом, эксперименты проводились при температурах $+25^{\circ}C$, что соответствует стандартным условиям, и $-9^{\circ}C$ – средней температуре многолетнемерзлых пород. Длительность контакта раствора с рудой составляла 1, 5, 15 и 30 суток при соотношении $t \div ж = 1 \div 5$.

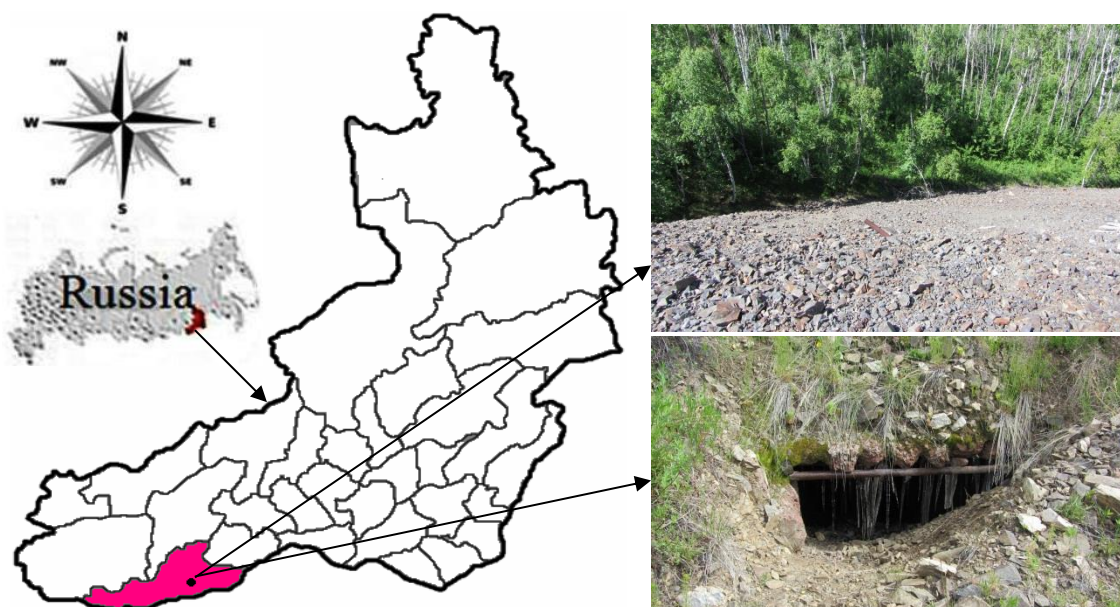


Рис. 1. Карта-схема расположения Любавинского рудного узла. На снимках отвалы – участок Больше-Федоровский и штольня – участок Николаевский (фото Е.С. Эповой)

После выщелачивания отфильтрованные растворы анализировались на содержание 52 элементов методом масс-спектрометрии на спектрофотометре Perkin Elmer Optima 5300 DV в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед». Определение кислотности растворов проводилось рН-метром «АНИОН-7000» с помощью комбинированного рН-электрода ЭСК 10601/4.

Ранее проведенные исследования по выщелачиванию руд Удоканского месторождения показали, что миграционные свойства элементов во многом определяются температурными условиями извлечения [3]. Так было выявлено, что некоторые элементы интенсивнее извлекаются в условиях положительных

температур, (например, элементы группы железа), в то время как другие, в условиях низких температур (например, элементы побочной подгруппы первой и четвертой группы) [4]. Однако при этом не анализировались особенности извлечения редкоземельных элементов. Проведение экспериментов по выщелачиванию руд месторождения Любовь дало возможность установить характер извлечения лантаноидов.

Лантаноиды характеризуются схожими геохимическими характеристиками. Они достаточно активны, хорошо мигрируют в растворах, изоморфно включаются в состав минералов, как правило, близкорасположенными группами. Редкоземельные элементы за исключением церия отличаются высокой подвижностью в слабокислых и нейтральных водах ($pH < 6-8$). В более щелочных условиях осаждаются в виде гидроксидов, церий осаждается уже при $pH=1$ [1].

В связи со сложностью разделения РЗЭ и отсутствием собственных минералов для каждого элемента обычно анализируют суммарное содержание лантаноидов в растворах. Для группы РЗЭ используют разделение на лёгкие (цериевая подгруппа – элементы от La до Gd) и тяжёлые (иттриевая подгруппа от Tb до Lu, включая иттрий) [1]. Суммарное содержание в экспериментальных растворах тяжёлых и лёгких элементов варьируется в зависимости от срока взаимодействия в системе «сернокислый раствор-порода» (табл. 1).

Таблица 1

Суммарное извлечение в раствор редкоземельных элементов с течением времени в зависимости от температурных условий выщелачивания, мкг/л

Длительность эксперимента	$T = -9^{\circ}C$	$T = +25^{\circ}C$
1 сутки	$\frac{18,67 + 19,63}{38,3}$	$\frac{14,14 + 16,03}{30,17}$
5 суток	$\frac{19,34 + 19,32}{38,66}$	$\frac{2,71 + 2,09}{4,8}$

Прим. В числителе указано общее содержание лёгких (включая лантан и гадолиний) + тяжёлых (включая иттрий) лантаноидов, в знаменателе суммарное содержание РЗЭ

Наибольших концентраций при положительных температурах выщелачивания элементы достигают уже в первые сутки, в то время как максимум содержаний РЗЭ в растворах при низкотемпературном извлечении приходится на пятые сутки. После чего, концентрации постепенно снижаются, что отражено на рисунках 2-5.

Общие концентрации, перешедших в раствор групп лёгких и тяжёлых лантаноидов сопоставимы во всех опытах. Суммарное извлечение в первые сутки выщелачивания примерно одинаково, в то время как данные по извлечению через 5 дней значительно отличаются (в 8 раз) в зависимости от температурного режима эксперимента. В целом, независимо от длительности экспериментов, условия низких температур для миграции РЗЭ оказываются более благоприятными.

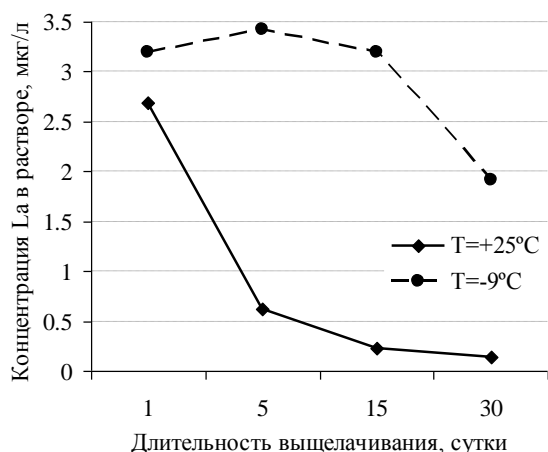


Рис. 2. Динамика извлечения лантана в сернокислый раствор из руд месторождения Любовь

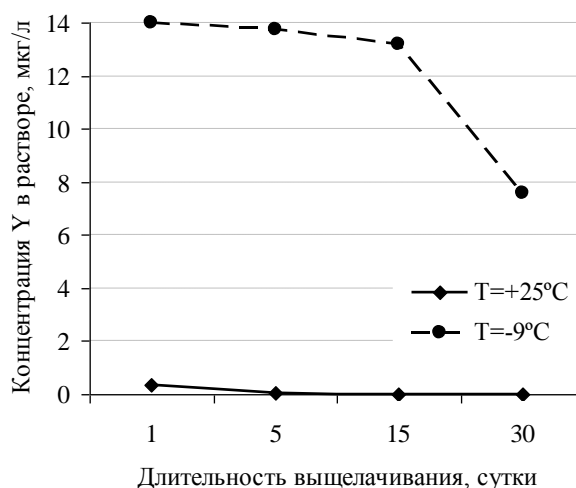


Рис. 3. Динамика извлечения иттрия в сернокислый раствор из руд месторождения Любовь

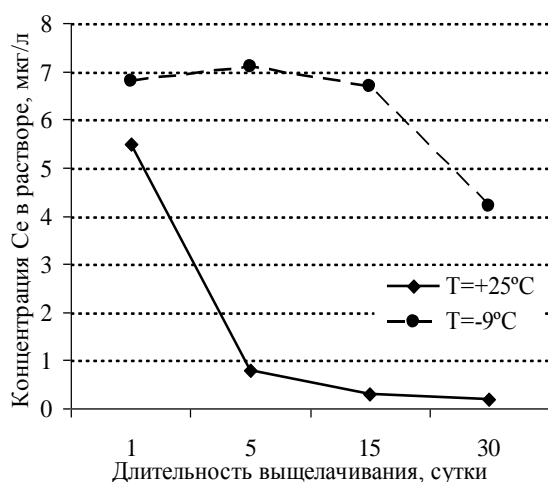


Рис. 4. Динамика извлечения церия в сернокислый раствор из руд месторождения Любовь

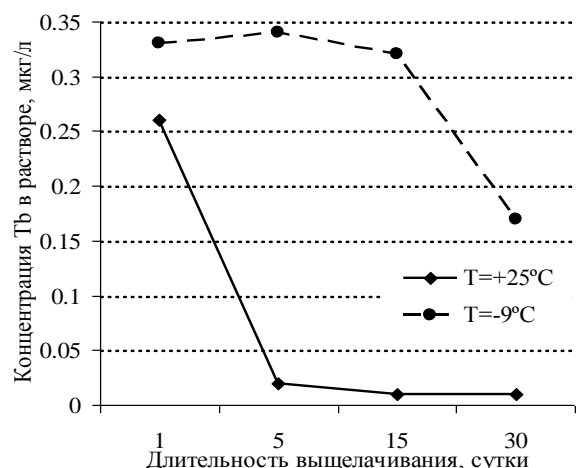


Рис. 5. Динамика извлечения тербия в сернокислый раствор из руд месторождения Любовь

Анализ степени извлечения лантаноидов в раствор показал, что весь спектр «редких земель» более интенсивно мигрирует в условиях низкотемпературного выщелачивания, что подтверждает их геохимическую близость. Положительные температуры приводят к снижению кислотности выщелачивающих растворов (до pH=5-7 после 5 суток эксперимента) и как следствие осадению растворённых форм лантаноидов.

Дальнейшие исследования миграции РЗЭ в разных температурных условиях позволят приблизиться к решению задачи их роли и участия в процессах вторичного минералообразования, а также разработки геотехнологии их извлечения.

Работа поддержана РФФИ: р_сибирь_a № 14-05-98012.

Литература

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. В 6 кн. – М.: Экология, 1997. – Кн.6: Редкие f-элементы. – 607 с.
2. Спиридонов А.М. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья. / А.М. Спиридонов, Л.Д. Зорина, Н.А. Китаев – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2006. – С. 108-129.
3. Эпова Е.С. Криогеохимия зоны окисления сульфидного месторождения Удокан (Восточное Забайкалье) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – URL: www.science-education.ru/111-10745 (дата обращения 14.08.2015).
4. Эпова, Е.С. Геоэкологические аспекты поведения химических элементов в условиях криогенной зоны окисления на примере Удоканского месторождения (Восточное Забайкалье): дисс. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36. / Эпова Екатерина Сергеевна. – Томск, 2014. – 129 с.
5. Юргенсон Г.А. Геологические исследования и горно-промышленный комплекс Забайкалья: История, современное состояние, проблемы, перспективы развития. / Г.А. Юргенсон, В.С. Четкин, В.М. Асосков и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. – С. 285-287.

ЙОД В ПЛАСТОВЫХ ВОДАХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Янковский

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: yankovskiyvv@tpu.ru*

Аннотация. В мировой практике основным сырьем для получения йода являются подземные воды. В современных геополитических условиях значительная часть традиционных мест добычи йода оказалась за пределами Российской Федерации. Поскольку йод по своему генезису является биогенным, то он в большой мере входит в ассоциацию с нефтью и нефтяными водами. В силу этого пластовые воды нефтяных месторождений Западной Сибири приобретают ведущее значение как минерально-сырьевая база по добыче йода.

Abstract. The general material of iodine is underground waters. In the modern geopolitical conditions, the main part of usual iodine production deposits is located abroad of the Russian Federation. As iodine has biogenic genesis, it is associated with oil and petroleum water. In the result, fossil waters of oil deposits get the value of mineral raw material base for the iodine production in the West Siberia.

Поступление его в воды начинается с первых моментов захоронения и метаморфизации осадков, обогащенных органическим веществом [4]. В максимальной степени воды насыщены йодом в прибрежных районах морей, где органического вещества много.

Накопление йода в подземных водах связано и с литофациальными особенностями вмещающих пород. Рядом исследователей выполнены определения концентраций йода в различных типах пород. Большие вариации его содержания установлены в верхних горизонтах как океанической, так и континентальной коры. Высокие концентрации йода в глубоководных морских (30 г/т) и в континентальных (2,5 г/т) карбонатных породах обусловлены накоплением в планктонных и мелководных организмах. В континентальных глинах содержание его ниже (1,8 г/т), чем в глубоководных (3,9 г/т). Отмечается, что при диагенезе йод оказывается более устойчивым, чем углерод. Однако на стадии катагенеза йода теряется значительно больше (от 75 до 95 %), так что его содержания в породах составляют от 12 до 25 мг/т.

В настоящей работе нами рассматриваются особенности распространения йода в подземных водах Томской области (юго-восточная часть Западной Сибири) в пределах переходных элизионных и инфильтрационных гидрогеологических структур и связь его с объектами нефтегазосодержания и нефтегазообразования [3,7].

Йод в подземных водах исследуемого бассейна распространен повсеместно и встречен в количествах от 0, 2 до 48 мг/л [2].

Наиболее высокими концентрациями йода отличаются воды меловых отложений. В самом верхнем апт-альб-сеноманском водоносном комплексе содержание йода изменяется от 0,2 до 19,3 мг/л при среднем 8,6 мг/л. С глубиной его содержание увеличивается, и в неокомском водоносном комплексе отмечаются наиболее высокие концентрации йода для меловых отложений. Его содержание изменяется от 0,13 до 28,4 мг/л, среднее значение которого составляет для западных районов 8,3 мг/л, для восточных – 3,1 мг/л (табл. 1).

В верхнеюрском водоносном комплексе йод встречен в количествах от 0,2 до 30,3 мг/л. Расчетные средние содержания по комплексу по 310 точкам опробования составляют соответственно 4,6 мг/л в западных районах и 3,1 мг/л – в восточных. Наиболее высокие концентрации йода (6-10 мг/л) установлены в западных и центральных частях Томской области и приурочены главным образом к отдельным площадям Нижневартовского, Среднеvasюганского, Парабельского сводовых поднятий, Нюрольской и Усть-Тымской впадинам, что связано с наличием в разрезе верхнеюрских отложений продуктивных нефтегазоносных толщ (табл. 1).

Так, на Среднеvasюганском сводовом поднятии наиболее высокие его концентрации выявлены в районе Южно-Мыльджиинского газового (18 мг/л) и Верхнесалатского нефтегазового (7,6 мг/л) месторождений.

В Нюрольской впадине участки с высокими концентрациями этого микроэлемента локально приурочены к месторождению Федюшкинскому (площадь Федюшкинская – 11 мг/л) и к площадям в юго-восточной части осадочного бассейна (6–10 мг/л). Подземные воды в восточных районах области значительно обеднены йодом, где его концентрации не превышают 2 мг/л [2].

Таблица 1

**Средние значения геохимических показателей подземных вод нефтегазоносных отложений Томской области
(1 – западные, 2 – восточные районы области) [2]**

Водоносные комплексы	Районы	Т, °С		М, г/л		I, мг/л		Vг, мг/л		Кол-во точек
		ср. значение	мин.-макс.	ср. значение	мин.-макс.	ср. значение	мин.-макс.	ср. значение	мин.-макс.	
Апт-альб-сеноманский	1	56,0	31–83	15,3	3–26	8,6	2,3–19,3	43,3	2–90	59
	2	38,6	18–84	3,9	2–18	2,3	0,2–8,7	12,5	1–45	15
Неокомский	1	76,0	42–116	19,0	3–48	8,3	0,3–28,0	52,9	4–306	278
	2	72,5	45–100	11,1	2–43	3,1	0,1–9,2	25	1–98	64
Верхнеюрский	1	90,5	71–106	ЗОЛ	6–64	4,6	0,3–30,3	71,6	9–178	267
	2	80,9	53–121	24,6	5–49	3,1	0,2–8,8	57,2	12–160	43
Нижне-среднеюрский	1	92,6	79–126	29,2	8–67	4,7	0,5–25,3	69,1	9–167	113
	2	87,9	54–132	31,1	5–80	4,3	0,2–20	72,6	5–258	59
Дююрский	1	104,2	70–140	43,3	15–91	9,5	0,2–38,2	102,9	12–293	186
	2	89,0	55–110	50,8	11–84	3,2	0,2–9,5	116,1	20–284	46

В нижне-среднеюрском водоносном комплексе содержание йода ниже по сравнению с водами меловых и верхнеюрских отложений. По площади изменяется от 0,2

до 25,3 мг/л (среднее содержание составляет 4,7 мг/л). В юго-восточной части исследуемого региона его содержание не превышает 1-4 мг/л. И только в Парбигском районе на площади Крыловской в отложениях тюменской свиты, залегающих непосредственно на доюрском фундаменте, встречены воды с высоким содержанием йода (13 мг/л). Повышенные его концентрации (4–8 мг/л и более) в подземных водах ниже-среднеюрских отложений, так же как и в рассмотренных выше комплексах, тяготеют к западному, центральному и северо-восточному районам Томской области (Каймысовский, Пудинский, Средневасюганский, Пыль-Караминский сводовые поднятия, Нюрольская и Усть-Тымская впадины). Максимальные его концентрации установлены на площадях Калиновой, Широкой и Нижнетабаганской Нюрольской впадин и составляют соответственно 25, 11.3 и 12 мг/л. В высоких концентрациях йод встречен на площадях Верхнесалатской (11.4 мг/л) и Южно-Мыльджинской (12,7 мг/л) Средневасюганского мегавала, на площадях Колпашевской (20 мг/л), Западно-Сильгинской (9.6 мг/л) Парасельского мегавала (табл. 1).

В подземных водах палеозойских образований йод содержится в количествах от 0.2 до 38 мг/л и по территории распределен неравномерно. Среднее его содержание составляет 9.5 мг/л (табл. 1) в западных районах области по сравнению с 3.2 мг/л - в восточных. Сохраняется тенденция его накопления в большом количестве в западной, юго-западной частях Томской области, где йод имеет высокие (6-9 мг/л) (Нюрольская и Усть-Тымская впадины, Средневасюганский, Пудинский и северные площади Парабельского мегавала) и максимальные (более 10 мг/л) концентрации (юго-восточная часть Нюрольского осадочного бассейна). Максимальные его величины содержаний тяготеют к локальным участкам и в большей степени приурочены к газовым месторождениям, чем нефтяным. Так, в пределах восточной части Нюрольской впадины на площадях Нижнетабаганской, Сельвейкинской и Тамбаевской они составляют соответственно 28,2, 37 и 38,1 мг/л. На площадях Южно-Мыльджинской и Верхнесалатской Средневасюганского мегавала – 14,8 и 10,5 мг/л соответственно. На Пудинском мегавале (площадь Верхнекомбарская) содержания йода достигают 36,4 мг/л, тогда как в высокоминерализованных водах восточной части Томской области не превышают 1–2 мг/л. (табл. 1).

Как показали наши исследования, с глубиной концентрации йода в подземных водах увеличиваются неравномерно, и при этом сохраняется большой разброс его величин по всему разрезу. Наиболее часто встречаемые значения йода в водоносных комплексах нижнего гидрогеологического этажа колеблются в диапазонах от 0 до 5; от 5 до 10 и до 15 мг/л. В юрских отложениях реже встречаются воды с концентрацией данного элемента от 10 до 15 и от 15 до 20 мг/л, и достаточно редко, где йод достигает 20–25 мг/л и более. Содержания его в этом диапазоне определены только в водах неокомских отложений и в доюрских образованиях. А самые высокие его концентрации, в диапазоне значений от 25–30 мг/л до 35–40 мг/л, встречены в доюрском водоносном комплексе [2].

Для всех рассмотренных водоносных комплексов благоприятными для накопления йода являются хлоридные натриевые соленые воды и слабые рассолы. С глубиной, по мере увеличения температуры, солёности воды и насыщенности вод углеводородами, отмечается рост концентраций рассматриваемого компонента. Характер взаимосвязи содержания йода с минерализацией подземных вод и с основными компонентами химического состава различен в разных водоносных комплексах и районах, бывает как очень тесный, так и слабый. Так, в меловых и

доюрских водоносных комплексах она выражена наиболее четко, имеет большую крутизну и характерна для подземных вод, где накопление йода происходит интенсивнее и достигает максимальных значений. В подземных водах юрских отложений она (зависимость) с минерализацией выражена слабее, и содержания в них йода зачастую не превышают 10 мг/л, а в доюрских образованиях – 15 мг/л. Хорошая связь наблюдается с содержанием хлор-иона. Сильные положительные корреляционные связи йода отмечены с аммонием. В водах залежей углеводородов юрского и доюрского комплексов хорошие связи устанавливаются с калием, натрием, кальцием, магнием, рубидием. Источники обогащения вод йодом в исследуемом регионе различны. В настоящее время считается установленным тот факт, что в иловых водах современных морей и океанов содержание йода во много раз превышает содержание его в исходной воде [6]. Вследствие этого в процессе осадко накопления захороняются большие массы йода. В итоге, как утверждает А.В. Кудельский, степень йодоносности подземных вод осадочных бассейнов определяется величиной суммарных мощностей осадочных образований. В исследуемом регионе мощность меловых отложений превышает суммарную мощность юрских отложений в несколько раз. Это не могло не сказаться на обогащении вод йодом при диагенезе и раннем эпигенезе. Из пород (особенно глинистых) отжимались вместе с поровой водой большие количества йода, поступающие в песчаные коллекторы [5].

Кроме того, пластовые воды нефтегазоносных отложений с концентрацией йода более 10 мг/л [1] отнесены к категории промышленных. Такие воды наиболее широко развиты в меловых отложениях и только в западных районах Томской области в пределах Каймысовского свода, Среднеvasюганского мегавала, Нюрольской и Усть-Тымской впадин. В юрских отложениях в промышленных концентрациях йодоносные воды тяготеют к локальным участкам и приурочены к отдельным площадям Среднеvasюганского свода, восточной части Нюрольской впадины и площади Колпашевской Парабельского мегавала, а в доюрских образованиях встречаются только на площадях Южно-Мыльджинской и Верхнесалатской Среднеvasюганского мегавала, а также Нижнетабаганской, Сельвейкинской и Тамбаевской Нюрольской впадины. Причем концентрации йода в подземных водах доюрских образований выше, чем в меловых отложениях. Это свидетельствует о целесообразности дальнейшего изучения подземных вод нефтяных месторождений в качестве источника для промышленного извлечения ряда компонентов, в частности йода.

Томская область имеет все предпосылки для формирования, наряду с нефтегазовой, еще одной отрасли ресурсодобывающей промышленности что позволит решить проблему импортозамещения по йоду.

Литература

1. Временные рекомендации по обоснованию запасов попутных вод нефтяных месторождений в качестве минерального сырья. - М., 1987. - 70 с.
2. Иванов В.Г., Силкина Т.Н., Янковский В.В. Распространение йода в подземных водах нефтегазоносных отложений Томской области // Обской вестник. 2001. №1
3. Карцев А.А., Вагин С.Б., Шугрин В.П. Нефтегазовая гидрогеология. М.: Недра, 1992. -208 с.
4. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. М.: Недра, 1993. 384 с.
5. Кудельский А.В. Гидрогеология, гидрогеохимия йода. - Минск: Наука и техника, 1976. 216 с.
6. Перельман А.И. Геохимия природных вод. - М.: Наука, 1982. 150 с.
7. Muramatsu Yasuyuki, Wedepoht K.Hans The distribution of iodine in the earth's crust // Chem. Geol. 1998. Vol. 147. Ns 3-4. P.201-216.

СЕКЦИЯ 4

ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Оценка экологической обстановки озёр урбанизированных территорий
АпшеронаР. А. Абдулазимов¹, Н. Х. Алиева², Дж. А. Маммедова²¹*Национальная Академия Наук Азербайджана, Институт Геологии и Геофизики, Баку, Азербайджан, E-mail: raisabdulazim@gmail.com*²*Государственная Водная Компания ОАО «Азерсу» Баку, Азербайджан, E-mail: nasiba.aliyeva55@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены химический состав и качество вод озёр урбанизированной части Апшеронского полуострова (Азербайджан). Показано, что озёрные воды преимущественно характеризуются как сильно загрязнённые, по минерализации – солёные, по химическому составу – Cl Na.

Abstract. Urbanization and the quality of the analysis of the chemical composition of the water of the lake, located was part of the Absheron peninsula. It seems that the lake water pollution, mainly for salt, chemical composition mineralization - salty, chemical composition - Cl Na.

Климат полуострова, которому свойственны скудность атмосферных осадков, высокая испаряемость и сильные ветры, наряду с другими факторами, способствовал формированию на его территории сложных естественных экологических условий. На полуострове имеется слабо развитая гидрографическая сеть, сформировавшаяся на территории площадью 2000 км² под воздействием различных естественных и искусственных факторов и включающая в себя более 200-х озёр и затопленных участков. На современном этапе воплощение в жизнь различных хозяйственных мероприятий и развитие процесса урбанизации в бассейне озёр Апшерона стало причиной изменения показателей количества и качества озерных вод [1, 3, 4]. В связи с этим в данной работе рассмотрено состояние наиболее крупных озёр.

Озеро Масазыр занимает впадину, соответствующую синклинальной мульде, сложенной отложениями верхнего отдела продуктивной толщи. Высота берегов местами достигает до 34 м. Из этого озера по сей день добывается поваренная соль. Величина минерализации вод озера от 60 до 168 г/л, химический состав – Cl Na.

Озеро Мирзалади расположено к востоку от оз. Масазыр, в той же синклинальной мульде. Озеро вытянуто с севера-запада на юго-восток. Дно озера находится на абсолютной высоте 10 м. По съёмке 1899 г. озера Мирзалади, Алибабашор и Сияншор представляли одно целое, но впоследствии они обособились в самостоятельные бессточные озера, в результате чего утерялась связь между этими тремя озерами. Озеро питается атмосферными осадками и поливными водами. По-видимому, благодаря этому обстоятельству величина минерализации вод озера Мирзалади более чем в два раза меньше вод соседнего Масазырского озера. Колеблется она в основном в пределах 26-34 г/л. Химический состав озерных вод также Cl- Na.

Озеро Ходжа Гасан занимает северную часть Ясамальской долины. Озеро является собирателем воды с территории равной 22 км². Сюда поступает поверхностный сток со склонов Шабандагского хребта, со скатов Зигиль-Пиринского поднятия, Баладжарского плато. Озеро Ходжа Гасан в начале нынешнего века, только после выпадения дождей стало солёным озером, в остальное время года впадина озера

бывала только влажной от вод источников на северо-западе, и только в жару летом становилась сухой. В настоящее время озеро постоянно заполнено водой высотой 6-7 м, благодаря промышленным водам из окружающих промыслов, поливным водам массивов зеленых насаждений, канализационным стокам пос. Хырдалан и Ходжа Гасан и атмосферным осадкам. Величина минерализации озерных вод 1,8 - 2,2 г/л, химический состав - Cl-SO₄-HCO₃-Na. Подъем уровня озера Ходжа Гасан привел к заболачиванию территории между ним и оз. Красное. С 70-х годов изменение водного режима озера Ходжа Гасан создало угрозу железнодорожному полотну Баку-Тбилиси [2, 3, 4].

Озеро Красное находится в южной части Ясамальской долины, у самого побережья Путинского залива, юго-восточнее озера Ходжа Гасан. Потеряв связь с морем, оно высохло, а впадина его заполнялась водой периодически, после дождей. После организации промыслов в Ясамальской долине, озеро это затоплено промышленными водами, границы его значительно расширены и сегодня оно площадью 7,2 км², занимает территорию от пос. Локбатан до мыса Пута, разделенную искусственными дамбами, шоссейными дорогами. Во время обильных дождей, сильных ветров эти дамбы и дороги затапливаются водой. В годовом режиме уровня воды в озере наблюдается некоторый его спад в июле-сентябре месяцах. Максимальная отметка уровня приходится на январь-март месяцы. В озеро ежедневно поступает порядка 25 тыс.м³ неочищенных сточных вод пос. Локбатан. Озеро также принимает излишки воды озера Ходжа Гасан. Повышение уровня воды приводит к подтоплению магистральной дороги, выводу из строя нефтяных скважин. Минерализации озерных вод меняется от 7 до 49 г/л, в большее время года в пределах 22-27 г/л. Химический состав вод Cl -Na. Воды сильно загрязненные.

Озеро Зых расположено к востоку от г. Баку. Котловина озера выработалась в виде чаши с берегами под углом 45°. В центре озера имеется жерло грязевого вулкана, который образовался после отложения среднеапшеронских глин. От конца бакинского века до начала современного, впадина Зыхского озера существовала, как морской залив с узкой горловиной, открытой в направлении с востока на юго-восток. Озеро принимает сбросные буровые воды нефтепромыслов сопредельных территорий.

Озеро Бюль-Бюля находится в восточной части г. Баку. Имеет продолговатую форму, вытянутую с севера-запада на юго-восток. Озеро Бюль-Бюля до начала 30-х годов формировалось в нормальной естественной среде, и лишь с середины 40-х годов этот процесс был нарушен пуском в эксплуатацию промыслов. С возведением жилых массивов в пос. Бакиханова в 70-х годах усилилось питание озера за счет сбросов, благодаря чему величина минерализации озерных вод составляет 1,9-2,2 г/л. Химический состав Cl-SO₄ -Na и Na-Ca [1, 3, 4].

Озеро Ганлы-гель расположено в западной части г. Баку на 90-100 м выше Ясамальской долины. Площадь озера в 1942-1943 г. составляла всего 0,18 км², а абсолютный уровень воды в нем 89 м. К 1970 г. площадь озера увеличилась до 0,43 км², уровень воды поднялся до 94,6 м, величина минерализации воды превышала 10 г/л. В 1985 г. площадь озера увеличилась до 2,5-3,0 км², уровень воды поднялся до 105,3-105,9 м, величина минерализации уменьшилась до 1,2-1,5 г/л. В химическом составе принимают участие все анионы и катионы. Максимальный уровень воды в озере установился в 1989 г. на отметке 106,9 м. С 1998 г. проложена специальная отводная линия для сброса вод озера в море через городскую канализацию. В результате уровень на конец 2000 г. снизился до отметки 97 м.

Озеро Беюк Шор, располагаясь между пос. Сабунчи, Балаханы, Бинагади и Баладжары, является как бы венцом Бакинского синклинального плато. Оно имеет

неправильную овальную форму. Озеро Бюк Шор занимает особое место среди озер Апшеронского полуострова, как по занимаемой площади, так и по условиям формирования и питания под господствующим влиянием хозяйственной деятельности человека. В начале XX века площадь озера составляла 8,97 км², объем воды в нем 0,5 млн.м³. В 1961 г. площадь зеркала воды в озере составляла 9,98 км², в 1966 г. 10,75 км², в 1990 г. более 12,0 км². С середины 90-годов идет интенсивная засыпка затопляемой озером территории, и ее площадь сокращается. С сентября 1994 г. в эксплуатацию введена насосная станция Бинагадинского района, которая откачивает в городской канализационный коллектор и далее на очистные сооружения пос. Говсаны 35 тыс.м³ стоков пос. Баладжары и Расулзаде, сбрасываемых ранее в озеро Бюк Шор. Величина минерализации озерных вод меняется в основном в пределах 7-10 г/л, химический состав – Cl-SO₄-Na-Mg. Вода озера сильно загрязнена. Степень загрязнения озера представляет опасность для населения [1, 4].

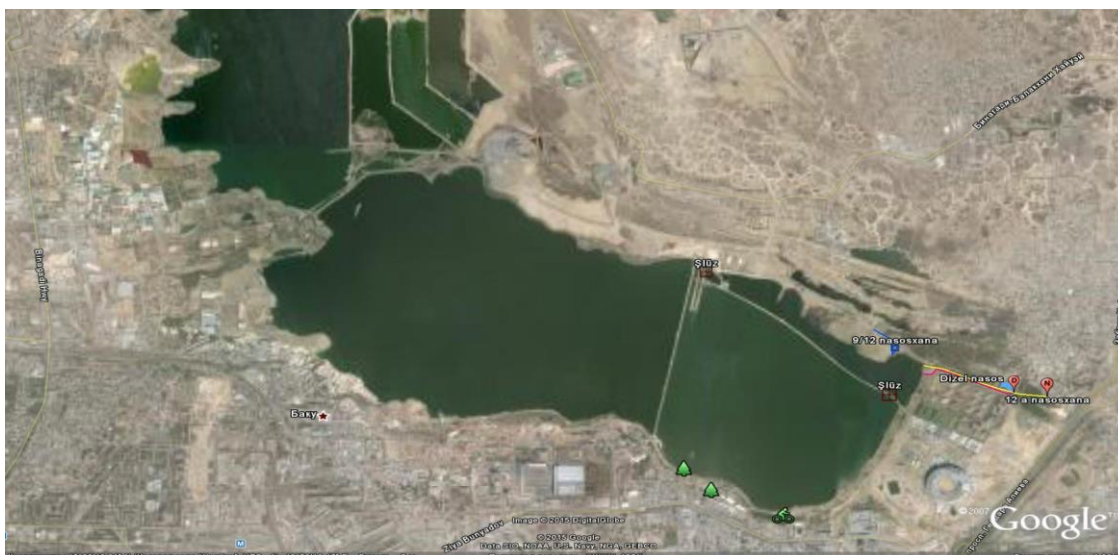


Рис. Схематический план озера Бюк Шор.

Однако 2015 г. во время проведения Европейских игр были проведены ряд работ для улучшения экологического состояния озера Бюк Шор. В работы, проведенные в бассейне озера помимо Азербайджанского государства, была вовлечена Голландская компания "Witteveen+Boss". В рамках проведенных работ озеро было разделено по середине земляной плотиной на 2 части, южную и северную (рис.). Для улучшения геоэкологического состояния озера, согласно 1-ой стадии проведения работ в южной части озера были начаты работы. На начальном этапе были реконструированы системы водоснабжения и канализации всех жилых домов по периметру озера, очищены со дна озера и с поверхности воды нефтяные отходы, были пробурены наблюдательные скважины для контроля режима подземных вод.

В целом, состояние озёр оценивается как неудовлетворительное. Учитывая выше перечисленные факты можно предложить проведения рекультивации, как непосредственно водоёмов, так и их водосборных бассейнов. В состав рекультивационных работ рекомендуется включить мероприятия по организации канализационных систем на водосборах озёр и санитарных зон вокруг водоёмов.

Литература

1. Алекперов А.Б. Апшерон: проблемы гидрогеологии и геоэкологии. Азербайджанская Государственная Книжная Палата. Баку-2000. 484 с.
2. Алекперов А.Б. Закономерности изменения гидродинамических и гидрохимических процессов на Апшероне под влиянием ирригации. Аграрная наука Азербайджана, Баку, 2000, №3-4, с. 146-154.
3. Дзекцер Е.С. Техногенные гидрогеологические системы в организации подземной гидросферы застроенных территорий. В кн.: Подземные воды и эволюция литосферы, т. II, М.: Наука, 1986, с. 375-380.
4. Геология Азербайджана. Том VIII. Гидрогеология и инженерная геология. Баку: "Nafta-Press", 2008, 380 с.

ХИМИЧЕСКИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОГЕННЫХ ВОД КРАСНОРЕЧЕНСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

К.Ю. Бушкарева¹, Е.Г.Калитина¹, Н.А. Харитонова^{1,2}, Г.А. Челноков¹,
И.В. Брагин¹

¹ *Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток, Россия, E-mail: tchenat@mail.ru*

² *Московский государственный университет им. Ломоносова, г. Москва, Россия*

Аннотация. В работе приведены новые данные о химическом и микробиологическом составе техногенных вод хвостохранилищ Краснореченской обогатительной фабрики. Установлено, что на территории хвостохранилищ, происходит интенсивное растворение техногенных отложений, в результате чего формируются воды двух типов: Ca-Mg-SO₄ и Ca-Mg-SO₄-HCO₃. В водах первого типа обнаружены очень высокие концентрации Fe, Mn, Al, Zn, Pb. В процессах окисления руд хвостохранилища активное участие принимают микроорганизмы, наиболее многочисленными являются тионовые и сульфатредуцирующие микроорганизмы.

Abstract. This study presents new data about chemical and microbiological composition of the surface water from tailings pond of Krasnorechensk ore-dressing plant. It is established that two chemical types of surface water (Ca-Mg-SO₄ и Ca-Mg-SO₄-HCO₃) formed into pond during intensive leaching of tailings. In the first type water the high contents of Fe, Mn, Al, Zn, Pb were determined. Some microorganisms play remarkable role in oxidation of the ore-tailing but thiobacteria and sulfate-reducing bacterium is the most widespread in studied waters.

При добыче и переработке сульфидных руд обычно образуются большое количество техногенных отходов, размещаемых в непосредственной близости от места производства. В хвостохранилищах, содержащих токсичные элементы в большом количестве, происходят широкомасштабные процессы окисления остаточных сульфидов и сульфидных руд, которые представляют серьезную угрозу окружающим экосистемам, являясь источником кислых дренажных вод с высокой концентрацией ионов металлов. Микроорганизмы вносят существенный вклад в окислительные процессы и выведение металлов в раствор. Целью настоящей работы является изучение химического и микробиологического состава техногенных вод Краснореченского хвостохранилища и выявление механизмов окисления техногенных отходов.

Объекты и методы

Объектами исследований стали техногенные воды хвостохранилищ Краснореченской обогатительной фабрики (КОФ), расположенных в Дальнегорском районе Приморского края, а также поверхностные воды р.Рудной до и после впадения техногенных вод.

На территории КОФ в настоящее время существуют два хвостохранилища – «старое» и «новое», являющиеся отходами обогащения комплексных оловянно-полиметаллических и серебро-металлических руд Смирновского и Южного месторождений [1]. Отбор проб на химический и микробиологический анализ производился в течении полевого сезона 2013–2015 гг.

Химическое исследование отобранных проб проводилось на базе аналитического центра ДВГИ ДВО РАН: основные катионы и анионы определялись с помощью жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU); содержание редкоземельных и рассеянных элементов были определены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS, Agilent 7700x); образцы грунта и осадков изучались рентгенофазовым анализом на дифрактометре (XRD) MINIFLEX II (съемка сухая, разориентированная).

На микробиологический анализ пробы верхнего окисленного слоя осадков и придонной воды отбирали стерильно в стерилизованную стеклянную посуду объемом 200 мл. Микробиологические посева осуществляли в лабораторных условиях. Изучение количественного и качественного состава микрофлоры хвостохранилищ проводили путем высева соответствующих проб осадков и воды на специально подобранные питательные среды. Численность микроорганизмов различных эколого-трофических групп определяли методом предельных разведений в трех повторностях. Культивирование микроорганизмов проводили в термостате при 25 оС. Наиболее вероятное количество бактерий различных эколого-трофических групп рассчитывали по таблице Мак-Креди. Идентификацию микроорганизмов проводили с помощью морфологических, культуральных и биохимических ("bioMerieux", Франция) методов.

Результаты и обсуждения

Анализ химического состава изученных вод показал, что все исследованные воды можно отнести к водам 2-х типов: Ca-Mg-SO₄ и Ca-Mg-SO₄-HCO₃ (рис.1).

Воды первого типа характеризуются повышенной минерализацией (до 5,6 г/л) и низким значением рН (от 2,8). К первому типу относятся воды правого пруда и ручья «старого» хвостохранилища, а так же воды отстойника и ручья «нового» хвостохранилища. Для этих вод характерны высокие содержания рассеянных элементов, многие из которых превышают предельно допустимые концентрации [3]: Feобщ. (до 748 мг/л; превышает ПДК в 2500 раз), Mn (до 347,6 мг/л; превышает ПДК в 3000 раз), Al (до 47 мг/л; превышает ПДК в 100 раз), Zn (до 71 мг/л; превышает ПДК в 12 раз), Pb (до 0,1; превышает ПДК в 3 раз). Содержание общего органического углерода небольшое (до 4 мг/л). Концентрации РЗЭ низкие.

Водами второго типа являются – воды дальнего пруда «старого» хвостохранилища, воды реки Рудной, воды пруда «нового» хвостохранилища. Особенностью вод второго типа является низкая минерализация (0,1 г/л–0,2 г/л) и значения рН в пределах (5,1–6,1). Содержание РЗЭ низкое (от 0,0002 мг/л до 0,008 мг/л), как и содержание рассеянных элементов. Однако, в пробах реки Рудной зафиксированы повышенные концентрации Mn, Zn и Feобщ., но они не превышают ПДК. Концентрации общего органического углерода низкие (до 2,5 мг/л).

В большинстве изученных вод неорганический углерод преобладает над органическими формами, и только в водах с высоким техногенным загрязнением содержание органического углерода превышает содержание неорганического.

Содержания редкоземельных элементов, в большинстве проб, низкие. Только в двух пробах (В-2 и С-2), содержания РЗЭ высокие (31,31 мг/л и 40,45 мг/л). Так же, в исследуемых водах легкие РЗЭ преобладают над тяжелыми (соотношение – 5/1).

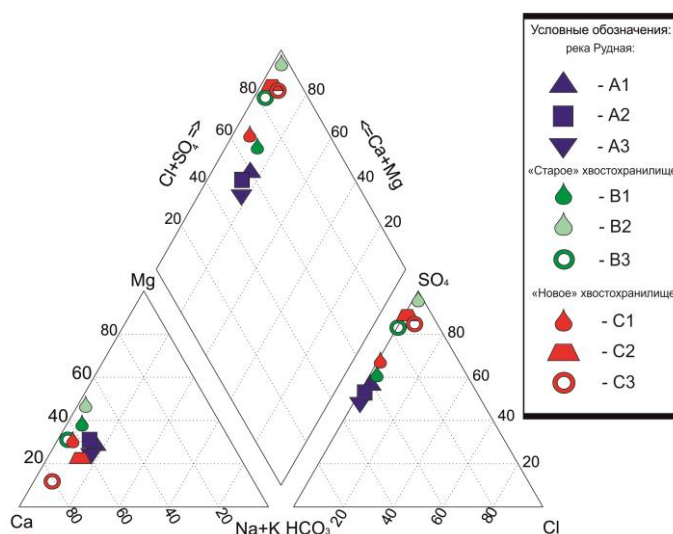


Рис. 1. Химический состав поверхностных вод Краснореченской обогатительной фабрики (Дальнегорский рудный район)

Численность микроорганизмов в Дальнем озере старого хвостохранилища изменяется от 0 до $5,0 \times 10^2$ кл/мл (вода), и от 0 до $0,5 \times 10^5$ кл/г (осадки), при этом в микробоценозе доминируют хемолитотрофные тионовые бактерии, что свидетельствует о процессах бактериального окисления серы на этом хвостохранилище. Выделенные культуры тионовых бактерий в результате идентификации отнесены к видам *Thiobacillus thiooxidans*, *Th. intermedius*. Также в воде озера Дальнего наибольшее развитие получили гетеротрофные нитрификаторы и аммонификаторы, которые осуществляли разложение органических веществ с образованием аммония и его окисления до нитритов и нитратов. В осадках озера Дальнего помимо тионовых бактерий преобладали сульфатредукторы, которые осаждали сульфиды металлов, а также развивались сапрофиты и силикатные бактерии, которые обладали способностью разрушать силикаты кальция.

Численность микроорганизмов в кислых водах и осадках правого озера на старом хвостохранилище варьировала от 0 до $2,5 \times 10^3$ кл/мл (вода) и от 0 до $4,5 \times 10^5$ кл/г (осадки) при этом в составе микробных сообществ в воде и осадках значительно преобладали хемолитотрофные тионовые бактерии, которые окисляли восстановленные соединения серы и железа с образованием серной кислоты. Выделенные ацидофильные тионовые микроорганизмы были идентифицированы как *Thiobacillus ferrooxidans* и *Thiobacillus acidophilus*. Также в осадках правого озера на старом хвостохранилище наиболее многочисленными были аммонийокисляющие бактерии, которые окисляли аммоний до азотной кислоты и силикатные микроорганизмы, наименее были представлены сапрофитные бактерии. Значительную долю в сообществе микроорганизмов правого озера старого хвостохранилища составляли ацидофильные микроскопические грибы, численность которых составляла в кислых осадках $3,0 \times 10^3$ КОЕ/г. Грибы формировали колонии белого, черного и серого цвета на питательных средах (рис. 2). Среди грибов доминировали представители родов *Aspergillus*, *Penicillium* и не идентифицированный представитель.

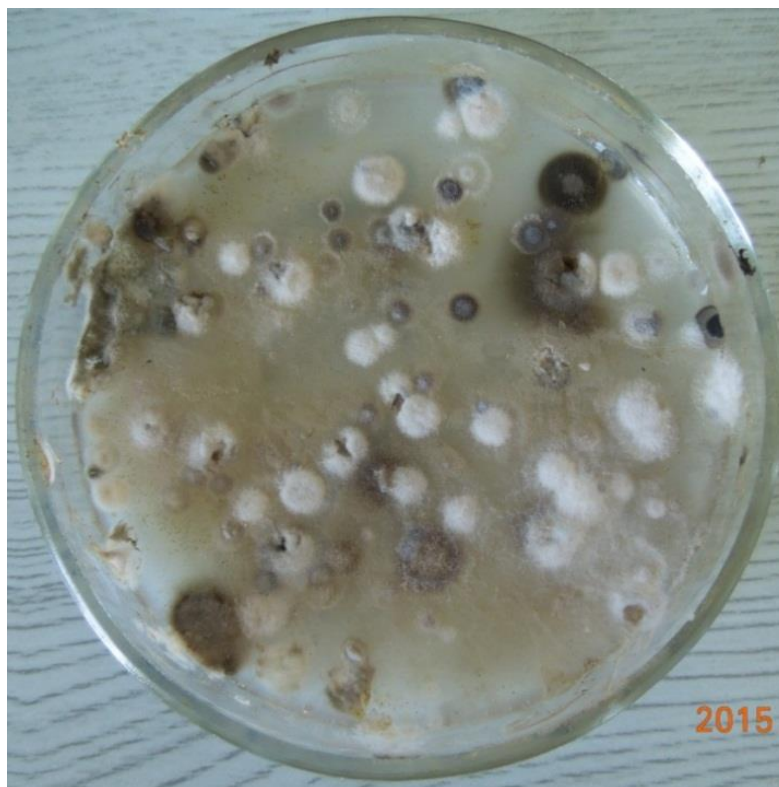


Рис. 2. Морфологические формы микроскопических грибов, выделенных из кислых осадков озера в новом хвостохранилище

Исследование микроорганизмов в новом хвостохранилище показало, в воде и осадках озера численность бактерий в среднем выше, чем в других хвостах, что вероятно связано с более низкими концентрациями тяжелых металлов в озере нового хвостохранилища. Количество бактерий в озере нового хвостохранилища изменялось от 0 до $3,1 \times 10^3$ кл/мл (вода) и от 0 до $1,1 \times 10^7$ кл/г (осадки), при этом в воде преобладали хемолитотрофные тионовые и аммонийоокисляющие микроорганизмы, в осадках были наиболее многочисленными тионовые бактерии, сапрофиты, силикатные микроорганизмы и микроорганизмы цикла азота, что свидетельствует о происходящих в озере хвостохранилища биогенных процессах окисления сульфидных минералов, а также окисления органических веществ до азотной кислоты и др. органических кислот и возможном разрушении алюмосиликатов.

Выделенные тионовые бактерии были идентифицированы как *Th. intermedius*. Стоит отметить, что микрофлора озера нового хвостохранилища существенно отличается от других проб. В посеянных пробах из этого озера преобладает один вид колоний (круглые, мелкие, прозрачные колонии диаметром 1,5 мм). При просмотре в микроскоп были выявлены мелкие неподвижные палочки размером 1,0-1,5 мкм. Также из осадков озера были выделены микроскопические грибы, которые способны разрушать силикаты кальция и окислять железо. Численность мицелиальных грибов в осадках озера составляет $1,5 \times 10^3$ КОЕ/г. Грибы были идентифицированы как род *Penicillium*, *Mucor*.

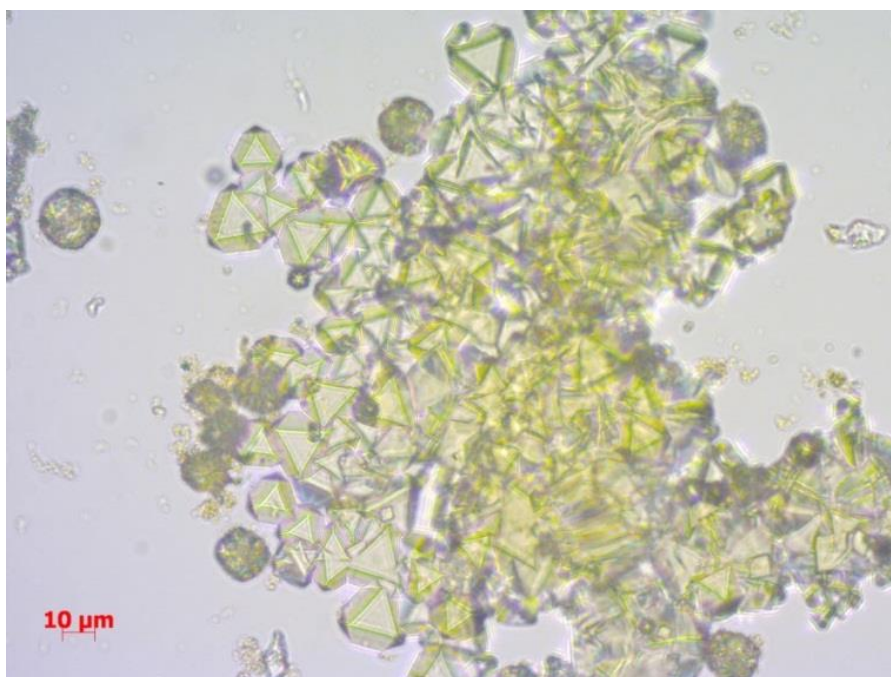


Рис. 3. Формирование минералов ярозита культурами тионовых бактерий при добавлении осадка из ручья нового хвостохранилища

Численность бактерий в воде ручья нового хвостохранилища в среднем невысока и изменяется от 0 до $1,2 \times 10^3$ кл/мл, при этом в микробценозе доминируют тионовые бактерии *Th.thiooxidans*, окисляющие сульфиды металлов, а также сапрофитные микроорганизмы, выделяющие органические кислоты при окислении органических веществ и способствующие выщелачиванию металлов. В отстойнике нового хвостохранилища наиболее широко представлены тионовые бактерии ($2,8 \times 10^3$ кл/мл) видов *Th.thiooxidans* и *Th.ferooxidans*, которые образовывали большие скопления минерала ярозита в питательных средах с добавлением осадка (рис. 3). Также многочисленными являлись хемоавтотрофные аммонийокисляющие бактерии ($1,8 \times 10^3$ кл/мл), которые осуществляли окисление аммония до азотистой кислоты. В отстойнике были отмечены и микроскопические грибы рода *Penicillium*, *Mucor*, *Aspergillus*, численность которых составляла $2,5 \times 10^2$ КОЕ/мл. Выделенные из отстойника грибы были способны осуществлять деструкцию силикатов кальция.

Особенностью вод реки Рудной является высокая численность силикатных ($6,9 \times 10^4$ кл/мл) и азотфиксирующих микроорганизмов ($2,3 \times 10^4$ кл/мл), небольшое количество тионовых бактерий ($1,0 \times 10^2$ кл/мл) и развитие гетеротрофных железо и марганец окисляющих микроорганизмов ($1,5 \times 10^2$ кл/мл, $7,2 \times 10^2$ кл/мл). Высокая численность силикатных бактерий, обнаруженных в реке, является индикатором происходящих в ней процессов окисления силикатов кальция. Развитие тионовых бактерий в водах реки Рудной свидетельствует о наличии в ней восстановленных соединений серы.

Исследование микрофлоры в осадках ручья старого хвостохранилища показало, что микроорганизмы по периметру ручья распределены неравномерно: в начале ручья численность эколого-трофических групп бактерии варьировала от 0 до $2,5 \times 10^6$ кл/г, при этом в микробном ценозе преобладают сульфатредуцирующие ($2,5 \times 10^6$ кл/г), тионовые ($9,5 \times 10^4$ кл/г) и сапрофитные бактерии ($3,6 \times 10^4$ кл/г). Хемолитотрофные тионовые бактерии окисляют железо и серу с образованием осадка бурого цвета и представлены родами *Th. thiooxidans*, *Th. ferooxidans*. В отобранных пробах осадков ручья ниже

поверхности наблюдается образование черных зон, что свидетельствует о деятельности сульфатредуцирующих бактерий. Также в ручье широко представлены силикатные ($2,2 \times 10^4$ кл/г), гетеротрофные марганцевосстанавливающие ($1,7 \times 10^4$ кл/г) и железоокисляющие микроорганизмы ($1,5 \times 10^4$ кл/г). В начале ручья в осадках широко распространены микроскопические грибы – их численность достигает $0,7 \times 10^4$ кл/г.

В конце ручья старого хвостохранилища численность микроорганизмов в осадках изменялась от 0 до $9,5 \times 10^6$ кл/г, при этом преобладают тионовые ($9,5 \times 10^6$ кл/г), денитрифицирующие ($4,5 \times 10^5$ кл/г) и сульфатредуцирующие бактерии ($9,5 \times 10^4$ кл/г). Тионовые микроорганизмы окисляют восстановленные соединения серы до сульфатов, а ионы двухвалентного железа до трехвалентного, при этом доминируют представители родов *Th. ferrooxidans* и *Th. intermedius*. Также были многочисленны аммонийокисляющие бактерии, численность которых в осадках ручья достигала $9,5 \times 10^3$ кл/г. Клетки аммонийокисляющих бактерий имеют необычную форму в виде знака бесконечности и достаточно большие размеры 3,5–6 мкм в длину, что может быть связано с морфологическими деформациями в результате воздействия высоких количеств тяжелых металлов и редкоземельных элементов. Здесь же ручья в осадках старого хвостохранилища были обнаружены грибы, численность которых составила $5,2 \times 10^2$ кл/г. Эти грибы, среди которых доминировали представители рода *Rhizopus*, Мисог, осуществляли азотфиксацию, окисляли силикаты кальция.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в воде и осадках старого и нового хвостохранилищ распространены различные ассоциации физиологических групп микроорганизмов, совместно участвующих в геохимических процессах окисления сульфидных руд. При этом наиболее многочисленными во всех исследуемых пробах являются тионовые и сульфатредуцирующие микроорганизмы, что дает основание считать, что они участвуют в процессах окисления серы и железа, а также восстановления сульфатов в воде и осадках хвостохранилищ.

Работа выполнена при поддержке проекта Российского научного фонда, проект РНФ № 14-17-00415.

Литература

1. Зорин С.А., Гревцева В.В., Харитоновна Н.А. Эколого-геохимическая оценка состояния поверхностных вод и особенности минерального состава техногенных образований хвостохранилищ Дальнегорского рудного узла (Приморский край, Россия). Материалы II Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». Владивосток. 2015. С.412-416.
2. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. М.: Изд-во стандартов, 1995.
3. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. М.: Изд-во стандартов, 1985.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ТАТАУРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БУРОГО УГЛЯ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

А.Г. Верхотуров, И.Б. Размахнина

Забайкальский государственный университет, г.Чита, Россия, E-mail: weral0606@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы основные источники и виды воздействия на окружающую среду при эксплуатации угольного разреза «Восточный» на Татауровском буроголовном месторождении в Забайкалье. Установлено, что при разработке месторождения происходит деградация многолетнемерзлых пород, сопровождающаяся снижением устойчивости и несущей способности горных пород в бортах разрезов, формированием оползней, высокими водопритоками.

Abstract. Considered and analyzed the main sources and types of environmental impact during the operation of the coal mine "Vostochniy" on Tataurovskiy brown coal deposit in the Transbaikalian region. It was found that the development of deposits of the degradation of permafrost, accompanied by a decrease in the stability and the bearing capacity of the rock in the pit side, the formation of landslides, high inflows of water.

Татауровское буроголовное месторождение, одно из крупных месторождений Забайкалья, расположено в северо-восточной части Улётовского района Забайкальского края, в 60 км от г.Чита. Добычу угля на Татауровском месторождении ведет разрез «Восточный» ООО «Читауголь» с 1982 года. Месторождение приурочено к центральной части Читино-Ингодинской впадины и расположено в долине р. Ингода, на обоих ее берегах. Рельеф района сильно расчленен. Читино-Ингодинская впадина ограничена с северо-запада Яблоневым хребтом с юго-востока хребтом Черского. Непосредственно на территории месторождения протекают небольшие притоки р.Ингода: р. Жипкоша, р. Каменка, р. Житкомыл, р.Гнилушка, р.Нарымка и р.Красная.

В геологическом отношении Татауровское месторождение расположено на границе двух палеозойских структурных зон Центрального Забайкалья – Хилокской и Даурской. Хребты сложены разнообразным комплексом метаморфических изверженных пород, имеющих возраст от протерозоя до нижнего мезозоя включительно, а области их предгорий и заключенные между ними котловины заполнены осадочными отложениями верхнемезозойского и четвертичного возрастов.

Месторождение входит в состав Татауровской структуры, которая ограничивается бортами Ингодинской депрессии на северо-западе и юго-востоке, а также выступами кристаллического фундамента на северо-востоке и юго-западе. Общая протяжённость структуры равна 32 км, ширина 12 км [2]. По условиям залегания месторождение представляет собой замкнутую мульду (рис.1).

Ширина мульды в центральной части месторождения составляет 5,4 км, длина 14 км. Площадь месторождения в контуре нижнего пласта III составляет 50,2 км². Общая площадь горного отвода месторождения составляет 2,7 тыс.га. Углы падения слоев пород и углей восточного крыла мульды составляют 3-4°, редко достигая 5-6°. К центру мульды пласты выволаживаются до 1-2°. Западное крыло месторождения почти повсеместно имеет углы падения слоев равные 7-8°. В юго-восточной части месторождения мульда осложнена антиклинальным перегибом. В восточной части месторождения имеются локальные подвижки фундамента, приведшие к сближению угольных пластов. В результате этого на двух участках восточного крыла месторождения пласты II и III оказались слитыми в один пласт. Угольные пласты входят в состав двух горизонтов: 1 – мощных угольных пластов и 2 – частого

переслаивания, включающих до 15 пластов мощностью от 0,1 до 19,8 м. Промышленное значение для разработки имеют угольные пласты I, II, III, и верхний III^а.

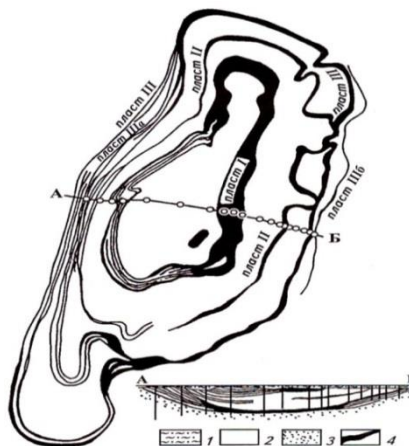


Рис. 1. Схематическая карта выхода угольных пластов и геологический разрез Татауровского бурогоугольного месторождения [1]: 1 – четвертичные отложения; 2 – тингинская свита, верхний горизонт; 3 – тингинская свита, нижний горизонт; 4 – угольные пласты

По геологическому строению и условиям залегания угольных пластов месторождение благоприятно для разработки открытым способом, но добыча угля затруднена сложными гидрогеологическими и гидрологическими условиями, которые определяются: 1 – гидравлической связью подземных вод месторождения с поверхностными водами р. Ингода, 2 – периодическими затоплениями площади месторождения паводковыми водами, 3 – высокой водообильностью вскрышных пород, 4 – наличием многолетней мерзлоты при сложной конфигурации ее распространения.

Ежегодно на месторождении добывается около 1,5 млн.т. угля. На разрезе «Восточный» применяется комбинированная система разработки с использованием на бестранспортной вскрыше экскаваторов-драглайнов, а на транспортной вскрыше экскаваторов механических. При производстве на месторождении применяются буровзрывные работы. Вскрышные породы автосамосвалами вывозятся в выработанное пространство. Добываемый уголь автосамосвалами из забоев транспортируются до перегрузочного железнодорожного тупика.

При анализе техногенного воздействия на окружающую среду района Татауровского бурогоугольного месторождения выявлены основные источники и установлены негативные последствия (табл.1).

Таблица 1

Последствия техногенных воздействий на окружающую среду

Техногенное воздействие	Негативные последствия
Взрывные работы	Загрязнение атмосферы
Выемка вмещающих пород и угля	Обвалы, осыпи, оползни, эрозия
Откачка карьерных вод	Деградация многолетней мерзлоты, эрозия
Создание дренажных каналов	Наледные процессы, эрозия, деградация многолетней мерзлоты,
Строительство отвалов, насыпей, карьеров	Обвалы, осыпи, оползни, эрозия, деградация многолетней мерзлоты
Сброс карьерных вод в поверхностные водотоки	Загрязнение гидросферы
Работа горнотранспортного оборудования	Загрязнение атмосферы

Загрязнение воздушного бассейна при разработке месторождения происходит при буровзрывных и вскрышных работах, отбойке, погрузке и транспортировке вскрышной массы и угля. Необходимо отметить, что состояние атмосферы в районе месторождения осложняется климатическими условиями Забайкалья. Это обусловлено господствующим здесь антициклональным режимом погоды в холодный период года, когда формируются мощные приземные инверсии, препятствующие вертикальному перемещению воздушных потоков [3].

Извлечение из недр большого объема горной массы и размещение ее в отвалы приводит к нарушению значительного пространства, как по площади, так и по глубине. Создание отвалов, насыпей, дамб, карьеров, выемок, траншей приводит к преобразованию рельефа (рис.2). На поверхности отвалов образуются эрозионные борозды, а в бортах карьеров по добыче угля получают развитие такие негативные процессы, как обвалы, осыпи, оползни объемом от 6 до 60 тыс. м³, причиной которых является слабая устойчивость пород при их водонасыщении.



Рис. 2. Формирование отвалов на угольном разрезе Татауровского месторождения

Месторождение характеризуется сложными мерзлотно-гидрогеологическими условиями (табл. 2). В процессе разведки месторождения скважинами между р.Ингода и разрезной траншеей I пласта, на расстоянии 500 – 600 м от реки были вскрыты островные многолетнемерзлые породы (ММП) [4]. Они представлены рыхлыми четвертичными старичными фациями аллювия и верхней частью разреза углевмещающих пород. Мощность ММП составляет в среднем 40 м, а протяженность до 1200 м. Это существенно уменьшает водопритоки со стороны р.Ингода.

Таблица 2

Характеристика многолетнемерзлых пород на Татауровском угольном месторождении

Балансовые запасы бурых углей, млн.т	Мощность ММП, м	Температура ММП, °С	Распространение ММП на площади месторождения
496	0-80	-1,5 ÷ -2	Островное 10-15%

На Татауровском месторождения выделены 3 водоносных комплекса пластовых и трещинно-пластовых вод:

- водоносный комплекс современных четвертичных аллювиальных отложений р.Ингоды (аQ_{IV});

- водоносный криогенно-таликовый нижнемеловой комплекс угленосной кутинской свиты (K_1kt);

- водоносный нижнемеловой комплекс непродуктивной тигнинской свиты (K_1tg).

Основную роль в обводнении верхней части месторождения играет мощный 8-12 м слой галечников, на участке древнего переуглубленного русла р. Ингода – мощностью более 30 м. Коэффициенты фильтрации комплекса в среднем составляют 70 м/сут, а водопроницаемость пласта достигает 2439 м²/сут. Питание комплекса осуществляется, в основном, за счет инфильтрации поверхностных вод р. Ингода в западной части месторождения. В юго-восточной части месторождения, у границы впадины породы комплекса с глубины 3 м находятся в многолетнемерзлом состоянии [1].

Водоносный криогенно-таликовый нижнемеловой комплекс угленосной кутинской свиты (K_1kt) гидравлически связан с вышележащим водоносным горизонтом, но средние коэффициенты фильтрации песчаников и углей составляют 2,44 м/сут. Тесная гидравлическая связь комплексов обуславливает высокую обводненность пород и угля на месторождении. Водопритоки в разрез составляют 4100 м³/час, что требует проведения комплекса осушительных мероприятий и значительных затрат на откачку карьерных вод, создание дренажных траншей, прудов-накопителей карьерных вод (рис.3).



Рис. 3. Пруд-накопитель карьерных вод в северной части месторождения

Расширение карьера, деградация мерзлых пород на участках островов ММП приводит к увеличению водопритоков и, соответственно, к возрастанию объемов карьерных вод, сбрасываемых без очистки в р.Ингода, что является одним из основных факторов воздействия на поверхностные воды. В паводковые периоды возможно затопление зоны горных работ паводковыми водами, что также негативно сказывается на состоянии поверхностных вод. Откачки карьерных вод в холодный период года вызывают образование наледей.

В результате исследований выявлено, что основной причиной экологических проблем в районе месторождения является техногенное воздействие на геологическую среду, которое выражается в загрязнение подземных и поверхностных вод, атмосферного воздуха, почв и растительности в контуре месторождения. Эти воздействия приводят к изменению свойств геологической среды, ландшафтов и гидродинамической обстановки.

Таким образом, необходим мониторинг за состоянием атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод, природной среды в целом для предупреждения возможного отрицательного воздействия разреза «Восточный»,

особенно при отработке основной части месторождения, расположенной под руслом р. Ингода.

Литература

1. Беляков Александр Евгеньевич. Инженерно-физические методы повышения эффективности открытой разработки месторождений в сложных гидрогеологических условиях юга криолитозоны: на примере угольных месторождений юга Забайкалья: // Чита, ЧитГУ, 2000. 157 с.
2. Дорофеев В.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Обоснование организационно-технологических методов ведения горных работ в сложных горнотехнических и геокриологических условиях открытой разработки угольных месторождений: на примере разреза "Восточный» // Чита, ЗабГУ, 2005. 172 с.
3. Наркелюн Л.Ф., Офицеров В.Ф. Комплексное использование ископаемых углей // Чита: Поиск, 2000. 270 с.
4. Угольная база России. Том IV: Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья) // Москва: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.

ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ЖАЙРЕМСКОГО ГОКА

С.Ж. Жапарханов¹, Ж. Ерикулы¹

¹*Казахский национальный технический университет им.К.И.Сатпаева г.Алматы, Республика Казахстан, E-mail: yerikuly@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены экологические факторы загрязнения подземных вод и меры их предотвращения. Даны конкретные рекомендации.

Abstract. Analyzed the environmental factors of groundwater pollution and measures to prevent them. Showing concrete recommendations.

Все объекты эксплуатационного Жайремского ГОКа, центральная промзона, рудники Ушкатынский, Западный, Дальнезападный расположены на слабовсхолмленной равнине, сложенной эоловыми полужакрепленными бугристыми песками. Абсолютные отметки рельефа варьируют в пределах 400-410м на., с направлением общего уклона поверхности с СВ на ЮЗ. Севернее основных объектов прослеживается в рельефе вытянутый в субширотном направлении увал, с абсолютной отметкой 400-430м, приподнятый над окружающими участками долины р.Сарысу (север) и Жайремского месторождения (юг) 10-30м и контролирующий направление поверхностного стока, т.е является местным водоразделом. Участки сезонного транзита талых вод, русла временных водотоков линейно вытянуты в направлении местного базиса эрозии р.Баир, не имеющей на период обследования поверхностного стока. В пойме выделяются заболоченные и солончаковые участки. В пределах рассматриваемой территории сконцентрирован целый ряд техногенных объектов-возможных источников загрязнения природной среды, в том числе и подземной гидросферы.

В экологическом отношении район месторождения представляет собой область развития как природных ландшафтов, так и в различной степени техногенно-измененных ландшафтов и относится к Атасу Каражальскому горнодобывающему геоэкологическому району Центрального Казахстана.

В соответствии с разработанной схемой геоэкологического районирования Казахстана среди факторов, определяющих экологическую дестабилизацию

окружающей среды, в районе работ выделяются природные факторы-опустынивание, дефляция и антропогенные факторы-горнодобывающая промышленность. По экологической ситуации район месторождения относится к напряженной.

В качестве объектов хозяйственной деятельности, являющиеся действительными и потенциальными агентами загрязнения и деградации природной среды, выделены объекты в различной степени нарушающие геологическую и окружающую среду. Так, занимающий значительную площадь на территории месторождения карьер, нарушает геологическую среду на глубине. В таблице 1 показаны источники загрязнения Жайремского промузла.

Таблица 1
Основные виды и результаты воздействия горного производства на окружающую среду

Элементы биосферы	Воздействие на элементы биосферы	Результаты воздействия
Недра	Проведение горных выработок. Извлечение полезных ископаемых вмещающих и вскрышных пород. Осушение месторождения. Возгорание полезных ископаемых и пустых пород. Захоронение вредных веществ и отходов производства. Сброс сточных вод.	Изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Снижение качества полезных ископаемых и промышленной ценности месторождений. Загрязнение недр. Развитие карстовых процессов. Потери полезных ископаемых.
Земля, почвы	Проведение горных выработок, сооружение отвалов, гидроотвалов, хвосто- и водохранилищ. Строительство промышленных и гражданских зданий и сооружений. Прокладка дорог и других видов коммуникаций.	Деформация земной поверхности. Нарушение почвенного покрова. Сокращение площадей продуктивных угодий различного назначения. Ухудшение качества почв. Изменение облика территории. изменение состояния грунтовых и поверхностных вод. Осаждение пыли и химических соединений вследствие выбросов в атмосферу. Эрозионные процессы.
Воздушный бассейн	Организованные и неорганизованные выбросы в атмосферу пыли и газов.	Загрязнение (запыление и загазовывание) атмосферы
Водный бассейн: Воды подземные Воды поверхностные	Осушение месторождения, сброс сточных и дренажных вод. Осушение и пернос поверхностных водоемов и водотоков, сброс сточных и дренажных вод, водозабор для технических и бытовых нужд предприятий.	Уменьшение запасов подземных, грунтовых и поверхностных вод. Нарушение гидрогеологического и гидрологического режимов водного бассейна. Загрязнение водного бассейна сточными и дренажными водами. Ухудшение качества вод в результате неблагоприятных изменений гидрохимических и биологических режимов поверхностных и подземных вод.
Флора и фауна	Промышленное и гражданское строительство. Нарушение почвенного покрова. Изменение состояния грунтовых и поверхностных вод. Запыление и загазовывание атмосферы. Производственные и бытовые шумы.	Ухудшение условий обитания степной и водной флоры и фауны. Миграция и сокращение численности диких животных. Угнетение и сокращение видов дикорастущих растений. Снижение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства, рыбного хозяйства.

Среди объектов, нарушающих геологическую и окружающую среду на поверхности, отмечаются строения, котельной, электроподстанций и горнопромышленные объекты-обогащительная фабрика с ее службами, прирельсовые склады, природные отвалы забалансовых руд, шламоотстойник и д.р.

Степень нарушения геологической и окружающей среды здесь интенсивная, так как практически все элементы природного ландшафта изменены на 70-80%. К средней степени нарушения ландшафтов (растительный покров нарушен на 70-80%, орографические элементы ландшафта изменены незначительно) отнесены транспортные и энергетические коммуникации: шоссейная дорога Жайрем-Жомарт, грунтовые дороги, а также линии ЛЭП высоких напряжений и линии связи.

Ландшафты этих типов по способности к самовосстановлению могут рассматриваться как малоустойчивые и неустойчивые.

В настоящее время на руднике Ушкатын-3 насчитывается 25 источников выбросов, из них 2 организованных и 23 неорганизованных.

К организованным источникам относятся марганцевая обогатительная фабрика и котельная. Группа неорганизованных источников включает следующие объекты: карьер, породный отвал, отвалы забалансовых руд, ПДСУ, усреднительный склад, прирельсовые склады руд, склады при котельной, склад ГСМ, а также токарный, сварочный и аккумуляторный участки механического цеха. Кроме того, имеются и передвижные источники выбросов-автотранспорт.

Так главные источники и виды воздействия на экологию и окружающую среду на месторождении Ушкатын-3 являются следующие объекты:

- отвалы вскрышных пород;
- отвалы забалансовых руд;
- обогатительная фабрика и ее цеха;
- шламоотстойник;
- котельная, склады угля и золы;
- автотранспорт.

Как известно, открытый способ добычи полезных ископаемых оказывает сильное воздействие практически на все компоненты окружающей среды: недра, земли (почвы), воздушный и водный бассейны, флору и фауну. Основные виды и возможные результаты воздействия горного производства на окружающую природную среду показаны в таблице 1.

Мероприятия по охране и рациональному использованию водных ресурсов обеспечивают предупреждение загрязнения водных объектов и рациональное использование водных ресурсов, обоснования принятия схем водоснабжения, очистки и отведения сточных вод. Они направлены на совершенствование:

- *технологии основного производства. С заменой водоемких технологических процессов безводными или маловодными, т.е.:*

Внедрение бессточных технологических процессов;

Внедрение автоматического контроля и регулирования водного режима в водоемких технологических процессах;

- *систем канализации и очистки сточных вод, т.е.:*

Внедрение эффективных методов очистки сточных вод, обеспечивающих снижение концентрации вредных примесей до уровня удовлетворяющего действующим нормам и правилам;

Внедрение способов водоотведения, исключающих сброс сточных вод в водоемы;

Разработку и внедрение систем автоматического контроля и регулирования процессов очистки сточных вод;

Разработку и внедрение схем организованного отвода и методов очистки поверхностного стока с территории рудника;

Внедрение технически обоснованных норм и нормативов водоотведения;

Внедрение организационных мероприятий, направленных на рациональное водопотребление, уменьшение водоотведения и улучшения качества сточных вод.

Таким образом, предусмотренные на первом этапе мероприятия по охране и рациональному использованию водных ресурсов, решения по очистке сточных вод и организованному отводу и очистке стоков с территории рудника Ушкатын-3 и промплощадки, позволяют существенным образом снизить негативное влияние на окружающую среду и водный бассейн рудника и промплощадки.

Анализ расчетов рассеяния, выполненных по 16 вредностям (пыли общей, пыли с содержанием SiO₂ 20%. Пыли марганца, окиси железа, сернистому свинцу, бариту, окиси цинка, фтористому водороду, фторидам, сернистому ангидриду, двуокиси азота, окиси углерода, этилацетату, сольвенту и керосину), показал, что на границе санитарно-защитной зоны будут достигнуты санитарные нормы. Строительство объектов I этапа, с учетом заложенных в проекте атмосфероохранных мероприятий окажет незначительное влияние на загрязнение атмосферы в районе размещения рудника и позволит сохранить чистоту атмосферного воздуха в жилой зоне, находящейся на расстоянии 17км от рудника.

Литература

1. Гидрогеология СССР т. XXXIV, Карагандинская область, М., Недра, 1970, 564 с.
2. Ерикулы Ж. Гидрогеологические условия Актогайского района, материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе», Алматы, Казахстан, 64-70 сс.
3. Жапарханов С.Ж. Подземные воды горнорудных районов Центрального Казахстана, А., Наука, 1975, 18 с.
4. Жапарханов С.Ж., Исаков Н.К., Гидрогеология Жайремского горнорудного района. А., КазНТУ им.К.И.Сатпаев, 2003, 140 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ПОЛИГОНА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

А.И. Зыков

Сибирский химический комбинат, Северск, Россия, E-mail: lgtm@sibmail.com

Аннотация. В настоящей работе описывается автоматизированный информационный комплекс для сбора, хранения и обработки информации, получаемой в процессе мониторинга полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината. Предложенные принципы построения и структура комплекса могут быть использованы для создания информационных систем, предназначенных для обеспечения экологической безопасности различных геотехнологических систем.

Abstract. This paper describes an automated information system for collecting, storing and processing the information obtained in the course of monitoring the landfill of deep disposal of liquid radioactive waste of the Siberian Chemical Plant. The proposed principles and structure of the complex can be used for creation of information systems for environmental safety of various geotechnical systems.

Одним из методов обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) является захоронение в глубоко залегающие пористые геологические формации (пласты-коллекторы) [2]. Захоронение осуществляется через сеть нагнетательных скважин на специально оборудованных полигонах, которые представляют собой сложные природно-антропогенные системы. Отличительной особенностью

эксплуатации полигона ЖРО является труднодоступность пласта-коллектора для непосредственного наблюдения и сложность управления происходящими в нем процессами. Поэтому обеспечение безопасной эксплуатации полигона требует постоянного мониторинга состояния глубинных хранилищ. Мониторинг выполняется через систему контрольных скважин с помощью проведения гидродинамических, геохимических и геофизических измерений. При выполнении геотехнологического мониторинга образуется значительное количество разнородных данных, эффективное использование которых возможно с помощью специализированных информационных систем [1].

Описываемый автоматизированный информационный комплекс предназначен для сбора, хранения, анализа и обработки информации, получаемой в процессе эксплуатации полигона глубинного захоронения ЖРО, и реализован на Сибирском химическом комбинате. Основные типы информации о техногенном воздействии на пласт-коллектор, состоянии глубинного хранилища и подземных сооружений (скважин) следующие:

– гидродинамическая (динамика изменения давления и расхода, время работы скважины, уровень пластовой жидкости, динамика изменения уровня пластовой жидкости при опытно-фильтрационных работах);

– химическая (полевые и лабораторные результаты анализов проб пластовой жидкости);

– геофизическая (результаты геофизических исследований скважин: гамма-, термо-, электро-, видеокаротажа, акустической цементометрии, электромагнитной дефектоскопии);

– технологическая (конструкция, назначение и текущее состояние скважины);

– геологическая (стратиграфическая и литологическая информация).

Информационный комплекс состоит из технических и программных средств. К техническим средствам относятся контрольно-измерительные приборы (КИП), регистраторы, аппаратные средства информационной системы (ИС). К программным средствам относится системное и прикладное программное обеспечение. Структура информационного комплекса и информационные потоки показаны на рисунке 1.

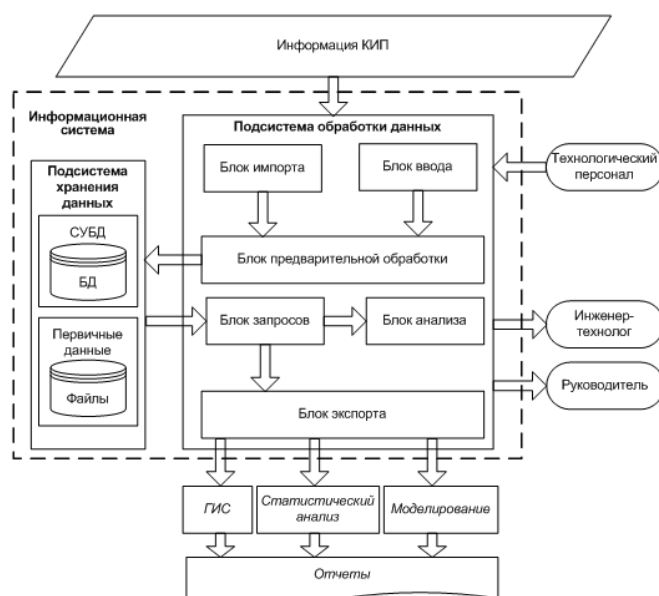


Рис. 1. Структура информационного комплекса

ИС комплекса состоит из подсистем хранения и обработки данных. Подсистема хранения позволяет накапливать информацию в базе данных (БД), а также содержит всю первичную информацию в виде файлов. База данных обеспечивает надежное централизованное хранение разнородной информации о полигоне глубинного захоронения ЖРО и одновременный доступ к ней нескольких пользователей. СУБД обеспечивает эффективный поиск и выборку необходимых данных по запросам пользователя. Использование реляционной СУБД обеспечивает возможность интеграции с другими программами в рамках информационного комплекса и позволяет разграничить права пользователей на доступ к данным.

Подсистема обработки данных обеспечивает ввод, анализ, обработку и представление информации, а также импорт/экспорт данных при взаимодействии между блоками комплекса и другими программами. Подсистема обработки состоит из шести функциональных блоков. Блок импорта позволяет получать данные в электронном виде из файлов различного формата. Блок ввода обеспечивает ручной ввод данных, их входной контроль на непротиворечивость с уже имеющейся информацией и проверку ошибок. Первичные данные в блоке предварительной обработки при необходимости пересчитываются в заданные физические величины с учетом калибровок, а также производится коррекция их привязки по глубине. Блок запросов обеспечивает поиск и выборку информации из подсистемы хранения для использования в других блоках ИС или предоставления ее пользователю. Блок анализа позволяет представлять данные в виде таблиц и графиков, а также проводить простую статистическую обработку. Представление информации в удобном для анализа виде позволяет принимать оперативные решения по изменению режима эксплуатации полигона. Анализ информации выполняется также в пакетах, поставляемых в составе цифровых регистрирующих комплексов, которые работают непосредственно с первичными данными. Блок экспорта обеспечивает преобразование данных в необходимый вид и формат для передачи в другие программные средства, предназначенные для решения различных задач, например, пространственного анализа и визуализации данных, статистической обработки данных, гидрогеологического, геохимического и геофизического моделирования.

Предложенная структура информационного комплекса позволяет использовать специализированное программное обеспечение сторонних разработчиков и обеспечивает простое расширение функциональности информационного комплекса в целом практически без изменения ИС, являющейся ядром комплекса.

Источниками первичной информации для информационного комплекса являются КИП. По режиму работы КИП делятся на стационарные, скважинные и переносные. Стационарные КИП (манометры, расходомеры, уровнемеры) устанавливаются на технологическом оборудовании, нагнетательных и контрольных скважинах для сбора информации в непрерывном режиме. Скважинные (геофизические) приборы используются для получения информации на скважинах в периодическом режиме. Переносные КИП (электроуровнемеры, химические анализаторы и т.д.) используются для выполнения измерений в полевых условиях. Данные КИП фиксируются в цифровом виде в файлах различного формата или технологическим персоналом в оперативных документах. Соответственно, первичная информация может быть представлена в электронном виде или на бумажном носителе.

ИС комплекса реализована в рамках клиент-серверной архитектуры на базе СУБД Microsoft Access с использованием языка программирования Visual Basic for Applications (VBA) и имеет дружественный пользовательский интерфейс. Для импорта и предварительной обработки данных применяются программы сторонних

производителей [3]. Информация в подсистеме хранения содержится в реляционной базе данных и хранилище файлов различного формата. В виде файлов в основном хранятся первичные данные, полученные цифровыми регистрирующими комплексами. В базе данных централизованно хранится вся информация о скважинах и других объектах наблюдения (место расположения, назначение, состояние, конструкция, литология); первичная и обработанная фактографическая информация (уровни пластовой жидкости, результаты опытно-фильтрационных опробований и химических анализов проб, результаты геофизических исследований); справочные и вспомогательные данные и документация. СУБД обеспечивает авторизацию и аудит доступа пользователей к информации. Для обеспечения безопасности данных пользователю предоставляются минимальные необходимые права на доступ к БД.

Информационный комплекс используется на всех стадиях сбора и обработки данных, получаемых в процессе эксплуатации полигона глубинного захоронения ЖРО. Сочетание клиентских приложений образует автоматизированное рабочее место (АРМ), состав которого определяется должностными обязанностями персонала. Инженер-технолог использует АРМ для ввода и предварительной обработки первичных данных. В результате происходит сбор и накопление актуальной и непротиворечивой информации. АРМ инженера-технолога позволяет решать следующие расчётно-аналитические задачи:

- строить графики уровня пластовой жидкости, концентраций анализируемых компонентов, изменения уровня пластовой жидкости в процессе опытно-фильтрационных опробований;
- оценивать состояние прифильтровой зоны скважины и гидродинамические свойства водоносного горизонта;
- выявлять тенденции в изменении состояния прифильтровой зоны в процессе эксплуатации скважины.

АРМ инженера-технолога или руководителя позволяет строить карты геофизических полей, концентраций анализируемых компонентов, гидродинамические поверхности горизонтов, производить пространственную визуализацию и статистическую обработку данных, подготавливать данные для моделирования физико-химических процессов в пласте-коллекторе.

Представленный информационный комплекс позволяет решать следующие задачи информационного обеспечения безопасной эксплуатации полигона глубинного захоронения ЖРО: сбор, хранение, анализ и обработка больших объемов разнородных данных. Комплекс обеспечивает оперативный доступ и визуализацию информации, быструю и качественную подготовку отчетных материалов. Благодаря модульной организации информационный комплекс допускает независимую модернизацию блоков и расширение функциональности. В рамках комплекса выполняется интеграция функциональных модулей в АРМ, обеспечивается взаимодействие с другими информационными системами. Полное использование всех доступных данных, используемых для моделирования состояния пласта-коллектора, увеличивает точность прогнозных расчетов. Применение комплекса повышает безопасность и эффективность эксплуатации полигона глубинного захоронения ЖРО, позволяя принимать управленческие решения, основанные на актуальной и достоверной информации. Предложенные принципы построения и структура комплекса могут быть использованы для создания ИС экологического мониторинга сложных природно-антропогенных систем различного назначения.

Литература

1. Крапивин В.Ф., Шутко А.М., Чухланцев А.А., Потапов И.И. Информационные системы экологического мониторинга // Экологические системы и приборы, 2004. – №4. – С.3-8.
2. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. – М.: ИздАТ, 1994. – 256с.
3. Степной В.С., Лунев Е.М., Журиков С.А., Санаров А.Г., Бабок В.Н., Князев В.В. Регистрирующие системы "Геофит" // Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности: Сб. трудов ОАО НПФ "Геофит" ВНК. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С.86-94.

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗНООБРАЗИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ КАМЧАТКИ (РОССИЯ)

Е.Г. Калитина¹, Т.В. Никулина², Н.А. Харитоновна¹, Е.А. Вах^{1,3}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, E-mail: microbiol@mail.ru, tchenat@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, E-mail: nikulina@biosoil.ru

³ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия, E-mail: adasea@mail.ru

Аннотация. В сентябре 2013 г. были изучены таксономический состав и структура сообществ микроорганизмов (бактерий и диатомовых водорослей) трех термальных источников Камчатки (Малкинских, Начикинских и Верхне-Паратунских). Численность бактерий в микробных матах была значительно выше, чем в термальных водах источников. Наибольшее видовое разнообразие диатомей и бактерий из различных эколого-трофических групп отмечено в Начикинских гидротермах. В водах и микробных матах термальных источников преобладали бактерии рода *Bacillus*. В перифитонных сообществах горячих источников выявлено 94 вида, разновидности и формы диатомовых водорослей, из которых доминировали *Achnanthes exigua*, *Nitzschia amphibia*, *Planothidium lanceolatum*, *Rhopalodia acuminata*, *Caloneis bacillum* и *Cymbella* aff. *pusilla*.

Abstract. Taxonomic composition and structure of microorganism's communities (bacteria and diatoms) of three hot springs (Malkinskiye, Nachikinskiye and Verhne-Paratunskiye) from Kamchatka were studied in September, 2013. The number of bacteria in the microbial mats exceeded their numbers in the thermal waters of hot springs. The richest diversity of diatoms and bacteria from different ecological and trophic groups noted in Nachikinskoye hydroterms. Bacteria genus *Bacillus* prevailed in hot spring's waters and microbial mats. 94 species, varieties and forms of diatoms found in periphyton communities of hot springs. *Achnanthes exigua*, *Nitzschia amphibia*, *Planothidium lanceolatum*, *Rhopalodia acuminata*, *Caloneis bacillum* and *Cymbella* aff. *pusilla* were dominants species.

Исследование расположения, гидрографии, химического состава вод и других уникальных особенностей камчатских гидротермальных систем было начато в первой половине восемнадцатого века (Крашенинников, 1994) и продолжается в настоящее время. Данные о бактериальной флоре минеральных источников Камчатки известны из работ А.А. Ефимова и М.В. Ефимовой (2007), А.В. Марданова с соавторами (2010), В.М. Гумерова с соавторами (2011) и др. Альгофлора горячих источников Камчатки изучается российскими и зарубежными авторами с середины двадцатого века (Petersen, 1946; Никитина, 2001, 2005; Кузякина и др., 2005; Yoshitake et al., 2008 и др.).

Цель нашего исследования – изучить особенности Верхне-Паратунских, Малкинских и Начикинских термальных источников: выявить химический состав вод, видовой состав и комплексы доминирующих видов в сообществах бактерий и диатомовых водорослей.

Пробы вод и водорослей перифитона были отобраны из Верхне-Паратунских, Малкинских и Начикинских термальных источников в сентябре 2013 г. При проведении полевых работ нестабильные показатели химического состава pH, NO₃, HCO₃, CO₂ и температура измерялись непосредственно на месте. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVr, SHIMADZU). Пробы для анализа содержаний в воде микрокомпонентов, дополнительно консервировались путем добавления в них азотной кислоты, и их определение выполнено с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7500c (Agilent Technologies, Inc., USA). Работы проделаны аналитиками М.Г. Блохиным и Е.В. Еловским. Все исследования выполнены в Приморском центре локального элементного и изотопного анализа ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток).

Пробы воды для микробиологического анализа были отобраны в стерильные стеклянные флаконы объемом 100 мл, в трех повторностях. Численность бактерий различных физиологических групп определяли методом предельных разведений и методом Коха (Нетрусов А.И., 2005). Идентификацию бактерий проводили с помощью биохимических тестов (biomerie, Франция), а также диагностических ключей определителя Берджи.

Отбор и фиксирование проб водорослей перифитона, а также определение видовой принадлежности диатомей проводили по общепринятым методикам (Голлербах, Полянский, 1951).

Результаты и обсуждение

Верхне-Паратунские источники. В осенний период нами были зафиксированы основные химические компоненты: Cl – 45,5 мг/л; SO₄ – 212 мг/л; Na – 109 мг/л; Ca – 40,2 мг/л; Si – 105 мг/л. Установлено повышенное содержание Li (151,6 мг/л), Zn (5,8 мг/л) и As (5,4 мг/л). Вода хлоридно-сульфатная кальциево-натриевая умеренно кремнистая (до 45 мг/л) с общей минерализацией около 1 г/л. Состав свободно выделяющегося газа на 97 % состоит из азота. Температура воды 39,5 °С и pH = 8,25. Результаты микробиологического анализа показали, что количество бактерий изменялось от 0 до 7,8×10³ кл/мл (вода), и от 1,8×10³ до 1,2×10⁴ кл/мл (микробный мат), при этом в микробиоценозе значительно преобладали гетеротрофные нитрификаторы, осуществляющие процессы окисления соединений азота до нитритов и нитратов, а также тионовые бактерии. По физиолого-биохимическим свойствам тионовые бактерии были близки к *Thiobacillus thiooxidans*. В источнике доминировали микроорганизмы рода *Thermus*, *Thiobacillus*, и *Bacillus*. Перифитонные альгосообщества Верхне-Паратунских источников были представлены 50 видами и разновидностями диатомовых водорослей, из которых доминировали *Achnanthes exigua* Grunow и *Nitzschia amphibia* Grunow.

Малкинские источники. Основные компоненты: Cl – 68,0 мг/л; HCO₃ – 202 мг/л; NO₃ – 188 мг/л; SO₄ – 82,7 мг/л; Na – 100 мг/л. Установлено повышенное содержание Li (84,9 мг/л), Mn (13,2 мг/л) и Rb (27,8 мг/л). Воды источников гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные натриевые с общей минерализацией до 0,7 г/л. Состав газа азотный. Температура воды 65,9 °С, pH = 3,5. Численность бактерий различных эколого-трофических групп была невысока и в среднем составляла в воде 1,2×10² кл/мл, в микробном мате 4,5×10² кл/мл, при этом значительно преобладали копитрофные и железокисляющие бактерии. Выделенные термофильные бактерии были в основном представлены родами *Bacillus*, *Sulfolobus*, *Thiobacillus*. Флора диатомовых водорослей Малкинских источников отличалась наиболее бедным видовым составом, представленным 23 внутривидовыми таксонами. К числу

преобладающих отнесены три вида: *Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve, *Cymbella* aff. *pusilla* Grunow и *A. exigua*.

Начикинские источники. Основные компоненты вод: Cl – 120 мг/л; SO₄ – 323 мг/л; Na – 234 мг/л; повышено содержание Ca (20,5 мг/л) и Si (120 мг/л). Воды источников хлоридно-сульфатные натриевые с минерализацией 1,2 г/л. Состав газа азотный. Температура воды около 42,5 °С, pH = 7,91. Количество бактерий различных физиологических групп в микробных матах было значительно выше и в среднем составляло $3,7 \times 10^3$ кл/мл, при этом значительно преобладали бактерии рода *Thermus*, *Thermothrix* и *Bacillus*. Альгофлора включала 72 вида и внутривидовых таксона диатомей. Водоросли *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, *Rhopalodia acuminata* Krammer и *A. exigua* составили комплекс преобладающих видов.

Из проб воды и микробных матов трех изучаемых источников было выделено 50 штаммов аэробных термофильных бактерий с температурным диапазоном роста от 37 до 75 °С и оптимумом 58–61 °С, при диапазоне активной реакции среды от 3,5 до 10,5 и оптимумом pH = 7,0–8,5. Анализ состава бактериальной флоры обследованных гидротерм показал, что в источниках Начикинский и Верхнепаратунский наиболее многочисленными являлись протеолитические и сахаролитические бактерии (более $1,0 \times 10^5$ кл/мл). Количество целлюлолитиков варьировало от $1,0 \times 10^2$ до $1,0 \times 10^3$ кл/мл, сахаролитиков – от $0,1 \times 10^2$ до $1,0 \times 10^4$ кл/мл, а липолитиков достигало $0,5 \times 10^3$ кл/мл. В Малкинском источнике численность амилолитиков составляла до $2,0 \times 10^3$ кл/мл.

Диатомовая флора обследованных горячих источников Камчатки представлена 90 видами (94 таксонами внутривидового ранга, включая номенклатурный тип вида) из классов Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae и Bacillariophyceae. Анализ альгофлоры показал, что большинство найденных диатомовых водорослей относится к группам бентосных (84,0 %), индифферентных к изменению солёности (59,5 %), алкалофильных (47,8 %) и космополитных видов (57,5 %). Наиболее представлены олигосапробионты и бетамезосапробионты – 31,9 и 29,8 % соответственно.

Литература

1. Голлербах М. М., Полянский В. И. Общая часть. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Советская наука. 1951. Вып. 1. 200 с.
2. Гумеров В.М., Марданов А.В., Белецкий А.В., Бонч-Осмоловская Е.А., Равин Н.В. Молекулярный анализ биоразнообразия микроорганизмов в источнике Заварзина, кальдера Узон, Камчатка // Микробиология. 2011. Т. 80. С. 258-265.
3. Ефимов А.А., Ефимова М.В. 2007. Альгобактериальные сообщества плавающих матов Нижне-Паратунских горячих источников (Камчатка) // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 29-33.
4. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. СПб.: Наука; Петропавловск-Камчатский: Камшат. 1994. Т. 1, 438 с.
5. Кузякина Т.И., Ефимова М.В., Ефимов А.А. 2005. Биологическое разнообразие синезеленых водорослей альгобактериальных сообществ гидротерм Камчатки // Материалы VI научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 29-30 ноября 2005 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 49-51.
6. Марданов А.В., Гумеров В.М., Белецкий А.В., Бонч-Осмоловская Е.А., Равин Н.В., Скрябин К.Г. Характеристика биоразнообразия термофильного микробного сообщества методом параллельного пироквентирования // Доклады Академии наук. 2010. Т. 432. С. 544-548.
7. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М., Колотилова Н.Н., Котова И.Б., Семенова Е.В. и др. Практикум по микробиологии. (Под ред. Нетрусова А.И.). М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
8. Никитина В.Н. К флоре *Cyanophyta* термальных источников Камчатки // Материалы II научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 9-10 апреля 2001 г.). Петропавловск-Камчатский: Камшат. 2001. С. 73-75.

9. *Никитина В.Н.* Синезеленые водоросли (цианобактерии) природных термальных биотопов. 2005. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 110 с.
10. *Petersen J.B.* Algae collected by Eric Hultén on the Swedish Kamtschatka Expedition 1920-22, especially from hot springs // *Det Kgl. Danske Vidensk. Selskab, Biol. Meddel.* 1946. V. 20. N 1. 120 p.
11. *Yoshitake S., Fukushima H., Lepskaya E.V.* The diatom flora of some hot springs in Kamchatka, Russia // *Proceedings of the 19 International Diatom Symposium.* Bristol: Biopress Ltd. 2008. P. 151-168.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ В ПИТЬЕВЫХ ЦЕЛЯХ

Н.В. Кончакова, Н.С.Ушакова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: konchakova.nata@mail.ru*

Аннотация. В данной работе проведена оценка экологических рисков для здоровья населения Томской области от присутствия в питьевых подземных водах различных компонентов. Расчёт воздействия загрязняющих веществ осуществлён согласно «Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Согласно проведенным расчетам установлено, что в подавляющем большинстве случаев уровень опасности использования подземных вод Томской области в питьевых целях неприемлем для населения.

Abstract. In this work helded the evaluation of environmental risks for health of the population of the Tomsk region from presence at drinking underground waters of various components is carried out. Calculation of influence of the polluting substances is perfomed according to "The guide to a risk assessment for health of the population at influence of the chemicals polluting environment". In accordance to the carried-out calculations it is established that in most cases the level of danger of use of underground waters of the Tomsk region in the drinking purposes is unacceptable for the population.

Особенностью водопотребления в Томской области является приоритетное использование для питьевого водоснабжения подземных вод. По подсчетам ученых запасы подземной воды способны обеспечить потребности жителей Томской области на долгие годы. Подземные воды Томской области достаточно надежно защищены от поверхностного загрязнения слабопроницаемыми глинистыми отложениями. Однако в своем естественном состоянии их качество не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества" о чем свидетельствуют работы многих выдающихся ученых, например, В.С. Кусковского, И.М. Ермашовой, Ю.К. Смоленцева, Н.М. Рассказова, С.Л. Шварцева, Д.С. Покровского и других. Однако в этих работах не рассматриваются вопросы экологической безопасности использования таких вод для питьевых целей населением региона.

В статье 45 Федерального закона "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" сказано: "Для оценки, выявления изменений и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания, установления и устранения вредного воздействия на человека факторов среды обитания осуществляется социально-гигиенический мониторинг" [1].

Одним из важнейших инструментов осуществления социально-гигиенического мониторинга являются методы и критерии оценки риска, связанного с воздействием факторов среды обитания на здоровье населения.

Оценка риска ставит своей задачей выявление уровней и причин возникновения риска и обеспечение лиц, принимающих управленческие решения, максимально полной и объективной информацией, необходимой для принятия эффективных

управленческих решений, включая сведения о возможных медико-социальных и экономических ущербах, связанных с оцениваемыми санитарно-эпидемиологическими ситуациями или разными вариантами технологических, природоохранных и иных мероприятий.

Оценка риска здоровью человека - это количественная и/или качественная характеристика вредных эффектов, развивающихся или способных развиться в результате существующего или возможного воздействия факторов среды обитания на конкретную группу людей при специфических, определяемых региональными особенностями условиях экспозиции. В свою очередь под «экологическим риском» понимают вероятность неблагоприятных изменений состояния окружающей среды и/или природных объектов вследствие влияния определенных факторов [2]. С точки зрения влияния на здоровье человека понятие «экологический риск» может быть сформулировано как отношение величины возможного вреда для здоровья человека от действия вредного экологического фактора за определенный интервал времени к нормированной величине интенсивности этого фактора [3]. Результаты оценки риска имеют рекомендательный характер и используются для обоснования и принятия решений по управлению риском.

Оценка экологического риска применяется в тех случаях, когда необходимо дать ответ о возможном влиянии химических веществ в воздухе, воде и почве, то есть окружающей природной среды на состояние и здоровье человека. Изучение проблем, связанных с оценкой экологических рисков, активно проводится в ряде развитых стран, например США, Германии, Японии, Нидерландах и других [4, 5, 6].

В связи с этим целью данной работы стала оценка экологического риска при использовании подземных вод населением для питьевых целей на территории Томской области.

Для выявления таких экологических рисков было проведено опробование и химический анализ проб воды из 20 населенных пунктов на территории Томской области.

Процесс оценки экологических рисков состоял из следующих этапов:

1. Выбор веществ для расчета экологических рисков при использовании подземных вод в питьевых целях населения, наиболее приоритетных для территории города Томской области.

2. Применение подхода к оценке рисков для населения территории Томской области с расчетами неканцерогенных экологических рисков для здоровья населения от загрязнения питьевых вод.

3. Интерпретация полученных результатов.

Для питьевого водоснабжения населения Томской области в подавляющем числе случаев используют подземные воды. Однако качество таких вод в естественных природных условиях по ряду показателей не соответствует нормативным требованиям.

Основными компонентами, ухудшающими качество подземных вод, являются железо и марганец, что связано с геохимическими условиями их формирования и составом водовмещающих пород. Особо остро эта проблема стоит в сельских населенных пунктах, где водоподготовка крайне несовершенна.

В табл. 1 приведены данные по доле проб воды не соответствующих ПДК, используемым сельским населением в питьевых целях на территории Томской области в 20 сельских населенных пунктах.

Таблица 1

Доля проб подземных вод, используемых сельским населением для питьевых целей несоответствующих ПДК по содержаниям в них железа и марганца на территории Томской области

Район	Число проб	Доля проб воды, %	
		$C_{Fe} > ПДК_{Fe}$	$C_{Mn} > ПДК_{Mn}$
Всего:	20	100	85,8

Согласно данным таблицы 1, воды практически повсеместно содержат в повышенных концентрациях железо и марганец в концентрациях, превышающих ПДК.

В связи со сложившейся ситуации на территории Томской области встает вопрос насколько опасно употреблять такую воду для населения. Для анализа экологического риска для здоровья населения Томской области при использовании питьевых подземных вод были определены списки приоритетных веществ неканцерогенов: железо и марганец.

Неканцерогены – вещества, вызывающие неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, в частности повышение уровней заболеваемости и смертности, которые могут быть обусловлены как кратковременным, так и длительным воздействием. Неканцерогенные эффекты включают: раздражающее действие на дыхательную систему, токсичность для печени, почек, других жизненно важных органов, изменение состояния ЦНС, нарушение репродуктивной функции и смерть [3].

Определение неканцерогенного риска для здоровья населения от присутствия в питьевой воды химических веществ проведено по коэффициенту опасности при пероральном поступлении с питьевой водой ($KO_{пер}$), по формуле [3]:

$$KO_{пер} = C_{пер} / RFD,$$

где $C_{пер}$ - концентрация вещества в питьевой воде, мг/л;

RFD — референтные дозы при хроническом поступлении (для железа — 0,3 мг/л (источник NCEA), для марганца — 0,14 мг/л (источник IRIS)).

В таблице 2 представлены результаты расчетов и их интерпретация для некоторых населенных пунктов.

Согласно, результатам представленным в таблице 2: 60 % проб воды по концентрации железа соответствуют чрезвычайно высокому уровню опасности, 25 % - высокому уровню опасности. По концентрации марганца 25 % проб воды соответствуют высокому уровню опасности. Чрезвычайно высокий и высокий уровни опасности питьевых вод неприемлемы ни для населения, ни для профессионалов. При использовании таких вод в питьевых целях необходимо проведение экстренных оздоровительных и других мероприятий по снижению риска.

15 % проб воды по железу и 65 % проб воды по марганцу соответствуют среднему уровню опасности, то есть такой уровень опасности приемлем для профессионалов и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий в условиях населенных мест и постоянного мониторинга.

И лишь 1 % проб воды по марганцу имеет низкий уровень опасности, то есть такие воды соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска; именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом.

Таблица 2

Результаты определения коэффициента опасности и уровня риска при пероральном использовании подземных вод

№п/п	Населенный пункт	С _{Fe} , мг/л	КО _{Fe}	Уровень риска Fe	С _{Mn} , мг/л	КО _{Mn}	Уровень риска Mn
1.	п. Черная речка	15,4	51,3	чрезвычайно высокий	1,15	8,2	высокий
2.	п. Предтеченск	3,0	10,0	высокий	0,21	1,5	средний
3.	п. Богашево	2,04	6,8	высокий	0,13	0,9	низкий
4.	п.Ново-Михайловка	1,65	5,5	высокий	0,17	1,2	средний
5.	п. Первомайское	12,23	40,8	чрезвычайно высокий	0,52	3,7	средний
6.	п. Кандинка	6,9	23,0	чрезвычайно высокий	0,59	4,2	средний
7.	п. Корнилово	2,49	8,3	высокий	0,86	6,1	высокий
8.	с.Кафтанчиково	11,6	38,7	чрезвычайно высокий	0,91	6,5	высокий
9.	с. Плотниково	0,74	2,4	средний	0,28	2,0	средний
10.	с. Нарым	5,71	19,0	чрезвычайно высокий	0,17	1,2	средний
11.	п. Батурино	3,23	10,8	чрезвычайно высокий	0,19	1,4	средний
12.	п. Белый Яр	8,87	29,6	чрезвычайно высокий	0,37	2,6	средний
13.	п. Калтай	1,44	4,8	средний	0,21	1,5	средний
14.	п. Кандинка	6,90	23,0	чрезвычайно высокий	0,59	4,2	средний
15.	п. Наумовка	4,16	13,9	чрезвычайно высокий	0,23	1,6	средний
16.	п. Семилужки	4,20	14	чрезвычайно высокий	0,30	2,1	средний
17.	п.Тахтамышцево	0,82	2,7	средний	0,12	0,86	низкий
18.	п. Воронино	1,99	6,63	высокий	0,27	1,9	средний
19.	п. Тимирязево	13,50	45,0	чрезвычайно высокий	1,10	7,9	высокий
20.	с. Каргасок	11,3	37,7	чрезвычайно высокий	0,35	2,5	средний

С — концентрация компонента в воде, КО — коэффициент опасности.

Проведенная в работе оценка экологических рисков показала, что подземные воды Томской области, в их естественном состоянии, которые используются населением для питья в подавляющем числе случаев характеризуются чрезвычайно

высоким и высоким уровнями опасности, а поэтому нуждаются в неотложных эффективных способах очистки воды от железа и марганца.

Литература

1. Федеральный закон от 30.03.1999 N 52-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" (с изм. и доп., вступ. в силу с 24.07.2015).
2. Экологическая эпидемиология. / Под ред. Б.А. Ревича. - М.: «Академия», 2004. - 384 с. Theodore M. K.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии хим. веществ, загрязняющих окр. среду. Утв. и введ. в действие Первым зам. Мин. здравоохран. РФ, Глав. гос. сан. врачом РФ Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г.
4. Introduction to Environmental Management. – NY: CRC Press, CRC Press, Boca Raton, FL, 2010. – 266 p.
5. WHO/IPCS. Environmental health Criteria 210: Principles for the Assessment of Risk to Human Health from Exposure to Chemicals. World Health Organization, International Program on Chemical Safety. – Geneva, 1999. – 322 p.
6. WHO/IPCS. Environmental health Criteria 214: Human Exposure Assessment. – Geneva, 2000. – 422 p.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ОЗЕР СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Н.А. Курлянов, Р.Х. Мусин

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия, world11@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 13 озёр, расположенных в пределах и окрестностях г. Казани и характеризующихся различными морфогенетическими, гео- и биоэкологическими, гидрохимическими и др. особенностями. Широкие вариации состава озёрных вод определяются, в первую очередь, типом их питания. Подавляющая часть озёр обладает вертикальной гидрохимической зональностью, имеющей природный характер и проявляющейся в закономерном поведении таких компонентов и параметров, как Eh, водорастворенный кислород, общее органическое вещество, Fe, Mn, соединения азота и фосфора, и некоторых др.

Abstract. In this paper, it is shown results of studying of 13 lakes located within the city of Kazan and the surrounding area. They are characterized by different morphogenetic, geo- and bio-ecological, hydrochemical and others features. First of all, large variations of compositions of lake waters are determined by the type of power supply. Most of the lakes has a vertical hydrochemical zoning, with natural character and manifested in the logical behavior of components and parameters as Eh, water-dissolved oxygen, total organic matter, Fe, Mn, nitrogen and phosphorus compounds, and some others.

Среднее Поволжье характеризуется широким развитием озёр, тяготеющих к Волжской долине и обладающих варьирующими размерами, характером использования, уровнем техногенной нагрузки, источниками питания, показателями биологической продуктивности и т.д. В работе рассматриваются особенности состава вод озёр Приказанского района.

Приказанский район охватывает площадь г. Казани и прилегающих к ней территорий. Он расположен в левобережной части р. Волги (Куйбышевского водохранилища), на южном окончании Казанско-Кировского прогиба Волго-Уральской антеклизы Русской платформы. В геологическом строении района принимают участие терригенно-карбонатные участками загипсованные образования средней перми (казанский и уржумский ярусы), вскрывающиеся лишь в наиболее возвышенной восточной его части, и нелитифицированные песчано-глинистые преимущественно

аллювиальные плиоцен-четвертичные отложения. Мощность последних может достигать 180 м. Пользующиеся максимальным приповерхностным распространением четвертичные отложения участвуют в сложении надпойменных террас рек Волга и Казанка аккумулятивного типа – микулинско-калининской (QIII), одинцовско-московской (QII), лихвинско-днепровской (QII) и окской (QI), закономерно сменяющих друг друга по мере удаления от р. Волги. Плиоценовые и четвертичные образования в основном подстилаются породами нижнеказанского подъяруса. Нормальный подпорный уровень водохранилища составляет 53 м, террасы воздымаются до отметок 140 м, более высокие гипсометрические уровни (до 190 м) представляют собой коренной борт Волжской долины. В пермских и плиоцен-четвертичных отложениях локализованы трещинные и поровые воды, формирующие ряд взаимосвязанных водоносных горизонтов, основной областью разгрузки которых являются указанные реки. Уровень грунтовых вод в сглаженной форме повторяет поверхностный рельеф, глубина его залегания варьирует от 0 до 30–35 м. Состав подземных вод довольно пестрый. Воды плиоцен-четвертичных отложений при слабом проявлении техногенного воздействия и отсутствии перетоков из пермских горизонтов характеризуются в основном гидрокарбонатным магниево-кальциевым составом с минерализацией до 0,3–0,4 г/дм³ и жесткостью (здесь и далее понимается общая жесткость) до 5–6 ммоль/дм³, воды же пермских отложений могут обладать минерализацией до 2,5 г/дм³ и жесткостью до 30–40 ммоль/дм³ при сульфатном и хлоридно-сульфатном натриево-магниевом-кальциевом составе (наименование состава воды приводится по ОСТ [3], согласно которому компоненты перечисляются в порядке увеличения процент-мольных концентраций).

Изученные озера (13 объектов) также отличаются высокой степенью изменчивости состава и минерализации вод – от гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных кальциевых и магниевых с минерализацией 54–70 мг/дм³ и жесткостью 0,4–1,0 ммоль/дм³ до сульфатных кальциевых с солесодержанием 2,0–2,4 г/л и жесткостью 25–33 ммоль/дм³ (табл. 1). Ранее нами было установлено [1], что основные особенности гидрохимии рассматриваемых озер определяются типом их питания. Дополнительные исследования подтвердили этот вывод (табл. 2).

Таблица 1

Некоторые морфометрические и гидрохимические характеристики озёр

Озеро	Площадь, га	Глубина, м (max)	Минерализация, мг/дм ³	Жесткость, ммоль/дм ³	Преобладающий тип воды
Архирейское	66,62	20,3	113–194	1,2–3,4	HCO ₃ /Ca
Чистое	2,88	7,3	56–138	0,6–1,6	HCO ₃ /Ca
Моховое	8,73	9,2	54–86	0,4–0,9	HCO ₃ /Ca
Ковалинское	112	9,8	83–160	0,8–2,4	HCO ₃ /Ca
Глубокое	9,65	12,4	100–137	1–1,4	Cl–HCO ₃ /Mg–Ca
Осиновское	10,23	24,4	133–234	1,4–2,5	Cl–HCO ₃ /Mg–Ca
Раифское	34,12	20,4	207–343	2,2–6,0	HCO ₃ /Mg–Ca
Изумрудное	25,5	20,5	186–231	2,4–3	HCO ₃ /Mg–Ca
В. Кабан	2,5	13,2	375–491	4,4–6,8	Cl–HCO ₃ /Mg–Ca
Ср. Кабан	135,1	12,5	1072–1328	12,4–16	HCO ₃ –SO ₄ /Mg–Ca
Н. Кабан	47,4	12,0	947–1816	11,6–24,8	HCO ₃ –SO ₄ /Mg–Ca
Лебяжье	4,8	2,9	714–1032	11,2–13,4	HCO ₃ –SO ₄ /Mg–Ca
Голубое	0,7	16,0	2047–2369	27,2–32,6	SO ₄ /Mg–Ca

Примечание. Первые 8 озёр характеризуются исключительно атмосферным питанием.

Таблица 2

Зависимость гидрохимических показателей озёр от типа их питания

Преобладающее питание озера	Кол-во озера	Минерализация, мг/дм ³	Жесткость, ммоль/дм ³	Преобладающий тип воды
Атмосферное	8	54–343 (100–150)	0,4–6,0 (1,0–2,5)	HCO ₃ /Mg–Ca
Подз. воды N ₂ -Q отложений	1	375–491	4,4–6,8	Cl–HCO ₃ /Mg–Ca
Подз. воды P ₂ kz ₁ отложений	3	714–1816	11,26–24,8	HCO ₃ –SO ₄ /Mg–Ca
Подз. воды P ₁ отложений	1	2047–2369	27,2–32,6	SO ₄ /Mg–Ca

Примечание. Рассматриваемые озёра отличаются уровнями техногенного воздействия [1], но в макрокомпонентном составе вод это практически не отражается; в скобках приведены преобладающие значения минерализации и жёсткости.

Все озера, обладающие глубиной более 3–4 м, характеризуются вертикальной (глубинной) гидрохимической зональностью, типичной для бессточных озера средних широт. Данная зональность наиболее ярко проявлена относительно температуры, содержания водорастворенного кислорода, значений окислительно-восстановительного потенциала, концентраций ряда металлов (Fe, Mn, Zn) и, в меньшей степени, pH и минерализации (табл. 3). В пределах каждого озера ярко проявлены глубинные уровни, на которых происходит резкое снижение температуры и концентраций растворенного кислорода (термо- и оксиклин) (табл. 4).

Таблица 3

Корреляционные связи отдельных параметров состава и свойств озерных вод с глубиной

Параметр	Значения коэффициентов парной корреляции	
	летний период	зимний период
Температура	– (0,94–0,98)	+(0,72–0,98)
Концентрац. водораств. кислорода	– (0,73–0,95)	– (0,62–0,99)
Eh	– (0,43–0,89)	– (0,47–0,88)
pH	– (0,32–0,73)	– (0,1–0,94)
Минерализация	+(0,2–0,61)	+(0,2–0,95)

Таблица 4

Положение термо- и оксиклина в некоторых озерах Приказанского района

Параметр	Ед. изм.	Архирейское	Чистое	Ковалинское	Моховое	Глубокое	Осиновское	Раифское
Термоклин	м	3,8-12	2,6-5,9	4-8	2,2-5,5	2,6-8,9	4,5-7,1	2-10
Диапазон изменения температур	°С	7-23	7,1-23,05	10-21	7,1-24,0	6,07-24,1	7,0-23,1	6-21,5
Температурн. градиент	°С/м	2	4,8	2,8	5,1	2,9	6,2	1,9
Оксиклин	м	3,1-7,3	1,8-3,0	2-3,3	2,2-2,8	2,7-7,5	4,5-7,8	2-6
Диапазон изменения конц. раств. кислорода	мгО/л	0,89-10,2	1,2-9,8	1,2-11,1	1,2-8,2	2,2-11,2	2,2-11,2	2,2-12
Градиент раств. кислорода	мгО/л*м	2,2	7,2	7,6	11,7	1,9	2,7	2,5

Примечание. Таблица построена на основе данных, полученных с помощью многопараметрического анализатора качества воды Aquameter в летний период 2013 г. [2].

С увеличением глубины практически во всех озерах, вне зависимости от типа их питания, происходит и некоторое концентрирование азотных (NO₃⁻, NO₂⁻) и

фосфорных соединений (PO₄³⁻) соединений, общего водорастворенного органического вещества (табл. 5), а также кремнекислоты. Обогащение Fe и Mn придонных слоев воды относительно приповерхностных слоев может достигать 100–200 раз.

Таблица 5
Разноглубинные значения и концентрации некоторых параметров и компонентов состава вод отдельных озёр Приказанского района

Пар-ры		Архирейско е	Чистое	Моховое	Ковалинско е	Глубокое	Осиновско е	Раифско е
Минера- лизация	Пов.	113-166 127	56-77 71	54-86 55	83-127 100	100-126 116	133-234 142	207-325 235
	Глуб	128-194 137	70-138 85	60-71 65	85-160 115	109-137 125	142-172 160	227-343 250
Жесткость	Пов.	1,2-2 1,5	0,6-0,9 0,8	0,4-0,8 0,5	0,8-1,4 0,9	1-1,3 1,2	1,4-1,8 1,5	2,2-3,5 2,8
	Глуб	1,4-3,4 2	0,8-1,6 1	0,5-0,9 0,6	0,8-2,4 1,2	1,2-1,4 1,3	1,4-2,5 1,8	2,2-6,0 3,2
NO ₃ ⁻	Пов.	1,3-3,7 3	0,7-7,1 3,5	0-1,1 1	2,3-7,3 4,5	0-1,7 1,1	0-2,4 1,3	0,4-3,2 1,6
	Глуб	2,6-17 5	1,2-44,8 15	0-5,7 1,5	1,8-26,5 6	0,1-8 3,5	0,1-9,4 5,5	0,1-9 3,5
Mn	Пов.	0,003-0,028 0,025	0,02-0,18 0,03	0,025- 0,08 0,07	0,02-0,8 0,05	0,01-0,02 0,012	0,008-0,015 0,01	0,03-0,1 0,05
	Глуб	0,09-0,98 0,5	0,18-0,64 0,4	0,011- 0,68 0,25	0,04-1,23 0,9	0,03-0,85 0,65	0,23-0,43 0,35	0,3-0,85 0,8
Fe	Пов.	0,03-0,2 0,15	0,06-0,87 0,4	0,03-0,3 0,1	0,05-1,8 0,4	0,03-0,09 0,07	0,06-0,13 0,07	0,08-0,21 0,12
	Глуб	0,04-5,8 2,5	0,8-5,95 3	0,3-1,4 0,8	0,11-3,6 1,3	0,06-3,1 2	1,13-4,7 1,7	0,6-4,5 2
Cu	Пов.	0-0,006 0,004	0-0,012 0,005	0-0,006 0,006	0-0,005 0,003	0-0,01 0,002	0-0,014 0,004	0-0,006 0,004
	Глуб	0-0,025 0,01	0-0,024 0,015	0,013- 0,03 0,02	0-0,017 0,01	0-0,009 0,009	0-0,02 0,01	0-0,016 0,015
Zn	Пов.	0-0,018 0	0-0,006 0,005	0-0,009 0,007	0-0,05 0,03	0-0,02 0	0-0,016 0	0-0,003 0,002
	Глуб	0-0,11 0,05	0,03-0,15 0,11	0,06-0,1 0,09	0-0,24 0,1	0,02-0,13 0,1	0,04-0,13 0,06	0,04-0,21 0,05

Примечание. Пов. – приповерхностные уровни, глуб. – глубинные уровни (гидропробы отбирались на участках с максимальной глубиной); в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – преобладающие значения; единицы измерений жёсткости – ммоль/дм³, остальные – мг/дм³; металлы детектированы на атомно-абсорбционном спектрометре ContrAA-700 (кроме отмеченных в таблице металлов, еще анализировались Pb, Ni, а также Na и K).

Выводы

Озера Приказанского района характеризуются варьирующим в довольно широких пределах составом и минерализацией, что определяется, в первую очередь, характером (источником) их питания. Техногенный фактор ответственен за повышенные

концентрации лишь отдельных компонентов или их группы (например, хлоридов и фторидов в Среднем Кабане, на берегу которого находится предприятие химической промышленности), которые не оказывают существенного вклада в общий гидрохимический облик озёрных вод. Все озёра глубиной более 3–4 м характеризуются вертикальной зональностью, наиболее ярко проявленной в отношении поведения таких параметров, как Eh, температура, концентраций – растворенного кислорода, общего органического вещества, Fe, Mn, а также азотных и фосфорных соединений. Эта зональность также имеет исключительно природный характер, где гидрохимические особенности связаны с концентрированием в придонных слоях органического вещества.

Литература

1. Курлянов Н.А., Нуртдинова Г.М., Фаттахов Б.Ф. Гидрогеохимия озер Приказанского района // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том II; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 554-555 с.
2. Мусин Р. Х., Курлянов Н. А. Многопараметрические анализаторы качества воды как необходимый атрибут мониторинга природных вод // Сборник трудов V Международного конгресса "Чистая вода. Казань" 26-28 марта 2014 г. – Казань: Типограф. ООО "Куранты", 2014. – С. 162–164.
3. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.

ТЕХНОГЕНЕЗ И ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДКАХ ПАО «НИЖНЕКАМСКНЕФТЕХИМ» – ОДНОЙ ИЗ КРУПНЕЙШИХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ КОМПАНИЙ ЕВРОПЫ

Р. Х. Мусин, Н. А. Курлянов, З. Г. Калкаманова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия,
E-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru*

Аннотация. В работе рассматривается влияние на гидrolитосферу крупного полигона захоронения промышленных отходов ПАО «Нижнекамскнефтехим». Интенсивное загрязнение подземных вод проявлено лишь в ближайшем обрамлении полигона, по мере удаления от него происходит резкое снижение концентраций всех загрязняющих веществ и на расстоянии трех километров подземные воды характеризуются фоновыми показателями своего качественного состояния. Важнейшим процессом, обуславливающим восстановление качества подземных вод, является смешение загрязненных вод с инфильтрующимися атмосферными осадками.

Abstract. In this work, the authors considered influence of industrial waste PJSC «Nizhnekamskneftekhim» on hydrolithosphere of large range. Intensive pollution of underground water appears only near the landfill. Concentrations of all pollutants are reduced as the distance from the landfill. Groundwater on 3 km from it characterize by normal concentration for this region. The most important processes responsible for the recovery of underground water quality are a mixture of polluted water with infiltrating precipitation.

Одной из крупнейших нефтехимических компаний Европы является ПАО «Нижнекамскнефтехим», специализирующееся на производстве синтетических каучуков, пластиков, этилена и другой продукции (более 100 наименований). Её ежегодный объем, половина которого идет на экспорт, превышает 1,5 млн. т, а стоимость – более 100 млрд. руб. Основной производственный комплекс акционерного

общества включает 10 заводов и 7 различных центров (научно-технологический, проектно-конструкторский и др.), которые базируются в г. Нижнекамске Республики Татарстан. Начало его функционирования приходится на 1967 г. [1]. Достаточно серьезное влияние на подземные воды данный промышленный гигант оказывает на площадках размещения своих отходов. В данной статье рассматривается влияние на гидrolитосферу действующего полигона захоронения промышленных отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим”.

Полигон захоронения отходов имеет площадь $0,25 \text{ км}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ км}$). Он расположен в пределах Волго-Уральской антеклизы Русской платформы, Камско-Вятского артезианского бассейна, в левобережной части р. Камы, в приосевой части залесенного водораздела, в 8 км юго-восточнее г. Нижнекамска. Абсолютные отметки ненарушенной поверхности в районе полигона – 186–199 м, превышение над руслами рек – до 100–120 м. Ближайшие два населенных пункта расположены на удалении 3 км. Количество жителей в них – не более 400. Направление поверхностного стока – юго-западное, уклон земной поверхности – не более $2\text{--}3^0$. Верхняя часть геологического разреза (200 м) представлена субгоризонтально залегающими фациально невыдержанными комплексами карбонатно-терригенных пород уржумского и казанского ярусов, в районе полигона перекрывающихся четвертичными суглинками мощностью до 2–4 м и почвенно-растительным слоем. Наиболее верхний гипсометрический уровень – 160–205 м – сложен пестроцветными уржумскими образованиями, характерной особенностью которых является переслаивание песчаников и глин с толщиной отдельных слоев до 3–4 м, реже более. Песчаники обычно полимиктовые, тонко- мелкозернистые, слабосцементированные, а глины характеризуются наличием маломощных прослоев алевролитов и тонкозернистых песчаников, и разноориентированной трещиноватостью. Соотношение пелитовых и псаммитовых пород $\sim 2/1$. Близким строением отличается и нижележащая 140–160 м толща казанских отложений, 30–40 м основание которой представлено сероцветными глинами, содержащими 1–3 м прослой карбонатных пород. Комплекс казанских отложений подстилается пачкой так называемых “лингуловых глин”, непосредственно под полигоном имеющих мощность ~ 14 м и залегающих в гипсометрическом интервале 2–16 м. Данная глинистая пачка выдержана по простиранию и играет важную гидрогеологическую роль в качестве регионального водоупорного горизонта. Подземные воды (ПВ) охарактеризованного разреза – поровые, трещинные и порово-трещинные. Они формируют отдельные водоносные горизонты, в основном приуроченные к проницаемым песчаным и карбонатным породам, и объединяемые в уржумский, верхнеказанский и нижнеказанский водоносные комплексы. Разрыв уровней смежных водоносных комплексов может достигать нескольких метров, эти уровни в сглаженной форме повторяют поверхностный рельеф. Направление подземного стока – юго-западное, кроме этого по всему разрезу проявлена нисходящая фильтрация, в связи с чем, отдельные водоносные горизонты и комплексы связаны перетеканием. Выдержанные водоупорные горизонты до уровня “лингуловых глин” отсутствуют. Питание ПВ осуществляется за счет, главным образом, инфильтрации атмосферных осадков и снеготалых вод. Норма осадков – 554,6 мм/год. Состав ПВ в надлингуловой части разреза в естественных условиях преимущественно гидрокарбонатный магниевый-кальциевый (наименование состава воды здесь и далее согласно [3], по которому компоненты перечисляются в порядке увеличения их процент-мольных концентраций) с минерализацией $0,2\text{--}0,8 \text{ г/дм}^3$, общей жесткостью – до $7\text{--}8 \text{ ммоль/дм}^3$. Минерализация и жесткость увеличиваются с глубиной, при этом качество основного объема ПВ соответствует питьевым стандартам. Ниже лингулового

водоупора в шешминских отложениях уфимского яруса возможно развитие солоноватых вод. Данные особенности состава ПВ определяются действием природных факторов, важнейшее значение из которых имеет взаимодействие первичных атмосферных осадков с почвами и породами разреза. Глубина залегания первого от поверхности водоносного горизонта в меженный период в естественных условиях в районе полигона составляет 3–8 м, при этом свободные гравитационные воды локализованы как в песчаниках, так и глинах уржумского яруса, характеризующихся средними значениями фильтрационной способности, соответственно 1,23 и 0,05 м/сут. Горизонт – безнапорный, в отдельных участках возможно наличие избыточного напора 0,5–1 м [2]. Далее этот водоносный горизонт для удобства будет именоваться грунтовым.

Полигон захоронения промышленных отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим” на рассмотренном природном фоне начал функционировать в 1982 г. Он состоит из 48 отдельных карт, имеющих проектные размеры – 50*70 м и глубины – 3–5 м. Днища и борта карт были выполнены утрамбованной глиной, борта крайних восточных карт – забетонированы. На полигоне происходит захоронение около 250 видов отходов III–V классов опасности в твердой (преобладающая форма), пастообразной и жидкой формах. Это преимущественно отходы катализаторов, полимерных материалов, донные осадки, шламы очистки трубопроводов и емкостей, нефтешламы и др. К 2014 г. ресурсы полигона с проектной вместимостью 816 тыс. т. выработаны на 80 %. В его пределах подвергнуто захоронению 504080,7 м³ разноагрегатных отходов, из них (в м³): твердых – 444717,9; пастообразных – 51467,8; жидких – 7895. В ближайшее время планируется проведение реконструкции полигона. Она предполагает заключение отходов в водонепроницаемый резервуар. Создание таких резервуаров (емкостей) планируется за счет выемки отходов из большей части уже полностью заполненных карт, установления в их основании противофильтрационного экрана (ПФЭ), обратной засыпки карт их первичным содержанием и, наконец, перекрытия карт ПФЭ и почвенным грунтом с высевом травянистой растительности. В качестве ПФЭ планируется использовать геосинтетические материалы с крайне низкими фильтрационными свойствами – $(2-5) \cdot 10^{-11}$ м/с. В качестве рабочих планируется оставить 8 карт, в них будет присутствовать только нижний ПФЭ.

На полигоне сооружены нагорная канава с трубчатым дренажем в основании по внешнему периметру полигона для перехвата поверхностных вод и части грунтового подземного стока; противофильтрационная завеса в виде грунтовой глинистой стены глубиной до 6 м при ширине до 5 м вдоль северной и южной границ объекта; работает насосная станция, перекачивающая дренажные воды и воду части незаполненных карт на очистные сооружения, расположенные за пределами полигона. Вся территория ограждена бетонным забором высотой 2 м. Эксплуатация полигона сопровождается постоянным мониторингом качественного состояния атмосферного воздуха и грунтовых вод; эпизодическим контролем состояния почв в ближайшем его обрамлении, а также качества поверхностных и подземных вод на некотором удалении от площадки захоронения отходов (у ближайших населенных пунктов). Мониторинг грунтовых вод ведется по сети двух поясов наблюдательных скважин. Первый пояс, включающий 12 скважин, непосредственно примыкает к границе полигона, а второй – насчитывает 20 скважин и расположен в 150 м от первого пояса.

Данные гидрогеоэкологического мониторинга свидетельствуют, что максимальному негативному воздействию со стороны полигона подвержены грунтовые воды. Уже в первые 10 лет его эксплуатации непосредственно под картами произошел подъем уровня грунтовых вод на 1–5 м. Их анионный состав трансформировался с

гидрокарбонатного на гидрокарбонатно-хлоридный, минерализация увеличилась с 0,2-0,4 до 4–5 г/дм³, а общая жесткость – с 4–8 до 40–70 ммоль/дм³. В настоящее время минерализация грунтовых вод в пределах полигона и в его ближайшем обрамлении (наблюдательные скважины первого пояса) может достигать 7–12 г/дм³; жесткость 70–135 ммоль/дм³; концентрации наиболее характерных загрязнителей (мг/дм³): нефтепродукты – до 500–982; фенолы – до 13,9; железо общее – до 153 (преобладающий гидрогеохимический тип воды – хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый). Правда, уже на небольшом расстоянии от полигона, в наблюдательных скважинах второго пояса возможно снижение содержаний многих компонентов-загрязнителей на 1-2 порядка. Всеми предшествующими исследованиями инженерно-геологического и экологического плана данные изменения связывались с утечками жидких отходов. Обобщение гидрогеологической информации, проведение гидрогеодинамических и балансовых расчетов позволяют утверждать следующее [2].

– Подъем уровня грунтовых вод связан с тем, что полигон с самого начала своего функционирования превратился в источник интенсивного питания ПВ. При этом основной объем этого питания приходится не на жидкие отходы, а атмосферные осадки, в разной степени трансформированные. В пределах полигона нарушен поверхностный сток и подавляющая часть атмосферных осадков (за вычетом их испарения) здесь просто аккумулируется. В настоящее время интенсивность общей инфильтрации в картовом поле полигона в 2,8 раз превышает её естественный уровень.

– Загрязнение ПВ связано с инфильтрацией и нисходящей фильтрацией первичных атмосферных осадков, преобразованных процессами взаимодействия в системе “вода-отходы”, и, в меньшей степени, жидких отходов.

– Величина расхода через днища карт интенсивно загрязненного фильтрата составляет 129,98 м³/сут, из них на жидкие отходы приходится 8,63 м³/сут, все остальное – трансформированные атмосферные осадки. В грунтовом стоке принимает участие 121,67 м³/сут фильтрата (остающийся объем фильтратов – 8,31 м³/сут – формирует питание нижележащего верхнеказанского водоносного комплекса). Общая величина грунтового стока, выходящего из-под полигона, составляет 172,7 м³/сут, из них 64,31 м³/сут перехватывается подземным дренажем. Величина не перехватываемого загрязненного подземного стока – 116,7 м³/сут (из них 108,39 м³/сут – сток грунтовых вод; 8,63 м³/сут – глубокий подземный сток).

– Отходы полигона могут быть поставщиками в подземные воды сульфатов, хлоридов, железа, бария (?), а также нефтепродуктов, фенолов, формальдегида, бензола, толуола, ксилола, этилбензола (при этом высокие – более чем в 10 раз – превышения ПДК характерны только для железа и тесно скоррелированных друг с другом органических веществ). Поведение концентраций основной части неорганических микрокомпонентов (Al, B, Ba, Sr, Be, As, F, Br, Fe, Cd, Mn, Cu, Mo, Ni, Hg, Pb, Se, Zn, Cr, Co) находится в обратной зависимости от расстояния до картового поля, при этом превышения ПДК возможны в основном в скважинах первого пояса, уровень превышения ПДК редко когда поднимается до 3-5. Подобный характер распределения наиболее адекватно описывается моделью интенсивного выщелачивания как микрокомпонентов, так и основных катионов из минерального матрикса агрессивными углекислотными водами с концентрациями гидрокарбонатов свыше 800–1000 мг/дм³ (содержания HCO₃⁻ могут достигать 4-8 г/дм³, тогда как в естественных условиях они не превышали 400 мг/дм³). Грунтовые воды с такой “гидрокарбонатностью” обычно развиты внутри картового поля и его ближайшего обрамления. Их формирование возможно лишь в условиях повышенной парциальной активности углекислого газа. Увеличение же содержаний углекислого газа может быть

связано только с деструкцией (окислением) захороняемых органических веществ. Деятельность полигона никак не отражается на содержаниях в грунтовых водах нитратов, нитритов, фосфатов, фторидов, бромидов, также индифферентными являются Co, Cu, Ni, Se, Sr, Zn, Be, к которым можно добавить АСПАВ и пестициды (ДДТ; 2,4-Д; γ -ГХЦГ; HS).

– Снижение минерализации и жесткости грунтовых вод, концентраций в них компонентов-загрязнителей по мере удаления от полигона связано со многими процессами и явлениями. Это сорбция и диффузия, поперечная гидродисперсия, деструкция загрязнителей (особенно нефтепродуктов и фенолов), выпадение в осадок Fe, Mn и др. по мере изменения условий pH и Eh. Наиболее же мощным фактором уменьшения концентраций загрязнителей является природное разбавление загрязненных вод чистыми (по мере плановой фильтрации в юго-западном направлении на уровень грунтовых вод с каждого квадратного метра земной поверхности приходит как минимум $1,9 \cdot 10^{-4}$ м³/сут (67,6 мм/год) инфильтрационного питания).

– При нисходящей фильтрации и достижении полигонными фильтраатами (8,63 м³/сут) уровней верхне- и, возможно, нижнеказанского водоносных комплексов они также будут интенсивно разбавляться чистыми подземными водами. По данным геофильтрационного моделирования, проведенного в PM-5 (Processing Modflow), на проекцию восточного ограничения полигона на указанные комплексы со стороны подземного водораздела, совпадающего с поверхностным, “приходят” плановые потоки с расходами 253 и 131 м³/сут, соответственно в верхнеказанском и нижнеказанском комплексах.

– Указанные процессы самоочищения определяют то, что на удалении 3-х км от полигона в районе дер. Клятле не фиксируются изменения состава подземных и поверхностных вод, которые можно было бы связать с функционированием полигона захоронения отходов.

Литература

1. Корпоративный сайт ПАО “Нижнекамскнефтехим”. URL: <http://www.nknh.ru> (дата обращения: 06.08.2015).
2. Мусин Р. Х., Курлянов Н. А., Калкаманова З.Г. Гидрогеологические условия полигона захоронения промышленных отходов ПАО “Нижнекамскнефтехим”: техн. отчет /Казан. фед. ун-т; отв. исполн. Мусин Р. Х. Казань, 2015. Фонды ПИ “Союзхимпромпроект”, Казань; Инв. № 1023.
3. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. 12 с.

МИКРОФЛОРА ПРИРОДНЫХ ВОД ИСТОЧНИКОВ НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Н.Г. Наливайко, А.А. Хващевская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,
E-mail: unpc_voda@mail.ru*

Аннотация. Изучен микробиологический состав источников нецентрализованного водоснабжения г. Томска. Выявлено большое разнообразие и численность различных групп микроорганизмов, отрицательно влияющих на качество воды. Показана опасность использования природных вод источников нецентрализованного водоснабжения в питьевых целях без процедуры водоподготовки.

Abstract. The microbiological composition of the decentralized water supply sources of Tomsk city is investigated. There is revealed the large diversity and significant count of different microorganism groups that adversely affect a water quality. It is demonstrated the hazard of using of decentralized water supply sources for drinking without treatment.

Использование природных вод в питьевых целях является одним из основных направлений водопользования. Качество питьевых вод определяется как их химическим, так и микробиологическим составом. Питьевая вода источников централизованного водоснабжения, соответствующая нормам санитарно-гигиенических требований [5], безопасна в эпидемиологическом отношении и безвредна по химическому составу, что достигается в процессе ее водоподготовки. В то же время, по разным причинам, наблюдается тенденция использования воды из различных нецентрализованных источников: родников, колодцев, скважин ручного бурения, ручьев и даже озер. При этом качество используемой воды из этих источников оценивается населением самостоятельно визуально или по вкусовым ощущениям.

Цель данной работы – характеристика микробиологического состава природных вод источников нецентрализованного водоснабжения, используемых в питьевых целях на территории г. Томска, как критерия их качества и безопасности.

Объектом исследований являются родники, колодцы и неглубокие частные скважины, расположенные на территории города и используемые населением для целей водоснабжения. Комплекс микробиологических показателей включал физиологические группы, индикаторные на микробное и химическое загрязнение, а также на способность воды к самоочищению. Одновременно проводилось изучение химического состава этих вод как фактора среды обитания микробов.

По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатные кальциево-магниевого либо магниево-кальциевого, нейтральные или слабо щелочные, пресные, умеренно жесткие. Встречаются также источники водоснабжения, имеющие хлоридно-гидрокарбонатный и хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный анионный состав. Кроме того наблюдается значительный разброс значений величины минерализации (от 0,26 г до 1,45 г), рН (от 5 до 8) и жесткости (от 3,6 до 11,5 мг-экв/л) исследуемых вод. В химическом составе изученных вод присутствуют компоненты, содержание которых нередко достигает или превышает предельно допустимые для питьевых вод нормы, к которым относятся органическое вещество, азотистые соединения и хлорид-ион. Наличие в воде источников водоснабжения загрязняющих компонентов зависит от степени их изолированности от дневной поверхности и характера антропогенной нагрузки на территории их расположения [1].

Микрофлора воды изученных источников нецентрализованного водоснабжения городской территории характеризуется большим разнообразием физиологических групп, осуществляющих в аэробных и анаэробных условиях деструкцию минеральных и органических веществ, и тем самым определяющих качество воды. Количественная характеристика выявленных групп представлена в таблице. Их биогеохимические характеристики и характер взаимодействия с компонентами окружающей среды детально представлены в предыдущих работах авторов [3].

Таблица

Количество микроорганизмов в водах источников нецентрализованного водоснабжения г. Томска

Физиологические группы бактерий	Количество микроорганизмов (в кл/мл*)		
	Родники	Колодцы	Скважины
Мезофильные сапрофиты	<u>30-690/70</u>	<u>30-240/100</u>	<u>20-280/50</u>
Психрофильные сапрофиты	<u>30-43000/2830</u>	<u>60-6300/1670</u>	<u>30-1470/590</u>
Олиготрофы	<u>30-74100/8100</u>	<u>390-48050/5820</u>	<u>3200-920000/13500</u>
Нефтеокисляющие	<u>30-57200/1900</u>	<u>30-1620/560</u>	<u>20-4200/730</u>
Денитрифицирующие	<u>10-10000/1000</u>	<u>10-10000/1000</u>	<u>10-10000/1000</u>
Аммонифицирующие	<u>10-3200/790</u>	<u>1020-26470/4540</u>	<u>10-350/120</u>
Нитрифицирующие	<u>10-1000/100</u>	<u>10-1000/100</u>	<u>10-100/10</u>
Уробактерии	<u>30-5800/450</u>	<u>30-2340/730</u>	0
Сульфатредуцирующие	<u>10-10000/1000</u>	<u>30-1000/100</u>	0
Целлюлозоразрушающие аэробные	<u>0-100/10</u>	<u>10-1000/100</u>	0
Целлюлозоразрушающие анаэробные	<u>0-100/10</u>	<u>10-1000/100</u>	0

Примечание: значения в таблице приведены в виде минимум-максимум/среднее;

*-кл/мл (клеток на 1 мл воды).

Постоянно присутствуют в водах всех изученных источников олиготрофы и психрофильные сапрофиты. Количество сапрофитов характеризует степень загрязненности природной экосистемы и микробами, и органическим веществом. Согласно [2] в чистой воде количество психрофильных сапрофитов не должно превышать 100 кл/мл, и быть меньше, чем количество в ней олиготрофов [4].

В изученных водах количество психрофильных сапрофитов колеблется от 30 до 43000 кл/мл воды и контрастно уменьшается в ряду родники, колодцы, скважины. Особенно много их наблюдалось в воде из источников, расположенных в старых районах города, застроенных частными домами без централизованного водоснабжения и канализации. Олиготрофы практически везде преобладали численно над психрофильными сапрофитами, что является показателем способности к самоочищению воды всех изученных источников, за исключением единичных случаев.

Многочисленны во всех источниках бактерии, связанные с метаболизмом азотсодержащих органических веществ. Они представлены аммонифицирующими, нитрифицирующими, денитрифицирующими и уробактериями.

Аммонифицирующие микроорганизмы в качестве источника углерода и энергии используют широкий круг органических веществ и особенно белки. Продуктами их

метаболизма этих веществ является в основном аммиак [4]. Количество этих бактерий в незагрязненной воде, согласно [4] составляет первые сотни кл/мл или 3 – 5 % от общего числа микробов, а в загрязненной - несколько тысяч кл/мл. В воде 70 % изученных источников содержание микробов данной группы колеблется от нескольких десятков до десятков тысяч кл/мл, что указывает на загрязненность ими воды, связанную с присутствием в ней аллохтонного (антропогенного) органического вещества. Значительное количество этих бактерий, достигающее 26470 кл/мл, выявлено в водах колодцев и существенно снижается в водах родников (в 7 раз) и скважин (в 30 раз). При этом максимальное их количество (несколько миллионов кл/мл) отмечено на территории города в роднике, загрязненном стоками канализации.

Денитрифицирующие бактерии осуществляют разложение органических веществ в анаэробных условиях, используя для этого нитраты в качестве источника кислорода. Основным конечным продуктом разложения является аммиак. Они обнаружены в 75 % изученных источников воды в количестве от 1000 до 10000 кл/мл с преобладанием численности и встречаемости в колодцах.

Уробактерии осуществляют деструкцию карбамидов, мочевую кислоту и ее соли, которые служат для них источником углерода и азота. Конечным продуктом деструкции является аммиак. Как правило, эти бактерии встречаются в местах, загрязненных канализационными и хозяйственно-бытовыми стоками. При выполнении данных исследований уробактерии были обнаружены в 30 % родников и 46% колодцев, воды которых загрязнены канализационными стоками и отсутствовали в воде скважин.

Нитрифицирующие бактерии, жизнедеятельность которых связана с удалением аммиака из окружающей среды, в результате окисления его до нитритов и нитратов, были обнаружены в воде всего 20 % изученных родников, почти во всех колодцах и единично – в воде скважин. Причем, численно они существенно уступали микробам, продуцирующим аммиак. Относительно высоким содержанием этих бактерий отличались родники в старых районах города, где имеется скученность жилых построек и наличие мощного слоя антропогенного грунта способствующего обогащению атмосферного воздуха углекислотой и аммиаком.

В воде 40 % родников и 10 % колодцев и скважин были выявлено присутствие активных форм нефтеокисляющих бактерий. В процессе своей жизнедеятельности при благоприятных условиях среды обитания эти бактерии могут разрушать нефть до углекислого газа и воды. Большое количество этих бактерий обнаруживалось в тех родниках, где существовала возможность загрязнения вод нефтепродуктами как в областях питания и транзита, так и в местах их разгрузки и составляло здесь более 70 % от общего количества микробов. По имеющимся данным [4], в природных водах, не загрязненных нефтью, эти бактерии численно составляют 1 – 4 % от общего количества микробов. Это позволяет сделать предположение о существующем загрязнении нефтью этих родников, что подтверждается химическим анализом, который выявил наличие от 0,68 до 1,3 мг/л (при норме ПДК для питьевых вод 0,3 мг/л).

В водах 50 % изученных родников и почти всех колодцев и обнаружены сульфатвосстанавливающие бактерии, деятельность которых связана с выделением в окружающую среду сероводорода, что отрицательно сказывается на органолептических свойствах воды. При этом в водах скважин сульфатвосстанавливающие бактерии отсутствовали.

Целлюлозоразрушающие бактерии, как аэробные, так и анаэробные, были обнаружены в родниках с деревянным каптажным устройством и во всех колодцах. В летнее время благодаря локальному прогреву деревянных поверхностей каптажа количество данных бактерий возрастало до нескольких тысяч кл/мл воды. Присутствие

этих бактерий указывает на загрязнение воды почвой, а продукты жизнедеятельности могут провоцировать в среде обитания размножение денитрифицирующих, сульфатредуцирующих и метанобразующих микроорганизмов [4].

Мезофильные сапрофиты, являющиеся показателем наличия в водах условно патогенной микрофлоры, выявлены в водах всех источников, нередко в количествах превышающих норматив (50 кл/мл) [5] указывая на то, что воды этих источников не безопасны для питьевого использования.

Оценка безопасности источников водоснабжения по количеству психрофильных сапрофитов, в соответствии с классификацией [2] показала, что воды 46 % родников являются загрязненными, а 30 % очень грязными. Вода 50 % колодцев являются умеренно загрязненной и 30 % – загрязненной. Воды большинства изученных неглубоких скважин по количеству психрофильных сапрофитов являются загрязненными.

В целом, проведенные исследования показали наличие бактериального загрязнения, как по численности, так и разнообразию физиологических групп в водах всех изученных источников. По общей численности бактерий первенство занимают воды родников, затем идут колодцы, наименьшая численность микробов установлена в водах скважин. Состав бактериоценозов показывает почти повсеместное загрязнение вод изученных источников органическими веществами, соединениями серы и азота. Источником загрязняющих веществ являются продукты антропогенной деятельности, которые подвергаясь микробным превращениям, вызывают вторичное загрязнение воды как химического, так и микробиологического характера, что отражается на органолептических свойствах воды.

Таким образом, проведенные исследования показали, что природные воды всех изученных источников нецентрализованного питьевого водоснабжения содержат большое количество и разнообразие микроорганизмов, что свидетельствует о высокой степени бактериального загрязнения вод, в том числе аллохтонной микрофлорой источником которой являются метаболические выделения человека и животных. Выявленные особенности микробиологического состава этих вод указывают на опасность их использования в питьевых целях без процедуры водоподготовки.

Литература

1. Дутова Е.М. Наливайко Н.Г. Особенности химического и микробиологического состава подземных вод территории города Томска // Известия вузов. Геология и разведка. - 2011 - №. 5 - С. 56-61
2. Корш Л.Е., Артемьева Т.З. Ускоренные методы санитарно-бактериологического исследования воды. - М.: Медицина, 1978; 272 с.
3. Наливайко Н.Г., Кузеванов К.И., Копылова Ю.Г. Атлас бактериальных пейзажей родников г. Томска. – Томск: SST, 2002 – 52 с.
4. Романенко В.И. Микробиологические показатели качества воды. //Водные ресурсы. – 1979. - №6. – С. 138-153.
5. СанПиН 2.1.4.1074-02 Вода питьевая.
6. Хвощевская А.А. Наливайко Н.Г. Железобактерии питьевых вод города Томска.- Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии [Текст]: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием: в 2 т. – Барнаул, 2014.-Т II. С. 192-199.

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОЗ.
ЛОШАМЬЁ (НП «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)**

И.И. Подлипский, П.С. Зеленковский

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия,
E-mail: primass@inbox.ru*

Аннотация. В статье содержатся результаты проведенной литогеохимической съемки на территории системы «водосборная площадь – акватория озера» оз. Лошамье (национальный парк «Смоленское Поозерье») в августе 2014 г. Анализ химического состава почв и донных осадков не выявил превышений ПДК по каким-либо элементам, однако характер распределения и диапазон значений концентраций может свидетельствовать о наличии внешних источников загрязнений, не проявленных ныне в полной мере.

Abstract. The article contained the results of the Lithochemical shooting in the territory of the "catchment area - the water area of the lake" Lake. Loshame (national park "Smolensk Lakes") in August 2014 Analysis of the chemical composition of the soil and sediment showed no exceedance of any elements, but the nature and distribution of a range of concentrations may indicate the presence of external contaminants.

Введение

С целью установления возможных источников поступления поллютантов в «конечное депо» миграции – донные отложения, необходимо провести геохимическую съемку территории поверхностного водосбора озера, площадь которой можно установить по изогипсе (200 м.н.у.м.), а также всей системы в целом «водосборная площадь - поверхностные воды - донные отложения» оз. Лошамье.

Одним из главных аспектов эколого-геохимического исследования прилегающих территорий и акватории оз. Лошамье – это выявление поллютантов в грунтах водосборной площади, поверхностной воде и донных отложениях озера.

Выделение на общем фоне локальных источников загрязнения, которые еще не внесли свой значимый вклад в общее состояние территории, но, тем не менее, потенциально опасных в будущем, крайне важная практическая задача [2]. Выполнение этой задачи в условиях потенциально чистой территории строго заповедной зоны национального парка затруднительна вдвойне, ввиду низких концентраций поллютантов, тем не менее, необходима с точки зрения обеспечения защиты природных комплексов от антропогенного влияния.

Методика проведенных исследований

Для достижения поставленной цели в августе 2014 г. была проведена литогеохимическая съемка на территории системы «водосборная площадь – акватория озера». В рамках этих работ водосборная площадь опробовалась с поверхности (0,0-0,2 м) по сети 200×200 м – всего отобрано 24 пробы грунта. В процесс отбора фиксировалась информация о типе грунтов: «минеральные» или «биогенные» (торф). Кроме того, на территории водосбора озера были заложены 2 скважины (глубиной 2,5 и 4,5 м.) с целью описания геологического строения береговой зоны и один почвенный разрез для описания типа почв и оценки вертикального распределения содержаний исследуемых элементов.

На акватории озера в рамках эколого-геологической оценки состояния территории были проведены следующие виды работ: описание водных (полуводных, водорослей и т.д.) растений и характера берега, отбор проб донных отложений бентосным дночерпателем Ван-Винна и промер глубин (плотность опробования 100×100 м – всего

отобрано 37 проб) (рис. 1), а также отбор проб береговых отложений с глубины 1,5-2,0 м (через 200 м. береговой линии – отобрано 14 проб), отбор проб планктона 3 пробы.

Из проб грунта удаляют крупные обломки горных пород и органические включения, доводятся до воздушно-сухого состояния в сушильном шкафу (с целью прекращения микробиологических процессов и связанных с ними биохимических изменений), измельчаются и просеиваются через сито (с размером ячеек 1 мм). Пробы донных и береговых отложений просеиваются через набор сит с целью установления гранулометрического состава образцов (по 3-м фракциям >1, 0,1-1 и 0,01-0,1 мм).

Грунт и донные отложения были проанализированы с использованием портативного рентгенофлуоресцентного анализатора X-Spec (модель 50Н, производитель ЗАО «Научные приборы») на содержание Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb и Sr (мг/кг). Пробы планктона обрабатываются в ручную, для установления систематической принадлежности организмов и определения их количественных характеристик.

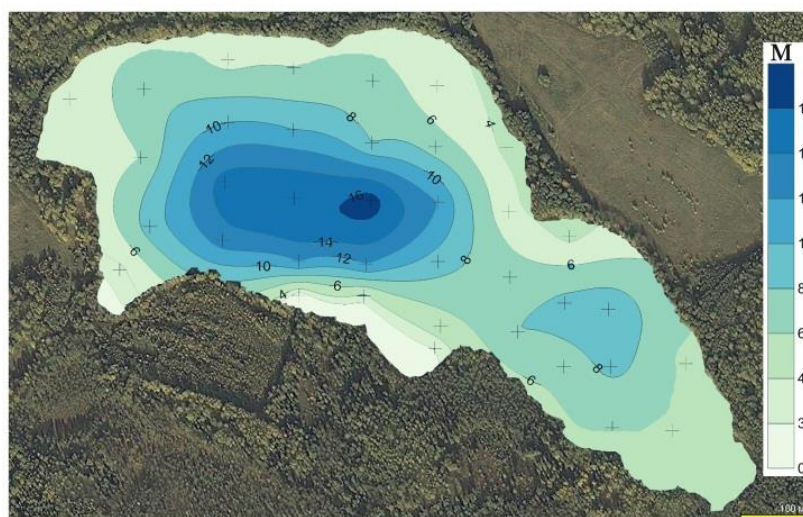


Рис. 1 Схема глубин оз. Лошамьё (ед.изм. – метры) и расположение точек отбора проб донных отложений [3].

Для обработки полученных аналитических данных был использован комплекс математических методов статистической обработки с целью гомогенизации и определения границ аномальности («правилом 3-х δ »). Дальнейшая математическая обработка данных проводилась с использованием корреляционного и факторного анализов.

Расчеты производились с помощью пакетов программ Statistica 10.0 и Microsoft Office Excel. Построение карт и картосхем проводилась в программах CorelDraw 12, Adobe Photoshop 8.0, Surfer 9.0 и др.

Результаты работы

Проведенный анализ данных состава выделенных литологических слоев с помощью программы Statistica 10.0, используя модуль «Описательная статистика (Basic Statistics and Tables)» и отображая устойчивые оценки математического ожидания и рассеяния, позволил разделить элементы по значению размаха вариации на две группы (рис. 2): элементы с неравномерным и относительно равномерным распределением. Небольшой фактический размер «ящика» (50% объема выборки) и относительно длинные «усы» (максимальное значение), позволяют говорить о наличии постоянного

притока загрязнителя в систему (например, это характерно для Hg, As, Cr, Cd, Pb и Mn) или о его консервации на геохимическом барьере (например, на физико-химическом, связанном с биогенными грунтами). Равномерное распределение содержания элементов в грунтах может быть установлена по соразмерности «ящика» и «усов», а также фактическому размеру последних. Такое распределение может быть связано с непостоянным поступлением (или отсутствием внешних источников) в систему загрязнителя и/или высокой его подвижностью (такие свойства характерны, например, для Cu, Zn, Co, Sr, Ca и Fe (рис. 5)).

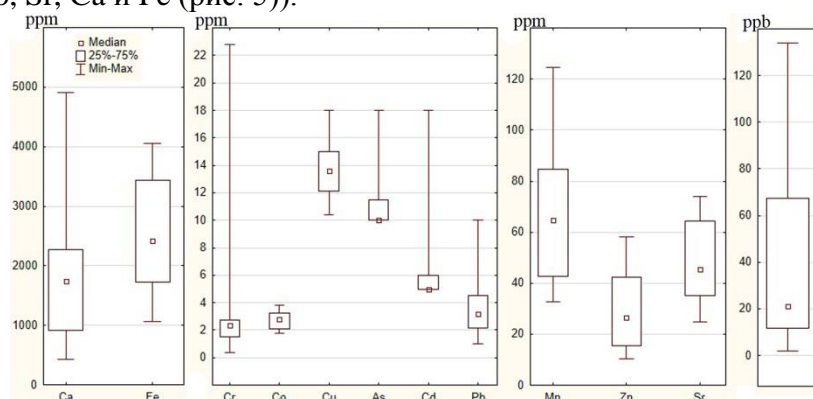


Рис. 2 Диаграммы распределения значений содержания загрязнителей в грунте.

Анализ содержания ртути в почвах выявил несколько закономерностей распределения. Все пробы соответствуют требованиям экологического норматива (ПДК для почв) и содержание ртути не превышает 2100 мкг/кг (рис. 2). В целом, с учетом стандартного отклонения (36 мкг/кг) можно говорить о достаточно монотонном распределении значений, при этом выделена одна точка, которую можно определить как «выброс» на общем фоне, несколько точек соответствуют повышенному значению.

По данным анализа полевых данных из 24 отобранных проб почв 18 можно отнести к «минеральным», а 6 - к «биогенным» (торфяным). Для установления зависимости распределения значений содержания загрязнителей в почвах разных типов был проведен кластерный анализ транспонированной литогеохимической матрицы (в строках – содержания; в столбцах – точки опробования) (Q-метод) [1], по результатам которого можно сделать вывод о четкой дифференциации полученных аналитических результатов. А по результатам сопоставления значений средних содержания практически всех элементов (кроме Cd) в пробах групп почв (по t-критерию Стьюдента с учетом соблюдения условия равенства дисперсий и нормальности распределения) были установлены достоверные различия по содержанию загрязнителей различных типах грунтов (при $p < 0,05$).

Биогенный грунт является емкой адсорбционной системой для загрязнителей и, соответственно, могут представлять временной аспект их поступления на всю территорию в целом. Таким образом, если часть «минеральных грунтов» характеризуются теми же параметрами распределения исследуемых элементов, что и «биогенные», то можно предположить, что они (территория их отбора) являются их источником поступления и/или потоком рассеяния от аномальной зоны, находящейся за пределами исследуемой площади.

При отборе значимых факторов в факторном анализе, используя критерий «осыпи», было установлено, что при анализе можно ограничиться тремя факторами, покрывающими более 72% общей дисперсии ($F_1 - 45\%$; $F_2 - 17\%$; $F_3 - 10\%$) (рис. 3). Фактор 2 (F_2) связывает распределение элементов (Ca, Mn, Cu и Sr), установление

техногенного источника которых на территории Смоленской области вызывает большие сложности, поэтому можно заключить наличие природных «корней» существования этой ассоциации. Фактор 3 (F_3), контролирует распределение группы элементов, в которой подчиненное значение приобретает свинец («медленный» мигрант, прочно закрепляющийся на органическом веществе или алюмосиликатах), основным техногенным источником которого до 2004-2005 г. был автомобильный транспорт (этилированный бензин). В связи с этим, можно сделать предположение, что происхождении этой группы элементов связано с ранее имевшим место общим загрязнением (всей площади исследования), техногенный источник которого достоверно установить в настоящее время нет возможности.

Первый фактор (F_1) связывает особенности грунтов (тип, см. рис. 3), распределение железа (как средообразующего элемента) и остальных элементов – Zn, As, Cd и, в том числе Hg. В связи с тем, что было выделено два типа почв («минеральный» и «биогенный»), содержание элементов в которых различно (причем в органогенных – больше), можно сделать заключение о высокой степени органофильности в целом всей ассоциации.

Все элементы этой ассоциации, согласно геохимической классификации элементов, предложенной В.М. Гольдшмидтом [5.], относятся к группе халькофильных. Кроме того, Zn, As, Cd и Hg это поллютанты I класса опасности, традиционно присутствующие в грунтах урбанизированных территорий, т.е. являются следствием неспецифического антропогенного воздействия.

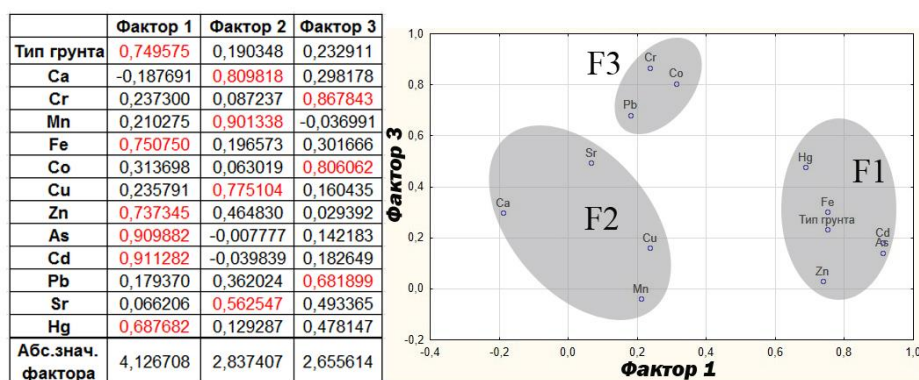


Рис. 3 Факторные нагрузки и диаграмма их распределения в осях F_1 - F_3 .

Хотелось бы отметить, что присутствие в ассоциации Hg и As (легко мигрирующих, часто в свободном виде) элементов, которые, как правило, обнаруживаются в краевых частях аномалий, может косвенно свидетельствовать о том, что источник воздействия находится вне пределов территории исследования.

Результаты анализа проб донных отложений

Гранулометрический анализ. Для определения типа донного осадка, а также его происхождения были проведены работы по определению гранулометрического состава (содержание в грунте механических элементов, объединенных во фракции [4]) (ситовой метод, согласно ГОСТ 12536-79 «Методы определения гранулометрического состава») верхнего слоя донных осадков (береговых и собственно донных).

Основными процессами формирования гранулометрических спектров осадков являются гидродинамика (латеральный перенос материала), гравитация (осаждение на дно терригенных, биогенных и др. компонентов), таким образом, по характеристикам верхнего слоя осадков можно судить о современных условиях седиментации. На

процессы осадконакопления также оказывают влияние характер рельефа дна, речной сток, ледовый режим.

По результатам проведенного кластерного анализа гранулометрического состава проб береговых и донных отложений можно выделить 4 группы грунтов, усредненные характеристики состава по фракциям представлены на рис. 4.

По результатам анализа рисунка 4 можно сделать заключение, что пробы донных отложений группы I и III приурочены к зоне наиболее активного накопления тонких фракций, вероятнее всего органического происхождения. Таким образом, современное загрязнение низкой интенсивности органофильными элементами (Hg, Zn, Cu, Pb и др.), имеющее место на территории исследования, с наибольшей вероятностью может отразиться на составе грунтов донных отложений группы I (рис. 4).

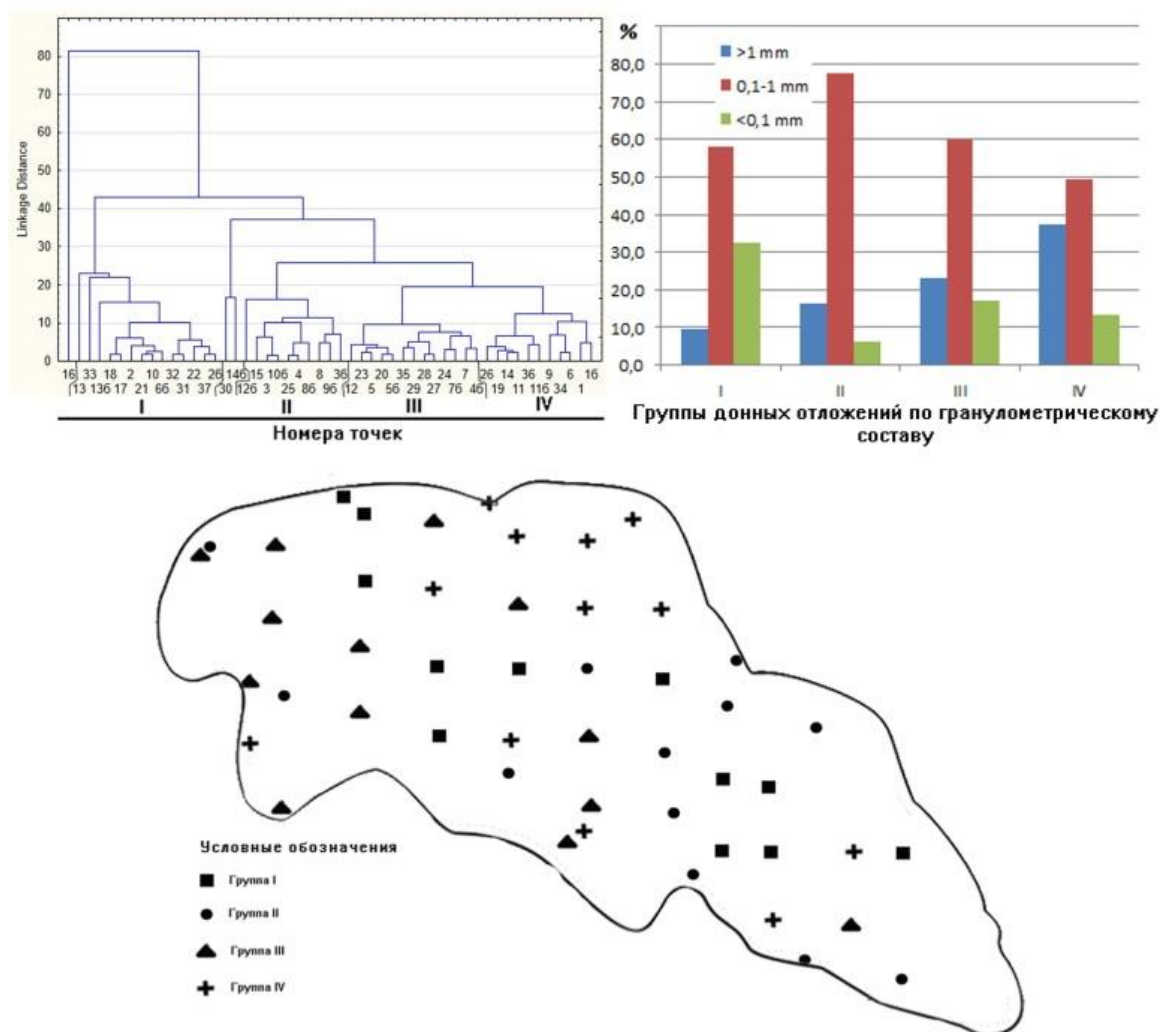


Рис. 4 Дендрограмма и диаграмма гранулометрического состава проб береговых и донных отложений и их распределение по акватории.

Область расположения донных отложений группы II характеризуется наиболее активным эрозионным подводным действием (для глубоких участков), в результате чего вымывается наиболее подвижная (пыль и глинистые частицы) часть грунтов, а остаётся песчаная фракция. Области распространения этого типа отложений связаны со склоновыми подводными участками. Донные отложения группы IV – зоны

гравитационного оседания твердого стока и, как следствие, преобладание каменисто-гравийной части в гранулометрическом составе.

Характеристика распределения элементов и веществ в донных отложениях позволяет сделать заключение (по относительным размерам «ящиков» и длине верхнего «уса» (рис. 5)) о наличии слабого техногенного воздействия и контрастных полиэлементных аномалий, а отсутствие относительно длинного «нижнего уса» свидетельствует о том, что на исследуемых территориях преобладает поступление веществ и элементов в среду над вымыванием (Hg, Cu, As, Cd, Pb и др.). Другая часть элементов имеет распределение близко к нормальному, что может быть косвенным свидетельством отсутствия их техногенного (и/или природного) привноса в систему «водосборная площадь-акватория оз. Лошамье».

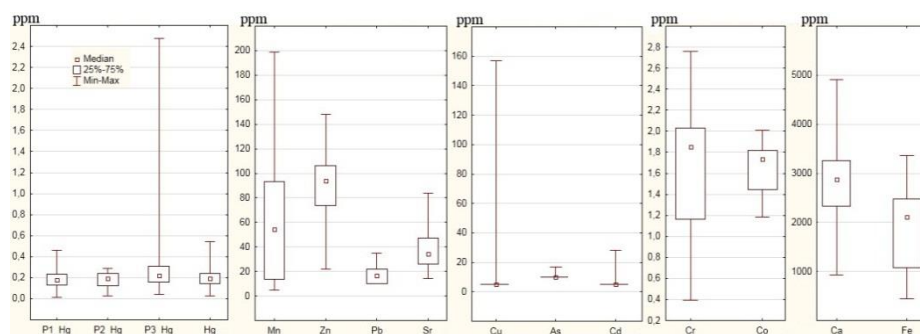


Рис. 5 Диаграммы распределения значений содержания загрязнителей в донных отложениях оз. Лошамье (P1_Hg – фракция >1 мм; P2_Hg – фракция 0,1-1 мм; P3_Hg – фракция <0,1 мм; Hg – расчетное валовое содержание)

Выводы

Проведено эколого-геохимического исследования донных отложений и почв водосборной площади оз. Лошамье. Анализ химического состава почв и донных осадков не выявил превышений ПДК по каким-либо элементам, однако характер распределения и диапазон значений концентраций может свидетельствовать о наличии внешних источников загрязнений, не проявленных ныне в полной мере. Статистический анализ распределения концентрация загрязнителей в донных осадках выявил две группы элементов (1 - Hg, As, Cr, Cd, Pb и Mn и 2 - Cu, Zn, Co, Sr, Ca и Fe). Особенности статистического распределения первой группы элементов позволяют говорить о наличии постоянного притока загрязнителя в систему, вторая может быть связано с непостоянным поступлением (или отсутствием внешних источников) в систему загрязнителя и/или высокой его подвижностью. Также выявлено значительное накопление элементов на тонких фракциях осадка.

Анализ распределения концентраций ртути (в целом невысоких) в донных отложениях и почвах и сравнение его с фоном позволяет сделать о наличии внешнего источника поступления данного загрязнителя.

Литература

1. Ворошилов В.Г. Методика выявления структуры аномалий геохимических полей рудных месторождений. // Известия Томского политех ун-та, 2004, Т. 307, № 2, с. 55-61
2. Иванович Г.А., Зеленковский П.С. Выделение участков локального загрязнения при экогеохимическом мониторинге городских территорий//Вестник СПбГУ Сер. 7. 2015. Вып. 2, с 126-130
3. Подлипский И.И. Методика эколого-геологической оценки ртутного загрязнения оз. Лошамье (национальный парк Смоленское Поозерье, Смоленская область). / Материалы IV международных

чтении памяти Н.М. Пржевальского: «Творческое наследие Н.М. Пржевальского и современность». Смоленск: Изд-во «Манжета», 2014, с. 116-119

4. ГОСТ 27593-88 (2005) Почвы. Термины и определения.
5. Goldschmidt V.M. Geochemistry. The International Series of Monograph on Physics. General Editors N.P. MOTT, Sir E.BULLARD. Oxford - at the Clarendon Press. L.: Oxford Univ.Press, 1954, 730 pp.

ЭКОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Сахаров

ООО «Геотехника», Кемерово, Россия, E-mail: geotechnika@mail.ru

Аннотация. Освещаются геоэкологические проблемы подземного пространства Кемеровской области, обусловленные развитием опасных природных и техноприродных процессов, методы их изучения и инженерной защиты территории.

Abstract. Geoeological problems of the underground space caused by the development of dangerous natural and techno-natural processes, the methods of study and the engineering protection of the territory are highlighted here.

Широкое развитие опасных природно-техногенных и техногенных процессов (подтопление, просадки, пучение, сейсмичность), а также постоянное ухудшение экологической обстановки, возникла проблема ликвидации негативных последствий этих процессов и предупреждения их возникновения на всех этапах градостроительной деятельности.

Сейсмичность, геодинамика, нарушение целостности подземного пространства (подработка), подтопление, химическое загрязнение - вот далеко не полный комплекс процессов и явлений природного и техногенного происхождения, определяющих состояние экологии лито- и гидросферы. Сейсмическая и геодинамическая обстановка подземного пространства складывается из общей природной тектонической ситуации территории и локальных техногенных очагов напряжения и разгрузок, нередко сопровождающихся интенсивными процессами электрогенерации и излучения энергии различных форм и модификаций. Кроме того, обстановка осложняется наличием разрывных тектонических нарушений, по которым к поверхности земли поднимаются эманации радона, торона и других радиоактивных элементов и газов.

Согласно СП 14.13330.2014 территория г. Кемерово входит в район возможных сейсмических воздействий, интенсивность которых по картам ОСП-97 А; В; С оценивается в 6, 6, 7 баллов по шкале MSK – 64 для грунтов II категории по сейсмическим свойствам. Микросейсмрайонирование г.г. Новокузнецка, Междуреченска, Мысков, Осинников, выполненное с участием ООО «Геотехника», показало, что в зависимости от состояния грунтового массива, его обводненности и нарушения подземными выработками сейсмичность может увеличиваться на 1 – 2 балла, что создает потенциальную угрозу возможности аварийных ситуаций (деформации и разрушения зданий и сооружений).

Геодинамическая обстановка во многом зависит от наличия естественных напряженных зон (разломов, кольцевых структур) и локальных техногенных очагов напряжений и создает определенные трудности и аварийные ситуации при разработке месторождений полезных ископаемых (горные удары, внезапные выбросы пород и газов). Кроме того, избыток напряжений может за счет виброрезонансных процессов разрядиться локальным сейсмическим толчком, особенно в районах подработки и взрывных работ (как пример землетрясение магнитудой 5,3 произошло в 21 километре

от города Белово Кемеровской области 11.07.2013). Подработка территорий ведет к деформации поверхности земли. Согласно СНиП 2.01.09-91 отдельные площадки строительства имеют уровни прогнозных деформаций от IV до I и выше группы подрабатываемых территорий, т.е. налицо неблагоприятные условия строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Из 18 перспективных для застройки площадей, предложенных ГлавУКСом и УКСами городов, 2 непригодны по уровню возможных деформация без проведения специальных горнотехнических мероприятий.

Не совсем удачно принято расположение объектов в микрорайоне 7 г. Новокузнецка, где мощность просадочных грунтов составила более 10 метров, выбор территории под строительство города-спутника «Лесная поляна» в г. Кемерово, где неровная кровля коренных пород привела к подтоплению подвалов зданий в первый год эксплуатации. Кроме того, не вполне корректно с точки зрения тектоники и геодинамики первоначально была выбрана схема самого генплана «Лесной поляны», где многие сооружения запроектированы на тектоническом разломе.

Разработка угольных месторождений, кроме того, сопровождается выделением метана, угарного газа, что приводит к разрушению озонового слоя атмосферы в результате реакции метана с озоном, а также накоплению CH_4 и CO в подъемных выработках и подвалах.

Другой немаловажной проблемой для городов Кемеровской области является подтопление. Подтоплением охвачено 50% территории города и процесс продолжает развиваться. Подтоплены микрорайоны 17, 18, 19, 22÷28, 61, 62, 64, 68 Ленинского район; 11, 11А, 12 и 12А Рудничного района; 7Б, 15А Центрального района; а также 14, 59, 60 Заводского района города. Наиболее остро проблема подтопления и неблагоприятные явления, связанные с ним проявляются на территории жилой застройки Центрального, Ленинского, Заводского и Рудничного районов. Результатом подтопления является снижение несущей способности грунтов и деформации зданий и сооружений. В настоящее время более 20 зданий в Кемерово находится в аварийном или предаварийном состоянии.

Наряду с подтоплением происходит интенсивное загрязнение подземных вод за счет локальных источников (промпредприятия, шламоотстойники, гидроотвалы, коммуникации селитьбы, свалки) и площадного загрязнения выпадающими из воздуха на почву аэрозолями, пылью, гидрозольями, что приводит также к загрязнению поверхностных вод, почв и грунтов. Химико-аналитические исследования, выполненные при инженерно-экологических изысканий в разных районах г. Кемерово показали сверхнормативное содержание в почве мышьяка в пределах 2 - 14 ПДК, свинца 2 - 4 ПДК, бензопирена 4 - 16 ПДК, нефтепродуктов. Химическое загрязнение атмосферы, гидро- и литосферы приводит к коррозии зданий и инженерных сооружений, активизирует суффозионные процессы.

Сложная геоэкологическая обстановка городов предопределяет проведение неотложных мер по ее оздоровлению. Первым этапом работ должно стать детальное изучение фактического положения с целью составления комплекса карт районирования территории города (микрорайона): сейсмогеодинамических, геохимических, гидрогеологических и гидрологических.

Конечным результатом должно стать создание мониторинга состояния окружающей среды - информационной системы, позволявшей следить за происходящими процессами и принимать соответствующие решения по изменению существующей экологической обстановки, а также контролировать эффективность осуществляемых природоохранных мероприятий.

Основой мониторинга в свою очередь, должен стать Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области, включающий материалы всех исследований и научных разработок по проблемам экологии.

Литература

1. Технический отчет о комплексных инженерных изысканиях, Объект: "Составление инженерно-геологической карты масштаба 1:10000 г. Кемерово". Госстрой РСФСР Кемеровский трест инженерно-строительных изысканий "КузбассТИСИЗ", Шифр 6971, 1992 г.
2. Зверева Л.Г. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Объект: «Проект застройки микрорайона 15 – 15а г. Кемерово», архив «КузбассТИСИЗа», шифр 9456. Кемерово, 1991
3. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические исследования - М.: Изд-во КДУ, 2007.
4. Емельянова Т.Я., Ипатов П.П. Экологическая инженерная геология: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 1995.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ Г. КЕМЕРОВО

В.Н. Сахаров, Е.В. Сахаров, Ю.В. Минтянов, В.Ю. Минтянов

ООО «Геотехника», Кемерово, Россия, E-mail: geotechnika@mail.ru

Аннотация. Освещаются геоэкологические проблемы, обусловленные развитием опасных природных и техноприродных процессов, методы их изучения и инженерной защиты территории.

Abstract. Geoeological problems caused by the development of dangerous natural and technonatural processes, the methods of study and the engineering protection of the territory are highlighted here.

Одним из основных факторов, определяющих геоэкологическую ситуацию территории, является состояние подземного пространства (лито- и гидросферы). В последние годы все большее влияние на природные сферы подземного пространства оказывает техногенное воздействие человека. В результате его весьма разноплановой хозяйственной деятельности значительно активизируются естественные природные процессы и явления, которые негативно воздействуют как на состояние самого объекта окружающей среды, так и на ее субъект - человека.

Существенно изменился масштаб и характер техногенного воздействия на геологическую среду г. Кемерово. Площадь города и плотность застройки постоянно возрастает. В связи с этим под освоение попадают площади со сложными инженерно-геологическими условиями. Происходит трансформация геодинамической обстановки, которая часто приводит к повышению сейсмической активности, возникновению негативных и опасных проявлений экзогенных геологических процессов (ЭГП), таких как подтопление, загрязнение грунтовых и поверхностных вод.

В геолого-структурном отношении территория г. Кемерово находится в пределах увалисто-холмистой денудационно-эрозионной равнины севера Кузнецкой котловины, являющейся структурным элементом Западно-Сибирской низменности.

В рельефе ее выделяются два основных элемента - плоские водоразделы и речные долины. Водоразделы с отметками 180-260 м представляют реликты древней дочетвертичной равнины. Превышение над днищем долин составляет 96-200м. Формы водоразделов сглаженные, вершинные поверхности плоские, склоны пологие, ровные, расчлененные долинами, логами, балками. Густота сети 0,64 - 1,81 км/км².

Речные долины представлены хорошо разработанной, террасированной долиной р. Томи и менее разработанными долинами ее притоков. Поверхность склонов и долина изрезана временными водотоками, логами. На застроенной территории на отдельных участках естественный рельеф изменен: засыпаны лога, проведены планировочные работы (срезки, подсыпки) намыв грунта в поймах и т.д. В пределах долины в черте г. Кемерово выделяются низкая, высокая пойма и пять надпойменных террас.

Геологическое строение г. Кемерово определяется расположением его в северо-западной части Кузнецкого передового прогиба в зоне сочленения со структурами Томь-Колыванской складчатой области.

Самыми древними являются отложения турнейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы, представленные серыми, темно-серыми известняками, окварцованными, окремненными песчаниками, доломитами. Мощность их 400-500м. Выше по разрезу вскрываются зеленые, голубовато-зеленые серые, зеленовато-серые разномерные кварц-полевошпатовые песчаники с пропластками кремнистых известняков и хлоритовых сланцев, серые и темно-серые крупнокристаллические и сильно опесчаненные известняки и редко известковистые алевролит визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы. Мощность их 350-400 м.

Мощная угленосная толща Кузбасса начинается с отложений острогской подсерии нижнего-среднего отделов каменноугольной системы (C₁₋₂ OS), залегающих трансгрессивно, но без видимого углового несогласия на визейских отложениях. Сложена подсерия в низах разреза конгломератами, выше желтовато-зеленоватыми песчаниками, переслаивающимися с серыми алевролитами, аргиллитами, прослоями углистых аргиллитов и каменных углей. Венчается разрез толщиной т.н. "строительных кварцевых песчаников" от грубозернистых и конгломератовидных в основании до мелкозернистых и алевролитистых в кровле. Общая мощность отложений 600-650м.

На отложениях острогской подсерии согласно с постепенным входом залегают чередующиеся мелкозернистые песчаники на кремнисто-известковистом цементе, аргиллиты и алевролиты, углистые сланцы с пластами углей рабочей мощности, нижнебалахонской подсерии среднего-верхнего отделов каменноугольной системы общей мощностью 1200-1300 м.

Пермскую систему в районе составляют отложения верхнебалахонской подсерии нижнего отдела, кузнецкой и ильинской подсерии верхнего отдела.

Отложения верхнебалахонской подсерии залегают согласно на отложениях нижнебалахонской подсерии и представлены ритмичночередующимися пачками светлосерых, полимиктовых, реже аркозовых, мелко зернистых песчаников мощностью 50-80м, алевролитов, аргиллитов, углистых аргиллитов и каменных углей рабочей мощности. Общая мощность отложений 1150 - 1600м.

Нижняя граница Кузнецкой подсерии условно проводится по пласту крупногалечникового конгломерата мощностью 6,0м, верхняя - по слою алевролита. Сложена она песчаниками, алевролитами, гравелитами, конгломератами. В целом для отложений подсерии характерна зеленовато-серая окраска полимиктовый, кварц-полевошпатовый состав обломочного материала, полное отсутствие углей и углистых аргиллитов. Мощность отложений 900-1000м.

Отложения Ильинской подсерии залегают согласно на породах кузнецкой подсерии и представлены дельтовой фацией - "красноярскими песчаниками" - однообразной толщиной серых, мелко и среднезернистых полимиктовых, слоистых, реже массивных трещиноватых песчаников на глинистом карбонатном цементе. Мощность их 1200- 1600м.

В пермский-четвертичный период проходило интенсивное выветривание каменноугольных-пермских отложений с образованием коры выветривания мощностью до 100-110м. Слабая сохранность коры, объясняется тем, что Кузнецкий бассейн, представлял собой приподнятую равнину с развитой речной сетью. Такая обстановка способствовала размыву образовавшейся коры выветривания. Поэтому мощность элювиальных отложений коры (структурный элювий) незначительна до 10-15м. На отдельных участках данные отложения вообще отсутствуют. Представлены они, в основном, суглинками, супесью с дресвяным и щебенистым грунтом, дресвяным, щебенистым.

Четвертичные отложения залегают на очень неровном рельефе размытой поверхности, выше охарактеризованных отложений морской терригенно-карбонатной лагунно-континентальной, терригенно-угленосной формаций практически повсеместно залегают образования четвертичной системы.

Самыми древними являются нижнее - среднечетвертичные аллювиальные отложения 5 надпойменной террасы, выделяющиеся на правобережье р. Томи в 0,4-0,5 км ниже коммунального моста в г. Кемерово и между п.Боровым и с. Верхне Томским. В рельефе 5 терраса выражена слабо, границы ее нечеткие.

Представлены отложения бурыми, серовато-желтыми, серыми, синевато- и зеленовато-серыми суглинками, глинами, песками гравийно-галечниковыми отложениями. Состав галечника разнообразный- кварц, изверженные, осадочные и метаморфические породы. Размер галек до 10 см, окатанность средняя и хорошая. Мощность галечников 1-5 м мощность аллювия 10-15м, совместно с покровными 20-30м.

Нижне-среднечетвертичные озерно-аллювиальные отложения кедровской свиты выделяются как отложения древних логов и мелких речных долин. Они откартированы вдоль пологих правобережных склонов р.р. Крутой, Чесноковки, Люскуса, Осиновки и др, левобережных склонов р. Камышной, Б. Камышной. Представлены они серыми, темносерыми, синевато-серыми, бурыми часто иловатыми суглинками, супесями, песками, в основании перед песчано-галечниковыми отложениями общей мощностью до 40м. Залегают они обычно с глубоким врезом на палеозойских породах как правило, к этим отложениям приурочены современные долины рек и логов, что свидетельствует об унаследованном характере развития последних.

Среднечетвертичные аллювиальные отложения 4-ой надпойменной террасы прослеживаются в виде непрерывной полосы шириной до 3-4 км на левобережье и правобережье (в районе с.Верхне Томского) р.Томи. В строении террасы принимают участие суглинки, погребенные почвы в виде плотных суглинков, глин, илы, линзы песков общей мощностью до 45-60м.

Верхнечетвертичные отложения 3 надпойменной террасы выделяются на левобережье р.Томи в районе п.Металлплощадки, Центральном районе г.Кемерово. В основании террасы залегают галечники, разнозернистые, гравелистые пески мощностью до 9-10 м, выше суглинки и глины мощностью до 30м.

Верхнечетвертичные аллювиальные отложения 2 надпойменной террасы широко развиты как на левобережье, так и на правобережье р.Томи. Отложения террасы представлены галечниками, желтовато-серыми, серыми и бурыми суглинками, синевато-серыми иловатыми суглинками полимиктовыми песками, супесями.

Покровные нерасчлененные элювиальные и делювиальные верхнечетвертичные - современные отложения развиты практически повсеместно перекрывая сплошным чехлом водоразделы, их склоны и террасы, отсутствуя лишь на 1 надпойменной и

пойменной террасах, рек. Представлены они бурыми, палево-желтыми лессовидными, карбонатизированными суглинками, нередко с погребенными почвами, в основании с щебенкой подстилающих пород. Эти отложения перекрывают темно-бурые суглинки, супеси, глины, реже дресвяно-щебенистые грунты распространенные преимущественно на склоновых участках водоразделов. Мощность их от 0,5 до 15,0м.

Аллювиальные верхнечетвертичные-современные отложения 1ой надпойменной террасы выделяются на левобережье р.Томи в районе с.Мозжуха-Кемерово, с-з Суховский, Металлплощадка. Мощность аллювия 10-28 м. Пойменная фацция представлена иловатыми бурыми, серыми суглинками, иловатыми, супесями, с прослоями песков, русловая гравийно-галечниковыми грунтами, нередко с включениями валунов, с прослоями песков.

Покровные верхнечетвертичные-современные отложения развиты на большей части г.Кемерово, плащеобразно перекрывая все более древние, образования второй, третьей, четвертой и пятой надпойменных террас р.Томи.

Представлены они лессовидными светло-бурыми суглинками, реже супесями. Характеризуются столбчатой отдельностью, высокой пористостью, часто просадочные. Мощность их от 0,5 до 15м.

Современные аллювиальные отложения пойменных террас имеют повсеместное распространение в долинах всех рек. Залегают они преимущественно на отложениях палеозоя, реже подстилаются уцелевшими от размыва верхнечетвертичными озерно-аллювиальными и аллювиальными отложениями.

Разрез пойменной террасы р.Томи, сложен фационально невыдержанными по площади и глубине иловатыми суглинками, супесями песками, илами, торфами, в основании галечниковыми, валунно-галечниковыми, гравийно-галечниковыми, рыхлыми грунтами. Мощность пойменной фацции 7-10, русловой до 5-6 м.

Террасовые отложения мелких рек представлены, в основном, пойменной фацией - иловатыми суглинками, супесями заторфованными; в основании дресвяно-щебенистыми, реже галечниковыми грунтами с суглинисто-супесчаными заполнителем. Общая мощность отложений 3-10м.

В гидрогеологическом отношении по условиям залегания и формирования подземных вод, стратиграфической принадлежности в исследованном районе выделяется слабопроницаемые локальные слабоводоносные горизонты в покровных делювиально-аллювиальных, делювиально-элювиальных отложениях и водоносные зоны трещиноватости в органогенных, терригенных, угленосных, сцементированных отложениях пермокарбона, в региональном плане представляющие единую обводненную систему.

Слабопроницаемые локально водоносные горизонты в верхнечетвертичных - современных делювиально-аллювиальных, аллювиальных отложениях залегают первыми от поверхности, единого выдержанного горизонта не образуют.

В естественных условиях (вне застройки) водоносные горизонты формируются на водоразделе и делювиальных склонах рек Осиновки, Б.Промышленная правобережья р.Томи, где относительными водоупорами служат более плотные аллювиальные озерно-аллювиальные суглинки, глины, сильновыветрелые закольматированные аргиллиты, алевролиты, реже песчаники, а также подпорный (напорный) уровень подстилающих водоносных горизонтов, зон трещиноватости.

В зоне застройки водоносные горизонты формируются в период строительного освоения и последующей эксплуатации объектов в результате изменения структуры водного баланса в сторону увеличения его приходной части, на первом этапе на локальных участках дополнительного питания образуются отдельные куполовидные

поднятия, которые в дальнейшем либо сливаются в локальный горизонт, при изменении структуры водного баланса в сторону уменьшения рассасываются.

Водовмещающими породами являются покровные лессовидные и аллювиальные суглинки с коэффициентами фильтрации 0,04-0,06 м/сут, супеси, прослойки песков с коэффициентами фильтрации 0,2-2 м/сут. Залегают они на глубине от 0,5 до 18 м, мощность их 1,5-15 м. Абсолютные отметки уровней 180-225 м. Зона аэрации представлена лессовидными суглинками с коэффициентом фильтрации 0,050-0,065 м/сут.

Химический состав подземных вод неоднороден. Фоновый состав вод хлоридно-гидрокарбонатный, хлоридно-гидрокарбонатно-кальциевый. Фоновая минерализация подземных вод 0,1-0,5 г/дм³, рН-6,5-8,0. Определенной закономерности распространения типов вод по площади не выявляется. Кроме основных компонентов в водах присутствует двух- и трехвалентное железо, нитраты, нитриты, аммиак и другие продукты растворения и инфильтрации промышленных и хозяйственных отходов.

По режимным наблюдениям резко выраженного сезонного изменения катионного и анионного состава не наблюдается. В ряде случаев происходит увеличение минерализации, окисляемости по Кубелю, возрастает содержание азотсодержащих компонентов.

По содержанию сульфатов, хлоридов, водородному показателю в зоне застройки подземные воды среднеагрессивные к металлическим конструкциям. Агрессивность - островная, на большей части селитебной застройки и незастроенной территории воды неагрессивны к металлам и бетонам.

Водоносные зоны трещиноватости верхнепермских отложений (P₂) выделяются в различной степени дислоцированных, трещиноватых переслаивающихся, фациально не выдержанных песчаниках, алевролитах, конгломератах, сланцах, известняках, реже каменных углях, аргиллитах. Особенностью их является резкая неоднородность фильтрационных свойств по площади и в разрезе, которая в основном обусловливается закономерностями развития эффективной трещиноватости.

Здесь наряду с основной тектонической трещиноватостью дополнительно формируется трещиноватость бокового и донного отпора и в результате восходящей фильтрации более интенсивно идут процессы выщелачивания и суффозии притрещинных зон. К областям питания, склонам долин, водоразделам эффективная трещиноватость закономерно уменьшается, достигая минимума на региональном водоразделе реки Томь. В разрезе максимальная эффективная трещиноватость развита до глубины 80-130 м. В этом интервале расходомерией выделяется 2-4 относительно изолированные друг от друга обводненные трещинные зоны средней мощностью 3-5 м, приуроченные к одной или нескольким литологическим разностям и связанные трещинами регионального плана в единую обводненную систему.

Преобладающее развитие в районе имеет водоносная зона трещиноватости верхнепермских безугольных отложений ильинской подсерии, выполняющих ядро Кемеровской синклинали - зоны пологих брахискладок.

Водовмещающими являются отдельные обводненные трещинные зоны в трещиноватых, т.н. «красноярских песчаниках», реже алевролитах и аргиллитах, залегающих на глубинах от 2-5 м на коренном склоне до 45-50 м на высоких террасах р.Томи.

Глубина залегания уровней подземных вод изменяется от 30-50 м на водоразделах до +2 - +5 м на пойменных террасах.

Подземные воды напорные. Величина напора зависит от глубины залегания обводненных зон. Водообильность по площади тесно связана с геоморфологией.

Максимальная водообильность отмечается в поймах р.Томи и ее притоков (Люскус, Каменушка), 1, 2 надпойменных террасах в их прибрежной части. Удельные дебиты скважин здесь 0,55-42,5 л/сек, дебиты до 124,0 л/сек, коэффициент водопроницаемости 300-500 м²/сут. К высоким террасам, коренному склону водообильность закономерно снижается. Удельные дебиты скважин составляют 0,02-0,16 л/сек, до 1,7 л/сек в логах, коэффициент водопроницаемости 5-10 м²/сут на водоразделах, коэффициент пьезопроводности в среднем равен 5-10 м²/сут. В разрезе наиболее обводнены первые от поверхности обводненные зоны залегающие на глубине до 50-60 м.

Питание подземных вод местное инфильтрационное. Разгрузка их осуществляется в долинах в водовмещающие породы вышележащих аллювиальных горизонтов, реже непосредственно в р.Томь и ее притоки через родниковый сток. Взаимосвязь подземных вод с вышележащими горизонтами несовершенная, но достаточно четко выраженная.

По фоновому химическому составу воды гидрокарбонатно-кальциево-натриевые, гидрокарбонатно-натриево-кальциевые с минерализацией 0,1-0,8 г/дм³, жесткость 3-8 мг/зкв/л.

Подземные воды широко используются для технического и хозяйственного водоснабжения промышленных объектов и населения Кировского, Заводского и Рудничного районов г.Кемерово. Дебиты одиночных и групповых водозаборов составляют 25-9160 м³/сут. Большая их часть работает не на полную мощность.

Источниками формирования эксплуатационных запасов подземных вод являются естественные ресурсы и привлекаемые путем перетекания из вышележащих горизонтов, комплексов, запасы. В целом, и эксплуатация подземных вод и шахтный водоотлив не приводит к существенному снижению уровней подземных вод и региональному развитию воронки депрессии.

Загрязнение подземных вод в значительной степени обусловлено их низкой природной защищенностью. Территории относятся к 1 и 2 категории защищенности. Воды зоны трещиноватости на крутых склонах, в поймах относятся к категории незащищенных.

Грунтовые воды при загрязнении характеризуется разнообразным составом, для них характерна различная минерализация, часто превышающая 1 г/дм³.

На прилегающих сельскохозяйственных территориях, граничащих с исследуемым районом, известны единичные случаи загрязнения аммонием и нитратами, максимальные концентрации азотсодержащих веществ фиксируются на территории промплощадки "Азот" NH₄ - 130 мг/дм³, NO₂ - 15 мг/дм³, NO₃ - 204 мг/дм³.

Вследствие неполноты химических анализов воды сведения по другим показателем загрязнения отсутствуют. Ориентировочными показателями загрязнения подземных вод микроэлементами могут быть ореолы повышенного, аномального содержания Pb Zn Cu Hg As, Au Mn F, выявленные при изучении техногенного загрязнения почв районов г.Кемерово. Ореолы аномального содержания элементов образуют обычно комплексные техногенные аномалии, фиксирующие основные источники загрязнения окружающей среды.

Водоносные зоны трещиноватости в общем менее загрязнены по сравнению с водами четвертичных отложений. Изменение качества вод связано в основном с ухудшением микробиологических и органолептических показателей, с повышением содержания, микрокомпонентов и специфических веществ, характерных для промышленного и сельскохозяйственного загрязнения.

Наиболее неблагоприятная обстановка сложилась в с-з части г. Кемерово и на прилегающей к ней сельскохозяйственной территории, где в водах водоносных зон трещиноватости каменноугольных и нижне-пермских отложений отмечается наличие (мг/дм^3) NH_4 - до 106; Fe до 12,9; As - до 0,07; Mg до 0,3; нефтепродукты до 0,4-2,3; фенолов до 0,06; аминов до 0,38; формальдигида - 0,065 и капролоктама - 0,9; мутность до 30-65; запах 2-4; вкус 3 балла; цветность до 25-50 (водозаборные скважины "Азот", Камышинского и Кемеровской ПТФ, п. Пригородный, д. Улус-Мозжуха и др.).

Загрязнение вызвано, по всей видимости, как расположенными здесь химическими и промышленными предприятиями, так и сельскохозяйственными объектами.

Повышенное содержание свинца до 0,036-0,14 мг/дм^3 отмечалось по ряду скважин в долине р. Томи, при разведке подземных вод зон трещиноватости верхнепермских отложений ильинской подсерии для водоснабжения г. Кемерово, что можно объяснить загрязнением области питания выхлопными газами автотранспорта вдоль автомагистрали.

В целом, изученность гидрохимической обстановки не соответствует той сложной экологической обстановке, в которой находится г. Кемерово.

На территории города Кемерово наблюдаются такие физико-геологические процессы и явления, как речная эрозия, развитая на незадернованных склонах речных долин. Наиболее подвержены р.р. Люскус, Каменушка, в меньшей степени правые борта р. Камышная, Куроискитим, Искитимка, а так же незадернованный правый берег р. Томь. Здесь же наблюдается выветривание горных пород и осыпи, особенно прогрессирующие в районе Мозжухинского карьера, Правой гавани и вблизи д. Журавли. Имеет место заболоченность мелких речных долин, наиболее развитая по р.р. М. Чесноковка, Алыкаевка.

На значительной территории, особенно на высоких левобережных террасах и водоразделе, развиты лессовидные просадочные грунты. При замачивании они резко снижают свои прочностные и деформационные характеристики. В настоящее время городу приносят ущерб не только и не столько природные геологические процессы и явления сколько техногенные, связанные с деятельностью человека. Наиболее негативное влияние на инженерно-геологическую обстановку города оказывают техногенные процессы, связанные с подтоплением. Повышение уровня подземных вод приводит к уменьшению зоны аэрации, увеличению влажности подвальных помещениях и первых этажей зданий, подтоплению фундаментов и подвалов.

Вследствие обводнения грунтов особенно просадочных, происходит значительное снижение их прочностных и деформационных свойств. В результате чего наблюдаются деформации зданий. В настоящее время более 200 зданий в Кемерово находится в аварийном или предаварийном состоянии.

Подтоплением охвачено 50% территории города и процесс продолжает развиваться. Подтоплены микрорайоны 17, 18, 19, 22÷28, 61, 62, 64, 68 Ленинского район; 11, 11А, 12 и 12А Рудничного района; 7Б, 15А Центрального района; а также 14, 59, 60 Заводского района города. Наиболее остро проблема подтопления и неблагоприятные явления, связанные с ним проявляются на территории жилой застройки Центрального, Ленинского, Заводского и Рудничного районов.

Подтопление территории следует отнести к наиболее актуальным геоэкологическим проблемам, как при строительном освоении территории, так и при эксплуатации освоенных территорий. При превышении критических значений уровня грунтовых вод нарушаются нормальные условия эксплуатации объектов жилищного строительства, зданий, сооружений и территорий в целом. Подтопление может

инициировать гидрогеологическую чрезвычайную ситуацию, когда на определенной территории или объекте складывается обстановка, которая может повлечь за собой ущерб здоровью людей, окружающей среде, материальным и культурным ценностям.

От высокого уровня грунтовых вод переувлажняются грунты оснований зданий и сооружений, снижается их прочность, что вызывает недопустимые деформации оснований и разрушение несущих конструкций. Высокий уровень грунтовых вод создает неблагоприятные санитарные условия проживания. Связанное с высоким уровнем грунтовых вод понижение температуры поверхности земли и повышение влажности воздуха вызывает повышенную заболеваемость населения.

Наряду с подтоплением происходит интенсивное загрязнение подземных вод за счет локальных источников (промпредприятия, шламоотстойники, гидроотвалы, коммуникации селитьбы, свалки) и площадного загрязнения выпадающими из воздуха на почву аэрозолями, пылью, гидрозольями, что приводит также к загрязнению поверхностных вод, почв и грунтов.

Исследования, выполненные в 15-м микрорайоне г. Кемерово показали сверхнормативное содержание в почве мышьяка в пределах 2 - 14 ПДК.

Химическое загрязнение атмосферы, гидро- и литосферы приводит к коррозии зданий и инженерных сооружений, активизирует сульфидионные процессы (Центральный район, ОАО «КОКС», «Химпром»).

Много деформаций зданий и сооружений на естественном основании особенно в первый год строительства возникает в результате морозной пучинистости грунтов из-за их промораживания в котлованах под фундаментами. Грунты подвергаются пучинистости при глубине залегания уровня грунтовых вод до 2-3м от поверхности земли или поверхности дна котлована. Если учитывать процесс подтопления, то практически все грунты являются пучинистыми. Проектные организации учитывают этот фактор, но деформации все-таки происходят, как правило, из-за ошибок в строительной технологии производства работ. Величина абсолютной величины морозного пучения зависит от очень многих факторов (суровости зимы, продолжительности промораживания, литологии грунта, глубины уровня воды, высоты снежного покрова и прочее).

Другим опасным инженерно-геологическим фактором на территории города, являются потенциально оползнеопасные территории микрорайона 7б, Набережной р. Томи, правого берега р. Искитимки.

Сложная геоэкологическая обстановка города предопределяет проведение неотложных мер по ее оздоровлению. Первым этапом работ должно стать детальное изучение фактического положения с целью составления комплекса карт районирования территории города: сейсмогеодинамических, геохимических, гидрогеологических и гидрологических.

При изменении естественных условий и инженерно-хозяйственной обстановки применение информационной системы, основанной на использовании средств гидрогеологического моделирования и ГИС технологиях, позволит получать прогнозные характеристики развития процесса подтопления и оценивать его влияние на социально-экономическую систему города для оперативной разработки защитных мероприятий.

При защите территории г. Кемерово рекомендуется использовать как превентивные, так и капитальные мероприятия. Превентивные мероприятия включают:

- запрещение любого строительства на очень опасных и опасных участках, где требуется комплексная инженерная защита, и которые могут использоваться как парковая зона отдыха населения;

- строительство объектов в пределах условно опасных зон возможно при условии предварительной инженерной подготовки территории;
- исключение утечек из водонесущих коммуникаций;
- запрещение подрезки склонов;
- запрещение движения транспорта в непосредственной близости от оползнеопасных территорий;
- организация мониторинга природно-технических систем.

Капитальные мероприятия предусматривают разработку и введение методов инженерной защиты территорий, находящихся в зонах риска. Особенное внимание должно уделяться организации мониторинга за природно-техническими системами на территориях развития природных и техногенных процессов.

Литература

1. Технический отчет о комплексных инженерных изысканиях, Объект: "Составление инженерно-геологической карты масштаба 1:10000 г. Кемерово". Госстрой РСФСР Кемеровский трест инженерно-строительных изысканий "КузбассГИСИЗ", Шифр 6971, 1992 г.
2. Зверева Л.Г. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Объект: «Проект застройки микрорайона 15 – 15а г. Кемерово», архив «КузбассГИСИЗа», шифр 9456. Кемерово, 1991
3. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические исследования - М.: Изд-во КДУ, 2007.
4. Емельянова Т.Я., Ипатов П.П. Экологическая инженерная геология: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 1995.

ФАКТОРЫ И УРОВЕНЬ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.А. Севостьянова, А.К. Полиенко, В.А. Осадчий

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: sevostyanovaoa@tpu.ru*

Аннотация. Одной из важнейших проблем современной медицины является проблема мочекаменной болезни, ежегодная заболеваемость которой в мире составляет от 0,5 до 5,3%, а частота её возникновения находится в пределах 0.1–0.4%, то есть у 100–400 человек из 100000 образуются мочевые камни. Важность и актуальность проблемы мочекаменной болезни определяются ее эпидемиологией, т.к. имеет широкое распространение, и во многих странах мира отмечена тенденция к росту заболеваемости.

В статье приведены факторы, способствующие возникновению мочекаменной болезни: социально-экономические, загрязнение окружающей среды, климатические, гидрогеохимические особенности питьевой воды, геологические причины, ухудшение экологической обстановки вследствие техногенного загрязнения окружающей среды, экономическое положение и другие. Рассмотрена заболеваемость мочекаменной болезнью населения Томской области за период 1996-2010 гг.

Abstract. One of the most important problems of modern medicine is the problem of an urolithic illness, which annual incidence in the world makes from 0,5 to 5,3%, and the frequency of its emergence is in limits of 0.1-0.4%, that is at 100–400 people from 100000 uric stones are formed. Importance and relevance of a problem of an urolithic illness are defined by its epidemiology since has a wide circulation, and in many countries of the world the tendency to incidence growth is noted. The factors promoting developing of an urolithic illness are given in article: social and economic, environmental pollution, climatic, hydrogeochemical features of drinking water, the geological reasons, deterioration of an ecological situation owing to technogenic environmental pollution, an economic situation and others. Incidence of an urolithic illness of the population of the Tomsk region during 1996-2010 are considered.

В настоящее время уrolитиаз (мочекаменная болезнь) остается важной проблемой современной медицины и занимает одно из ведущих мест среди хирургических болезней органов мочевой системы. Ежегодная заболеваемость мочекаменной болезнью в мире составляет от 0,5 до 5,3%, а частота её возникновения составляет 0.1–0.4%, то есть у 100–400 человек из 100000 ежегодно образуются уrolиты (мочевые камни). Важность и актуальность проблемы мочекаменной болезни определяются ее эпидемиологией, т.к. имеет широкое распространение, и во многих странах мира отмечена тенденция к росту заболеваемости.

Существует множество различных теорий, объясняющих камнеобразование в почках и мочевыводящих путях. В свою очередь, эти теории обусловлены множеством причин и, следовательно, возможностью методов их устранения.

Факторами, способствующими возникновению мочекаменной болезни, являются: социально-экономические, загрязнение окружающей среды, климатические, гидрогеохимические особенности питьевой воды, геологические причины и др. [1,2]. Однако влияние некоторых вышеуказанных факторов на развитие мочекаменной болезни, в частности, загрязнения окружающей среды, мало изучено. Имеются лишь единичные сообщения о влиянии загрязнения окружающей среды на распространенность мочекаменной болезни.

Распространенность мочекаменной болезни в России носит эндемический характер (данные ФГУ «НИИурологии» Минздравсоцразвития России, 2011 год), но в среднем варьирует до 0,4%–0,5% от общего числа урологических больных. Отмечен прогрессивный рост заболеваемости мочекаменной болезни у взрослых за период 2002 – 2009 гг. на 17,3% в абсолютных значениях и на 18,1% по показателю на 100000 населения. Ежегодный прирост заболеваемости взрослых достигает 3,5%. В ряде регионов России наблюдается высокая заболеваемость взрослого населения мочекаменной болезнью: Алтайский край, Ненецкий АО, Республика Ингушетия, Амурская, Магаданская области и др.

По данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области, мочекаменная болезнь в ряде районов Томской области распространена крайне неравномерно. Примерно около 1% всего населения постоянно страдает мочекаменной болезнью. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Томской области за период 1996-2010 гг. составила в среднем 475 случаев на 100000 населения.

В последнее время интерес к этой проблеме возрос из-за резкого ухудшения экологической обстановки в мире, что является одним из важнейших факторов роста заболеваний вследствие возникновения минеральных патогенных образований. Особую актуальность приобрело проведение подобных исследований для Российской Федерации, на территории которой сосредоточены крупные предприятия химической промышленности и ядерно-топливного цикла. К одной из таких территорий относится Томский район (в составе Томской области), в котором расположено 778 сельскохозяйственных предприятий, 400 промышленных предприятий, в том числе крупный нефтехимический комбинат (ТНХК) и Сибирский химический комбинат (СХК) по обогащению урана, в скором будущем на территории Томского района планируется строительство целлюлозно-бумажного комбината и двух блоков атомной электростанции. В связи с ухудшением экологической обстановки наблюдается резкое повышение заболеваемости мочекаменной болезнью. Так, в период с 1988 по 1995 гг. в г. Томске произошло увеличение количества больных мочекаменной болезнью с 40 до 430 на 100000 населения, за три года (с 2001 г. по 2003 г.) число больных мочекаменной болезнью в Томском районе составило 1156 человек. По данным

Регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга Томской области за 7 лет (с 2004 г. по 2010 г.) число случаев с впервые установленным диагнозом мочекаменной болезнью в г. Томске составило 3078 человек, что соответствует в среднем 440 случаям в год, общее число обращений за медицинской помощью по поводу мочекаменной болезнью составило за тот же период 14936, что соответствует в среднем 2134 случаям в год. В связи с этим представляет интерес проведение анализа эколого-геохимической обстановки в медицинских округах Томского района, сопоставление данных с уровнем заболеваемости мочекаменной болезнью, изучение состава, морфологии, структуры мочевых камней, сопоставление элементного состава окружающей среды и мочевых камней.

Многолетние наблюдения позволили установить зависимость количества случаев заболеваемости мочекаменной болезнью от жёсткости питьевой воды. Геохимические особенности минерального состава мочевых камней и их связь с экологическим состоянием среды обитания подробно рассмотрены в опубликованных работах [4, 5, 6]. Заболеваемость мочекаменной болезнью населения Томской области (общее число случаев обращения за медицинской помощью за период 1996-2010 гг.) представлена в нижеприведенной таблице.

Таблица

**Заболеваемость мочекаменной болезнью населения Томской области (общее число случаев обращения за медицинской помощью за период 1996-2010 гг.)
(по данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Томской области)**

Районы	Годы												
	1996	1997	1998	1999	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Александровский	26	24	19	49	22	10	23	13	27	17	12	25	25
Асиновский	77	47	89	109	146	101	165	193	176	181	147	107	61
Бакчарский	23	41	71	62	52	116	21	37	64	78	47	33	39
Верхнекетский	63	60	50	67	59	82	105	59	68	48	68	73	42
Зырянский	34	43	50	75	76	53	76	87	91	49	61	67	65
Каргасокский	227	193	237	239	206	214	229	205	70	72	106	95	93
Кожевниковский	71	65	654	80	144	110	114	74	189	149	153	70	89
Колпашевский	57	45	79	99	110	75	126	169	154	148	172	132	138
Кривошеинский	55	59	76	92	71	66	68	35	54	63	40	59	66
Молчановский	73	57	69	64	71	53	85	74	67	87	72	56	74
Парабельский	90	115	104	109	108	92	66	69	39	29	78	90	92
Первомайский	144	136	136	124	181	151	192	233	183	210	259	291	241
Тегульдетский	0	23	24	20	44	33	10	20	27	8	10	10	11
Томский	459	428	529	500	503	501	507	338	259	172	265	385	388
Чаинский	60	80	69	72	61	58	56	47	66	39	48	37	27
Шегарский	97	89	64	83	106	156	158	144	162	171	47	87	93
г. Кедровый	16	22	15	16	20	30	34	24	20	23	14	31	21
г. Стрежевой	308	226	201	130	216	229	186	162	220	189	200	193	209
г. Томск	3483	2844	2862	2821	2709	2409	2233	2269	1998	2195	2130	2094	2017
Томская область	5451	4812	5610	4811	5492	5076	5012	5008	4913	4791	4749	4808	4862

На основании исследований, выполненных по Томскому району Томской области [3], установлено, что природная среда Томского района оказывает значительное влияние на зарождение и развитие мочевых камней. Основными факторами, определяющими формирование мочевых камней на территории Томского района, на наш взгляд, являются:

- высокая минерализация и жесткость природных вод, использующихся для водоснабжения;
- наличие в воде солей жесткости и органических соединений, которые могут служить источником образования центров кристаллизации или коагуляции, а также дальнейшего развития мочевых камней;
- недостаточное количество фтора и избыточное количество йода в питьевой воде;
- выбросы промышленных и сельскохозяйственных предприятий, жилищно-коммунальных хозяйств в атмосферу, водоемы, водоносные слои, на почву и снежный покров;
- выбросы автомобильного транспорта;
- наличие различных элементов в слоях почвы, граничащих с водными источниками.

В ходе выполнения исследований по изучению состава и структуры мочевых камней Томского района и выявлению их связи с техногенным воздействием и окружающей средой нами получены научные результаты, на основании которых определены основные факторы, приводящие к заболеванию мочекаменной болезнью:

- жесткость и минерализация природных вод, использующихся для водоснабжения района;
- наличие природных и техногенных загрязнений в растительной и животной пище; выбросы промышленных и сельскохозяйственных предприятий, автомобильного транспорта в атмосферу, водоемы, почву и снежный покров;
- высокое или низкое содержание элементов, влияющих на зарождение и формирование мочевых камней.

Наибольшее влияние загрязняющих факторов в районе отмечено в Светленском медицинском округе, затем, по степени уменьшения влияния среды на возможность заболевания мочекаменной болезнью, следуют Томский, Лоскутовский, Октябрьский и Турунтаевский округа. Влияние различных природных, антропогенных и техногенных факторов на окружающую среду может распространяться за пределы рассмотренных медицинских округов в соответствии с «розой ветров», выпадением осадков и миграцией элементов.

Литература

1. Адамович Г.Г., Кондратьев В.Г., Фёдорова В.П., Полиенко А.К. Жесткость питьевой воды и камнеобразование в мочевыделительной системе человека // Минералогия и жизнь: биоминеральные взаимодействия: Тезисы докладов международного семинара, 17–22 июня 1996 г. – Сыктывкар 1996. – С.126-127.
2. Полиенко А.К. Минеральный состав, морфология и структура уролитов (на примере уролитов жителей Томской области). Дисс. ... доктора геол.-минер. наук. – Томск, 2014. – 332 с.
3. Рихванов Л.П. [и др.] Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения // Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал. – 2008. – № 1. – С. 29-37.
4. Севостьянова О.А., Полиенко А.К. Геохимические особенности минерального состава мочевых камней и их связь с экологическим состоянием среды обитания. Актуальные проблемы экологии. Сборник научных трудов, т. № 3, СГМУ, Томск, 2004. – С. 480–481.

5. Севостьянова О.А. Минералого-геохимические особенности уролитов Томского района и их связь с факторами природной среды и техногенного воздействия. Автореф. дис... канд. геол.-минер.наук. – Томск, 2012. – 20 с.
6. Poliyenko A.K., Dutova E.M. Urinary stones investigation and influence of the water factor to their formation in a human organism.- Proceeding the 4th Korea-Russia International Symposil of Science and Technology. Part I. June 27-July 1, 2000. – P. 278–283.

ПРИНЦИПЫ СМЕШЕНИЯ ВЕЩЕСТВА КАК ОСНОВА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

М.Ю. Семенов, И.И. Маринайте

*Лимнологический институт СО РАН, ул. Улан-Баторская, д. 3, г. Иркутск, 664033 Россия,
E-mail: smu@mail.ru*

Аннотация. Предложена методология геоэкологического мониторинга, основанная на выявлении источников вещества и наблюдении связей между ними и объектами среды путем рассмотрения объектов в качестве смесей, а источников – в качестве их компонентов. На примере органических загрязнителей установлены пути миграции вещества от источника к рецептору, определены соотношения между количествами вещества источников в рецепторе.

Abstrac. The methodology of ecological monitoring based on end-member mixing approach is proposed. Different environmental compartments are considered as mixtures of end-member sources. Source apportionment and delivery pathways assessment was performed on example of organic pollutants.

Целью мониторинга является предупреждение негативных последствий воздействия человека на природу, для достижения которой необходимо определить источники воздействия и выявить тенденции изменения среды в целом. Тем не менее, объектами наблюдения часто выступают отдельные компоненты - воздух, воды, почва, биота, а целью - оценка уровня загрязнения. Предлагаемая методология комплексного геоэкологического мониторинга предполагает выявление источников вещества и наблюдение связей между ними и объектами среды путем рассмотрения объектов в качестве смесей, а источников – в качестве их компонентов. Наблюдение связей подразумевает установление путей миграции вещества от источника к рецептору, а также определение соотношения между количествами вещества источников в рецепторе. Компоненты смеси являются веществами разных источников, причем одно и то же вещество может иметь сразу несколько источников. Поэтому выявление источников основано на использовании в качестве их трассеров веществ, концентрациями которых, источники отличаются друг от друга.

Выбор трассеров связан с идентификацией самих источников, поскольку концентрации трассеров являются координатной системой, в которой расположены точки источников. В этих координатах область смешения представляет собой поле точек образцов, ограниченное линиями, соединяющими точки источников вещества. Обязательным условием выбора источника является его нахождение за пределами поля точек образцов. Подбор трассеров и источников производится до тех пор, пока внутрь области смешения не попадает максимальное количество точек образцов. Несмотря на то, что рассмотрение объекта в качестве смеси предполагает отсутствие реакций между ее компонентами, в реальности они все же происходят, и это необходимо учитывать при выборе источников и трассеров. Связь между веществом точки-выброса и источниками определяется возможностью опустить перпендикуляр из этой точки на

стороне, – обратно пропорциональны расстояниям между перпендикуляром, опущенным из этой точки на сторону треугольника, и упомянутыми вершинами (см. рис. 1б). Для расчета расстояний, достраиваются три прямоугольных треугольника, гипотенузами которых являются стороны треугольника, образованного двумя источниками и выбросом (рис. 1в). Их длины рассчитываются по теореме Пифагора:

$$\begin{aligned} a &= \sqrt{(D_{C1} - A_{C1})^2 + (D_{C2} - A_{C2})^2} & x &= \frac{a^2 + d^2 - b^2}{2d} & f_A &= \frac{x}{d}; \\ b &= \sqrt{(B_{C1} - D_{C1})^2 + (D_{C2} - B_{C2})^2} & & & f_B &= 1 - f_A \\ d &= \sqrt{(B_{C1} - A_{C1})^2 + (A_{C2} - B_{C2})^2} & & & & \end{aligned}$$

где a, b, d – стороны треугольника, А, В, С – источники, D – точка-выброс, x – расстояние между перпендикуляром из точки - выброса и источником А, a - расстояние между выбросом и источником А, b – расстояние между выбросом и источником В, и d – расстояние между источниками А и В, ADG, DBK и BAF – достроенные прямоугольные треугольники.

В качестве примеров использования приведем способы оценки вкладов источников питания реки и выявления источников загрязнения объектов среды полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ). Выявление путей миграции вещества и анализ связей между компонентами среды и источниками загрязнения проведем на примере одновременного мониторинга соотношения источников питания реки и состава ПАУ. В компонентах определяли фенантрен (Ф), антрацен (А), флуорантен (ФЛ), пирен (П), бенз(а)антрацен (Б(а)), хризен (ХР), бенз(б)флуорантен (Б(б)ФЛ), бенз(к)флуорантен (Б(к)ФЛ), бенз(а)пирен (Б(а)П), бенз(е)пирен (Б(е)П), бенз(gh,i)перилен (Б(ghi)ПЛ) и индено(1,2,3-с,d)пирен (И(1,2,3-с,d)П). Данные по качественному и количественному составу ПАУ в выбросах источников взяты из работ [2]. Гидрограф расчленили путем рассмотрения воды, в качестве смеси составляющих стока, в качестве трассера использовали отношение концентраций растворенного органического углерода и катионов щелочных и щелочноземельных металлов [3]:

$$\begin{aligned} f_{\Gamma} &\cong \frac{[C_{\text{орг.}}]_{\Gamma} / [K^{n+}]_{\Gamma}}{[C_{\text{орг.}}]_{\text{Р}} / [K^{n+}]_{\text{Р}}} & \text{ли} & & f_{\text{П}} &\cong \frac{[K^{n+}]_{\text{П}} / [C_{\text{орг.}}]_{\text{П}}}{[K^{n+}]_{\text{Р}} / [C_{\text{орг.}}]_{\text{Р}}} \\ \left\{ \begin{aligned} & f_{\text{П}} + f_{\Gamma} + f_{\text{В}} = 1 \\ & \frac{[C_{\text{орг.}}]_{\text{П}}}{[K^{n+}]_{\text{П}}} \cdot f_{\text{П}} + \frac{[C_{\text{орг.}}]_{\Gamma}}{[K^{n+}]_{\Gamma}} \cdot f_{\Gamma} + \frac{[C_{\text{орг.}}]_{\text{В}}}{[K^{n+}]_{\text{В}}} \cdot f_{\text{В}} = \frac{[C_{\text{орг.}}]_{\text{Р}}}{[K^{n+}]_{\text{Р}}} \end{aligned} \right. & \text{ли} & & \left\{ \begin{aligned} & f_{\text{П}} + f_{\Gamma} + f_{\text{В}} = 1 \\ & \frac{[K^{n+}]_{\text{П}}}{[C_{\text{орг.}}]_{\text{П}}} \cdot f_{\text{П}} + \frac{[K^{n+}]_{\Gamma}}{[C_{\text{орг.}}]_{\Gamma}} \cdot f_{\Gamma} + \frac{[K^{n+}]_{\text{В}}}{[C_{\text{орг.}}]_{\text{В}}} \cdot f_{\text{В}} = \frac{[K^{n+}]_{\text{Р}}}{[C_{\text{орг.}}]_{\text{Р}}} \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

где $[C_{\text{орг.}}] / [K^{n+}]$ – отношение концентрации органического углерода к катионам металлов, f – доля составляющей стока, П, Г, В - поверхностный, грунтовый и внутриводный стоки, соответственно, и Р – река.

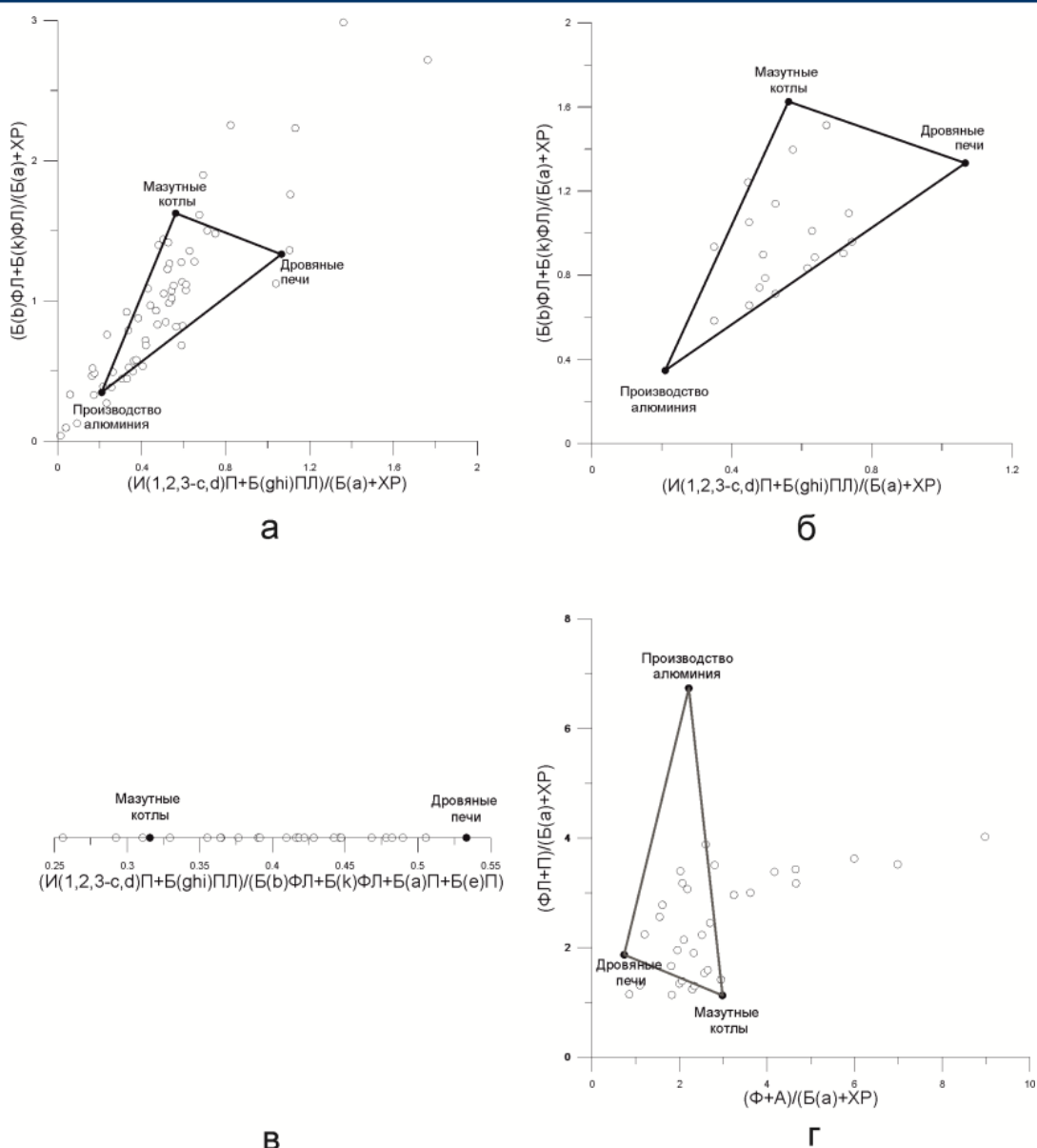


Рис. 2. Состав ПАУ в снеге (а), донных осадках (б), почве (в) и речной воде (г)

Апробация проводилась в Шелеховском районе Иркутской области. Загрязнение территории обусловлено выбросами алюминиевого завода, котельных, домовыми печами и лесными пожарами. Несмотря на единые источники, разные компоненты среды в разной степени загрязнены ими (рис. 2), причем трассерами одних и тех же источников для разных компонентов выступают разные сочетания веществ [4]. На рис. 3 положение пробы воды относительно сплошного треугольника отражает соотношение вкладов источников ПАУ, а относительно пунктирного - соотношение составляющих стока.

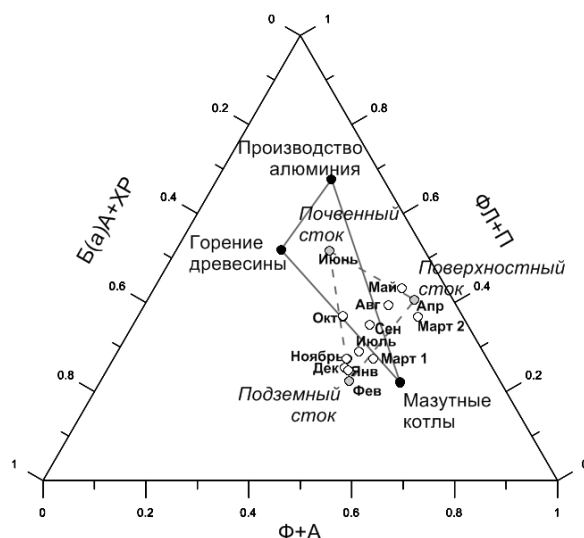


Рис 3. Состав ПАУ воды и его связь с источниками выбросов и составляющими стока

Вершинами последнего являются пробы, в которых рассчитанная доля соответствующей составляющей близка к 100%. Изменение состава ПАУ речной воды в течение года происходит в направлении против часовой стрелки в пределах фигуры, ограниченной вершинами этих двух треугольников. Разбавление доминирующего зимой грунтового стока поверхностным весной приводит к увеличению доли легких Ф и А, а последующее разбавление почвенным – к утяжелению состава ПАУ. В начале снеготаяния поверхностный сток содержит преимущественно растворенные легкие ПАУ из выбросов мазутных котлов, работавших зимой. В период интенсивного таяния он обогащается средними ФЛ и П и тяжелыми Б(а)А и ХР, содержащимися во взвеси выбросов алюминиевого завода и саже лесных пожаров. Обогащение речных вод тяжелыми ПАУ в зимнюю межень происходит благодаря десорбции ПАУ из взвеси, захороненной в донных осадках. Для снижения последствий антропогенного воздействия на воды могут применяться выемка донных отложений и мероприятия по уменьшению поверхностного стока.

Литература

1. Семенов М.Ю., Маринайте И.И. Оценка вкладов множественных источников в загрязнение территории полициклическими ароматическими углеводородами (г. Шелехов, Иркутская область) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 6. С. 560-568.
2. Белых Л.И., Малых Ю.М., Пензина Э.Э., Смагунова А.Н. Источники загрязнения атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами в промышленном Прибайкалье // Оптика атмосферы и океана. 2002. Т. 15. № 10. С. 944-948.
3. Семенов М.Ю., Снытко В.А. Оптимизация подходов к моделированию химического состава речных вод // ДАН. 2013. № 453(6). С. 686-689.
4. Семенов М.Ю., Снытко В.А., Маринайте И.И. Новый метод оценки вкладов источников полициклических ароматических углеводородов в загрязнение объектов природной среды // ДАН. 2015. № 463(1). С. 94-98.

РАВНОВЕСИЕ ГРУНТОВЫХ И МЕЖПЛАСТОВЫХ ВОД МОЛДОВЫ С МИНЕРАЛАМИ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

А.Н. Тимошенко¹, К.Е. Морару¹, Е.Ю. Пасечник², О.Г. Токаренко²

¹*Институт геологии и сейсмологии Академии наук, г. Кишинев, Республика Молдова,
E-mail: atimoshencova@gmail.com, cmoraru@yahoo.com*

²*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,
E-mail: paseyu@yandex.ru, tokarenkoog@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены результаты расчета равновесия подземных вод Молдовы с ведущими минералами водовмещающих пород в условиях антропогенной нагрузки. В качестве расчетной модели использовалась компьютерная программа HydroGeo. Показано, что система как грунтовые, так и межпластовые воды–горная порода носит равновесный характер с рядом минералов.

Abstract. The equilibrium of groundwater of Moldova with the leading mineral water-bearing rocks in the conditions of anthropogenic activity are carried out. As the calculation model was used the computer program HydroGeo. It is shown that the system as shallow and deep groundwater - rock is in equilibrium with some minerals.

Подземные воды Молдовы подвержены сильному влиянию антропогенной нагрузки. В качестве объектов исследований репрезентативными примерами, с четко выраженной антропогенной нагрузкой, являются грунтовые воды г. Кишинев, и наиболее изученный нижнесарматский водоносный горизонт, который используется для централизованного водоснабжения населенных пунктов и экономических объектов Молдовы.

Методология исследований. В основу работы положены результаты опробования грунтовых вод г. Кишинев, которое проводилось в летние периоды 2012-2013 гг. из 85 источников временного водоснабжения [4]. Для исследования нижнесарматского водоносного горизонта были использованы 148 проб воды.

В основу изучения геохимических процессов в системе вода-порода положены методы равновесной термодинамики гидрогеохимических процессов и анализ элементарных реакций, начальными продуктами которых являются основные пороодообразующие минералы и вода, конечными – вторичные минералы, а также ионы и нейтральные молекулы, которые перешли в жидкую фазу [1]. Расчеты равновесия проводились по известным методикам, разработанным на базе термодинамики гидрогеохимических процессов [3] с использованием компьютерной программы HydroGeo [2].

Результаты и обсуждение. Выявлено, что грунтовые воды г. Кишинев имеют специфические особенности химического состава. Первой из них является минерализация вод, которая в исследуемых пробах воды варьирует в широком диапазоне – от 0,39 до 2,63 г/л; второй – воды являются преимущественно слабощелочными, пресными, реже слабосоленатыми, при среднем значении солености 1,1 г/дм³.

По химическому типу изучаемые воды являются разнообразными. В целом, в г. Кишинев распространены следующие химические типы вод по преобладающему содержанию анионов с различными комбинациями катионной составляющей (по С.А. Щукареву) (в скобках – % от общего числа исследуемых проб по убыванию): *I тип* – HCO₃–Mg–Ca, –Na–Mg–Ca, –Ca–Na, –Na–Mg, реже –Mg–Ca–Na или –Ca–Mg–Na или –

Ca, –Mg и –Na (40 %); II тип – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Mg--Na}$, –Mg–Ca, реже –Ca, –Na–Ca, –Na–Mg–Ca, –Na–Mg и –Na–Ca (37 %); III тип – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3\text{--Ca--Mg--Na}$, –Mg–Ca–Na, –Ca–Na–Mg, –Ca–Mg, –Mg–Ca, –Mg–Na, –Na–Mg (12 %); IV тип – $\text{SO}_4\text{--Ca--Mg--Na}$, –Ca–Mg–Na, –Ca–Na–Mg, –Na–Mg–Ca, –Mg–Na–Ca (6 %). Установлено [6, 7], что источником повышенных концентраций нитратов служит сельское хозяйство.

Подземные воды нижнесарматского горизонта северо-центральной части Молдовы характеризуются показателями минерализации, которые варьируют от 0,48 до 4,64 г/л. Воды являются преимущественно щелочными, слабосоленоватыми и пресными, редко солончатыми, при среднем значении солёности 1,38 г/дм³. В северо-центральной части Молдовы для нижнесарматского водоносного горизонта эти воды распределены следующим образом: I тип – 57 %; II тип – 27 %; III тип – 11 % и IV тип – 5%. Главными солеобразующими компонентами в этих водах являются гидрокарбонат-ион и натрий. С учетом того, что воды являются преимущественно щелочными (среднее значение pH = 7,95), можно утверждать, что это типичные щелочные содовые воды, которые отличаются местами повышенной минерализацией (75% вод гидрокарбонатного типа, в которых отмечаются низкие содержания ионов кальция и магния в растворе).

Равновесие с кальцитом. Термодинамические расчеты показали, что большая часть исследуемых вод как грунтовых, так и нижнесарматского водоносного горизонта, несмотря на невысокие значения минерализации и содержания кальция, достигают равновесия с кальцитом (рис. 1).

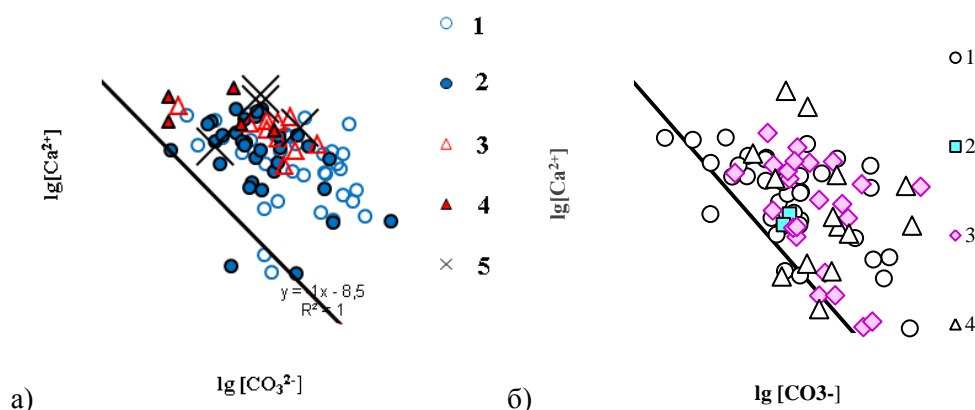


Рис. 1. Диаграмма равновесия а) грунтовых вод г.Кишинев (химические типы вод: 1 – HCO_3 ; 2 – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4$; 3 – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3$; 4 – SO_4 ; 5 – $\text{NO}_3\text{--HCO}_3$), и б) нижнесарматских подземных вод северо-центральной части Молдовы (химические типы вод: 1 – HCO_3 ; 2 – $\text{HCO}_3\text{--Cl}$; 3 – $\text{HCO}_3\text{--SO}_4$; 4 – $\text{SO}_4\text{--HCO}_3$) с кальцитом при 25°C.

Грунтовые воды с минерализацией более 0,6 г/л и одновременно pH более 7,4, достигают равновесия с карбонатом кальция [5, 8], который в определенных геохимических условиях может не только растворяться, но и высаживаться из раствора в виде вторичного минерала. Незначительная часть вод все же остается недонасыщенной относительно кальцита. Среднее значение минерализации в этих водах составляет 0,4 г/л, содержание гидрокарбонат-иона – 329 мг/л, кальция – 16 мг/л при величине pH 7,7.

В случае с межпластовыми водами, в группу ненасыщенных к кальциту вод входят некоторые воды гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного типов, со средними показателями минерализации – 1 г/л, содержания гидрокарбонат-иона – 512,2

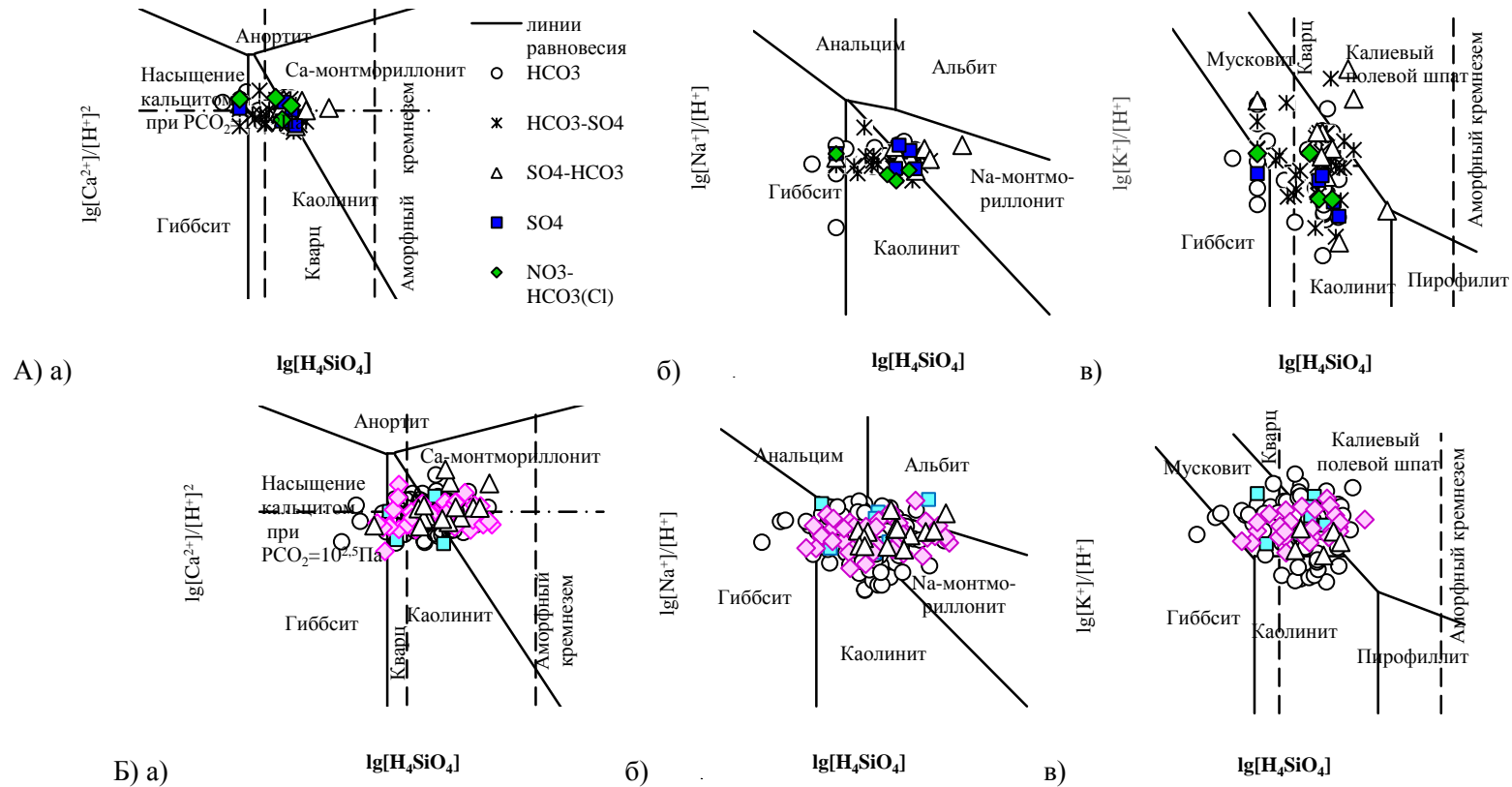


Рис. 2. Диаграммы равновесия А) грунтовых вод г. Кишинев и Б) нижнесарматских подземных вод северо-центральной части Молдовы (условные обозначения см. на рис. 5) с алюмосиликатными минералами при стандартных условиях: а – система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-CaO-SiO₂; б– система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-Na₂O-SiO₂; в– система HCl-H₂O-Al₂O₃-CO₂-K₂O-SiO₂;

мг/л, кальция – 39,38 мг/л при рН равном 7,37, тогда как у вод, насыщенных кальцитом, средние значения перечисленных параметров отличаются незначительно.

Равновесие с алюмосиликатными минералами. Диаграммы насыщенности грунтовых и межпластовых вод северо-центральной части Молдовы с минералами алюмосиликатных пород показаны на рис. 2. Все без исключения грунтовые воды не равновесны с эндогенными алюмосиликатами (альбит, анортит) и находятся в состоянии равновесия с вторичными минералами (окислами алюминия, каолинитом, монтмориллонитом, кальцитом). Ряд точек на диаграммах равновесия межпластовых вод находится в поле равновесия с анортитом.

При этом в системе $\text{HCl-H}_2\text{O-Al}_2\text{O}_3\text{-CO}_2\text{-Na}_2\text{O-SiO}_2$ (рис. 2 А, б) подавляющая часть точек находится в поле устойчивости каолинита и небольшая часть точек – в поле гиббсита и Na-монтмориллонита. В случае подземных нижнесарматских вод северо-центральной части Молдовы (рис. 2, Б, б), диаграммы отражают, что подавляющая часть точек находится также в поле устойчивости каолинита и Na-монтмориллонита.

Выводы

Не смотря на высокую скорость водообмена и непродолжительное время взаимодействия грунтовых вод г. Кишинев с горной породой равновесие с многими карбонатными минералами все же устанавливается. В результате этого взаимодействия в системе вода-порода большая часть переходящих в раствор элементов связывается вновь образуемыми вторичными минералами: Са – кальцитом и доломитом, Mg – магнезитом, Fe – сидеритом. Данное обстоятельство позволяет изучаемые подземные воды отнести к карбонатобразующему геохимическому типу согласно классификации С.Л. Шварцева [1]. Наблюдаемое равновесие с кальцитом подтверждает наличие раннего этапа эволюции подземных вод, что сопровождается довольно низкими значениями их минерализации (менее 1 г/дм³) в виду наличия гидравлической связи с поверхностными водами и атмосферными осадками. Именно в этих точках равновесие к карбонатам вод сдвигается в сторону недонасыщенности. В некоторых точках достигается равновесие грунтовых вод с гиббситом, Са-монтмориллонитом, Na-монтмориллонитом. Нижнесарматские подземные воды северо-центральной части Молдовы в основном насыщены относительно кальцита. Они равновесны с мусковитом, каолинитом, гиббситом, Са-монтмориллонитом, Na-монтмориллонитом, иллитом и не достигают равновесия с анортитом и анальцитом. Все это указывает на равновесно-неравновесный характер в результате взаимодействия в системе вода-порода и определенный этап ее эволюции.

Литература

1. Алексеев В.А., Рыженко Б.Н., Шварцев С.Л., Зверев В.П., Букаты М.Б., Мироненко М.В., Чарыкова М.В., Чудаев О.В. Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода. Т.1. Система вода-порода в земной коре: взаимодействие, кинетика, равновесие, моделирование. Новосибирск: Изд. СО РАН, 2005. 244 с.
2. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения для решения гидрогеологических задач. Изв. Томского политехнического у-та, 2002, Т. 305, № 6, с. 348–365.
3. Гаррелс Р. М., Крайст Ч. Л. Растворы, минералы, равновесия. М; Мир, 1968, 367 с.
4. Морару К.Е. Гидрогеохимия зоны активного водообмена юго-запада Причерноморского артезианского бассейна (геоэкологические аспекты). М.: Автореф. дисс. д. г.-м. н., 2013, 55с.
5. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза (2-е изд. исправл. и доп.). М.: Недра, 1998, 366 с.
6. Moraru С E Groundwater quality formation in the Moldova Republic under the influence of anthropogenic factors (irrigation, fertilization): Buletinul Academiei de Stiinte a Rep. Moldova, ser. Fizica si Tehnica, 1995, Nr. 1, с. 93-99.

-
7. Timoshenkova A.N., Pasechnik E.Y., Tokarenko O.G. Equilibrium of Groundwater with Carbonate Minerals of the Water-Bearing Rocks under Anthropogenic Impact (by the example of Kishinev, Moldova). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 21. Issue 1, 2014, p. 12-24.
 8. Shvartsev S L 2008 Geochemistry of fresh groundwater in the main landscape zones of the Earth Geochemistry Int., 46, 3, p. 128–139.
 9. Shvartsev S L The system water-rock-gas-organic matter of V Vernadsky. Procedia Earth and Planetary Science 2013 № 7, p. 810-813

Секция 5

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ БУРЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

ПРЕИМУЩЕСТВА РОТОРНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО БУРЕНИЯ POWER DRIVE VORTEX

В.Ю. Афиян

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе рассмотрена конструкция и особенности эксплуатации различных типоразмеров Rotary Steerable System Power Drive vortex с применением в их конструкции винтового забойного двигателя. Доказано улучшение качества проводки ствола скважины и показателей бурения, в том числе механической скорости.

Abstract. The paper deals with the design and operating characteristics of different types of Rotary Steerable System Power Drive vortex with their design of the screw downhole motor. It is proven to improve the quality of borehole design and drilling parameters, including mechanical speed.

В последнее время все чаще слышно про бурение наклонно-направленных скважин. Отличие ННБ от традиционного в угле отклонения от вертикали. Рост объемов наклонно-направленного бурения скважин с углами отклонения ствола скважин от вертикали более 50° обусловили ограничения по применению традиционных методов исследований с помощью аппаратуры, спускаемой в скважину на кабеле, и вызвали необходимость разработки специальных технологий доставки скважинных приборов в интервал исследований.

Компания Schlumberger разработала новую роторную систему для продуктивного бурения PowerDrive vortex.

Таблица 1

Технические данные системы PowerDrive vortex

	PowerDrive vortex 475	PowerDrive vortex 675	PowerDrive vortex 962
Номинальный НД (API)	121 мм [4,75 дюйма]	178 мм [6,75 дюйма]	245 мм [9,625 дюйма]
Диаметр ствола	149 - 168 мм [5 ⁷ / ₈ дюйма - 6 ³ / ₈ дюйма]	213 - 251 мм [8 ³ / ₈ дюйма - 9 ⁷ / ₈ дюйма]	311 - 559 мм [12 ¹ / ₄ дюйма - 22 дюйма]
Макс. НД корпуса	137 мм [5,38 дюйма] гладкий корпус	191 мм [7,5 дюйма] гладкий корпус	345 мм [11 дюймов] гладкий корпус
Общая длина	9 м [30 фт]	13 м [43 фт]	15,43 м [50,6 фт]
Макс. интенсивность кривизны ствола скважины для прохода прибора	30° /30 м [30° /100фт] направленно 15° /30 м [15° /100фт] вращательно	20° /30 м [20° /100фт] направленно 10° /30 м [10° /100фт] вращательно	20° /30 м [20° /100фт] направленно 10° /30 м [10° /100фт] вращательно
Макс. рабочий момент (с высокомоментной силовой (GT) секцией)	4474 Н.м [3300 фт-фунт-сила]	1 1000 Н.м [8000 фт-фунт-сила]	30000 Н.м [22000 фт-фунт-сила]
Макс. нагрузка на долото	133000 Н [30000 фт-фунт-сила]	270000 Н [60000 фт-фунт-сила]	270000 Н [60000 фт-фунт-сила]
Масса в воздухе	1071 кг [2355 фунт-м]	2463 кг [5420 фунт-м]	4037 кг [8900 фунт-м]

Макс. содержание кальмотантов *	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа
Диапазон расхода	378 - 1135 л/мин. [100 - 300 гал./мин.]	1135 - 2460 л/мин. [300 - 650 гал./мин.]	2270 - 4540 л/мин. [600 - 1200 гал./мин.]
Макс. интенсивность кривизны ствола скважины для прохода прибора	30° /30 м [30° /100фт] направленно 15° /30 м [15° /100фт] вращательно	20° /30 м [20° /100фт] направленно 10° /30 м [10° /100фт] вращательно	20° /30 м [20° /100фт] направленно 10° /30 м [10° /100фт] вращательно
Макс. рабочий момент (с высокомомент-ной силовой (GT) секцией)	4474 Н.м [3300 фт-фунт-сила]	1 1000 Н.м [8000 фт-фунт-сила]	30000 Н.м [22000 фт-фунт-сила]
Макс. нагрузка на долото '	133000 Н [30000 фт-фунт-сила]	270000 Н [60000 фт-фунт-сила]	270000 Н [60000 фт-фунт-сила]
Масса в воздухе	1071 кг [2355 фунт-м]	2463 кг [5420 фунт-м]	4037 кг [8900 фунт-м]
Макс. содержание кальмотантов *	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа	142,8 кг/м ³ [50 фунт-м/bbl] ореховая скорлупа
Диапазон расхода	378 - 1135 л/мин. [100 - 300 гал./мин.]	1135 - 2460 л/мин. [300 - 650 гал./мин.]	2270 - 4540 л/мин. [600 - 1200 гал./мин.]
Виброударные нагрузки	Класс 3 (предел 50 г); 30-мин. предел	Класс 3 (предел 50 г); 30-мин. предел	Класс 3 (предел 50 г); 30-мин. предел
Заклинка/проворот	±100% ср. скорости вращения, 30-мин предел	±100% ср. скорости вращения, 30-мин предел	±100% ср. скорости вращения, 30-мин предел
Макс. скорость вращения на поверхности	170 об/мин при 378 л/мин [100 гал/мин]; 70 об/мин при 1135 л/мин [300 гал/мин];	120 об/мин при 1135 л/мин [300 гал/мин]; 40 об/мин при 2460 л/мин [650 гал/мин];	120 об/мин при 2270 л/мин [600 гал/мин]; 90 об/мин при 4540 л/мин [1200 гал/мин];
Макс. скорость вращения долота	250 об/мин	220 об/мин	220 об/мин
Макс. температура	150 °C [302 °F]	150 °C [302 °F]	150 °C [302 °F]
Макс. гидростатическое давление	138 МПа [20000 фунт/дюйм]	124 МПа [18000 фунт/дюйм]	124 МПа [18000 фунт/дюйм]
Мин. перепад давления при мин. расходе	5,2 МПа [800 фунт/дюйм]	5,2 МПа [800 фунт/дюйм]	8,3 МПа [1200 фунт/дюйм]
Рекомендуемый перепад давления на долоте	1,4 - 5,2 МПа [200 - 750 фунт/дюйм]	4,1 - 5,2 МПа [600 - 750 фунт/дюйм]	4,1 - 5,5 МПа [600 - 800 фунт/дюйм]
Содержание песка в растворе	1% от объема	1% от объема	1% от объема
Соединительные резьбы			
Верхняя муфта	3 1/2 дюйма reg API	4 1/2 дюйма reg API	6 3/8 дюйма или 7 3/8 reg API
Муфта долота	3 1/2 дюйма reg API	4 1/2 дюйма reg API	6 3/8 дюйма reg API
Датчики			
Точность по зенитному углу, град.	± 0,4 (0,05 разрешение)	± 0,4 (0,05 разрешение)	± 0,4 (0,05 разрешение)
Точность по азимуту, град.	± 0,8 (0,10 разрешение)	± 0,8 (0,10 разрешение)	± 0,8 (0,10 разрешение)
Порог чувствительности датчика удара, радиальный	50 g _n ± 5 g _n (500 g _n макс. пик.)	50 g _n ± 5 g _n (500 g _n макс. пик.)	50 g _n ± 5 g _n (500 g _n макс. пик.)

Данная система имеет множество плюсов, по сравнению с аналогичными системами, разработанных другими компаниями:

- Сокращение времени и стоимости бурения благодаря оптимальной производительности долота и, как следствие, оптимизация скорости проходки;
- Оптимизация скорости проходки при использовании PDC долот;
- Снижение риска повреждения КНБК за счет выбора режимов с меньшей вибрацией;
- Уменьшение износа обсадных труб и бурильной колонны на участках с высокой интенсивностью кривизны ствола скважины;
- Снижение риска прихвата и оптимизация скорости проходки благодаря качественной очистке ствола от шлама и генерации крутящего момента, и вращения всех внешних элементов системы vortex;
- Снижение риска подклинка/проворота в сложных условиях бурения.

Система обеспечивает отличные характеристики бурения, благодаря простой и надежной конструкции секции отклонения.

Увеличение скорости проходки на основе полученных данных:

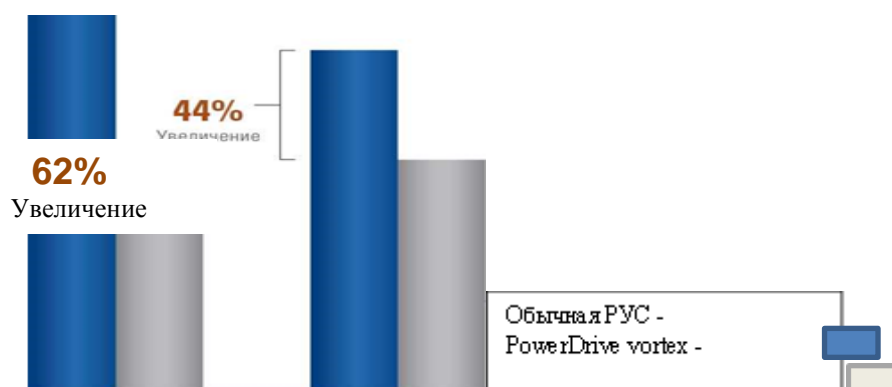


Рис. 1. Сравнение скорости проходки, полученных практическим путем

Особенности PowerDrive vortex:

Интегрированная силовая секция преобразует гидравлическую энергию бурового раствора в дополнительную механическую энергию долота. Высокая скорость вращения долота. Высокоэффективный блок подшипников и трансмиссия. Вращение всех внешних элементов со скоростью вращения бурильной колонны. Применима в широком диапазоне скоростей вращения бурильной колонны. Различные варианты стабилизации. Возможность автоматического удержания зенитного угла при бурении транспортного участка скважины.

Применение системы:

- Продуктивное бурение от устья до проектной глубины;
- Высокая скорость проходки при бурении твердых пород;
- Увеличение рабочего диапазона буровых станков с низким крутящим моментом.

Пример использования PowerDrive vortex в Северном море:

- 314 мм интервал, у побережья Норвегии месторождение Асгард;
- 2150 метров за 1 долбление в течение 4 дней;
- 50 % сокращение цикла строительства скважины.

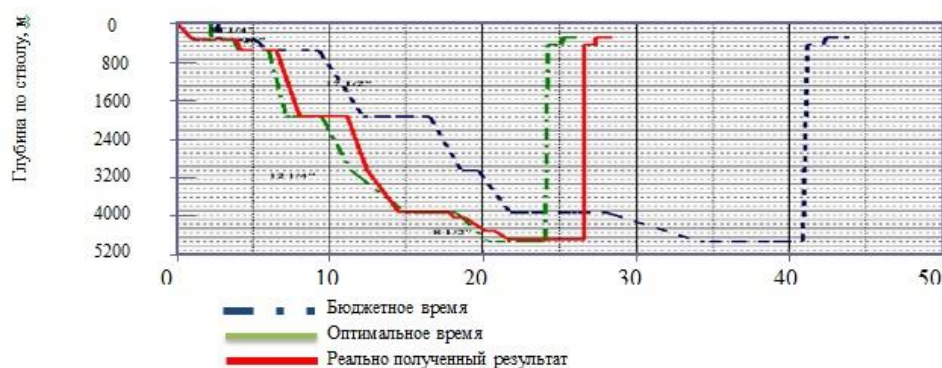


Рис. 2. Данные проходки ствола скважины при помощи PowerDrive vortex
Увеличение скорости проходки

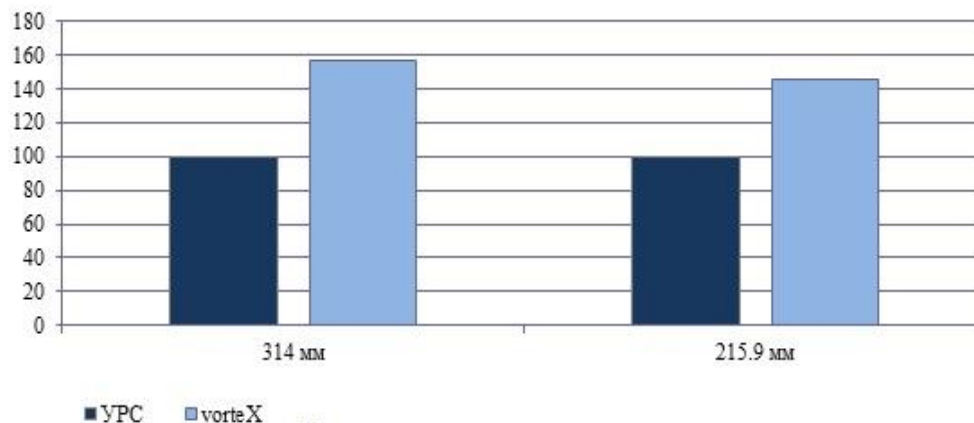


Рис. 3. Сравнение скоростей проходки при различных диаметрах долота

На основании представленных данных можно выделить основные преимущества системы PowerDrive vortex: уникальная концепция – непревзойдённый КПД передачи момента; доказанная на практике эффективность; возможность проработки ствола; меньший износ обсадной колонны.

Литература

1. Фелцак Э., Торре А., Годвин Н., Мантл К., Нагнатан С., Хокинс Р., Ли Ке, Джонс С., Слейден Ф. Гибридная роторная управляемая система бурения – сочетание лучшего // Нефтегазовое обозрение. – 2012. – Т.23, №4. – С.60-52.
2. Шевченко И.А. Бурение скважин с большим отходом от вертикали с использованием роторных управляемых систем при контроле геофизических параметров в режиме реального времени // Естественные и технические науки. – 2014. – №1/2. – С.36-39.
3. Заикин И.П., Панков М.В., Исмаилов Н.А., Пушкарев С.В. Применение роторной управляемой системы PowerDrive и системы каротажа PeriScore при бурении горизонтальной скважины // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №11. – С.2-4.
4. Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть. – 2012. – №9. – С. 36-41.
5. Matheus J., Ignova M., Hornblower P. A hybrid approach to closed-loop directional drilling control using rotary steerable systems // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 21-23 May, Maracaibo, Venezuela. – P. 84-89.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГРАВИЙНОЙ ОБСЫПКИ (ГРАВИЙ-ГИЛЬЗА) ПРИФИЛЬТРОВОЙ ЗОНЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

А.А. Бер, А.В. Курулюк

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье затрагивается тема совершенствования технических средств оборудования прифилтровой зоны технологических скважин. Авторами предложено новое техническое средство (гравий-гильза) для гравийной обсыпки прифилтровой зоны продуктивных пластов, с целью сокращения временных и финансовых затрат, возникающих в процессе оборудования фильтровой части скважины при подземном скважинном выщелачивании. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка разработки конструкции гравий-гильзы и рецептуры состава для склеивания гравия.

Abstract. The article deals with the theme of improving the technical means of a filter area of technological equipment of wells. The authors suggested a new technical means (gravel-liner) for gravel package prifiltrovoy zone of productive strata, to reduce the time and cost to the process of a filter of the well equipment at ISL. As a research task has been defined by the authors attempt to develop the design of the gravel-liners and formulation composition for bonding gravel.

Наиболее ответственной частью технологической скважины для подземного выщелачивания урана является фильтровая часть этой скважины независимо от ее назначения (нагнетания технологического раствора или откачки обогащенного раствора) поскольку фильтр является основным элементом скважины, во многом определяющим её техническое состояние и, следовательно, технологию всего процесса подземного выщелачивания.

Требования предъявляемые к фильтрам геотехнологических скважин следующие:

- высокая химическая стойкость к химическим агрессивным средам;
- достаточная механическая прочность;
- стабильная работоспособность в период всего срока эксплуатации скважины;
- скважность фильтров должна быть достаточна для пропуска необходимого количества раствора в единицу времени при достаточно малых входных скоростях и гидравлических сопротивлениях;
- «пескование» фильтров допускается только в период пробных и опытных откачек.

Вышеперечисленным требованиям наиболее полно отвечают гравийно-засыпные фильтры обладающие существенными преимуществами перед фильтрами других конструкций: стабильность работы, более высокие показатели приемистости закачных и дебита откачных скважин. Особенно они эффективны при наличии в продуктивном горизонте мелкозернистых песков [1].

Существует две основных группы гравийно-засыпных фильтров – создаваемые на поверхности и создаваемые на забое.

Гравийные фильтры создаваемые на поверхности (кожуховые, корзинчатые, блочные) относительно малопроизводительны, достаточно быстро кольматируются, сложны и дороги при производстве и сложны при установке в скважине. Кроме того, после спуска фильтра в скважину, необходимо производить обсыпку второго слоя гравитационным способом, что увеличивает временные затраты. Гравийные фильтры создаваемые создаваемые на забое при всех достоинствах не всегда обеспечивают высокого качества гравийной обсыпки. При этом для обеспечения необходимой толщины засыпки требуется увеличение диаметра скважины и расширения

фильтровой зоны скважины. Все это приводит к увеличению временных и финансовых затрат.

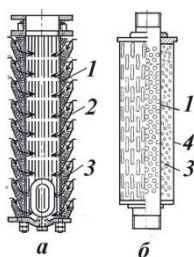


Рис. 1. Фильтры гравийные: а – корзинчатый, б – кожуховый, 1 – трубчатый каркас; 2 – корзинка; 3 – гравий; 4 – удерживающая оболочка

С целью сокращения затрат для оборудования фильтровой части скважины при сооружении скважин методом ПСВ (подземного скважинного выщелачивания) возникла необходимость в создании и разработке технических средств и технологий гравийной обсыпки (гравий-гильзы) при фильтровой зоне продуктивных пластов.

Основные преимущества применения гравий-гильзы перед другими вариантами гравийной обсыпки:

- надежность доставки гравийного фильтра;
- плотная и равномерная усадка гравия по высоте и периметру водоприемной части фильтра (предотвращение образования пустот);
- невысокая стоимость и простота изготовления;
- снижение трудозатрат на сооружение скважины.

Предметом исследования является конструкция и состав гравийной гильзы.

Цель исследования – разработка технических средств и технологий гравийной обсыпки (гравий-гильза) при фильтровой зоне технологических скважин.

Задачи исследования:

1. Разработка конструкции гравий-гильзы, обладающей значительной прочностью и низкими гидравлическими сопротивлениями при ее спуске в скважину.
2. Разработка рецептуры состава для склеивания гравия в гравий-гильзе.

Гравийная гильза (ГГ) – изделие, представляющее из себя смесь гравия, склеивающего реагента и(или) удерживающей оболочки, закрепленное на фильтровой трубе, которое по истечении заданного времени растворяется с последующим осыпанием гравия в зону продуктивного пласта[3].

Требования, предъявляемые к конструкции ГГ:

- растворение ГГ должно достигаться в пределах 5–10 часов после начала спуска в скважину;
- конструкция ГГ не должна нарушаться в процессе спуска обсадной колонны;
- обеспечение минимальных гидравлических сопротивлений при спуске ГГ в технологическую скважину;
- возможность легкой надежной сборки ГГ с обсадной колонной;
- осуществление качественного однородного уплотнения гравий-гильзы в фильтровой части скважины.

С учетом гидравлических сопротивлений при спуске ГГ в скважину были рассчитаны и предложены возможные формы ГГ.

Возможные формы гильзы – сплошной цилиндр, цилиндр с продольными ребрами, капсула, цилиндр с продольными отверстиями в теле для протекания жидкости, цилиндр переменного диаметра.

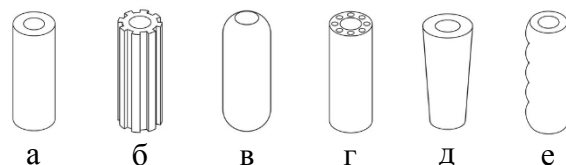


Рис. 2. Возможные формы гильзы: а) сплошной цилиндр; б) цилиндр с продольными ребрами; в) капсула; г) цилиндр с продольными отверстиями в теле для протекания жидкости; д, е) цилиндр переменного диаметра.

Идеальное техническое решение: гравий гильза должна обладать минимальным внешним диаметром и длиной, обеспечивая при этом доставку в фильтровую зону требуемое количество гравия

В результате проведенных лабораторных исследований было выявлено что оптимальным отношением диаметра гравий-гильзы к диаметру скважины является 0,8–0,9.

После проведения поиска склеивающих реагентов и анализа их свойств были смоделированы возможные рецептуры для изготовления ГГ, которые было необходимо исследовать экспериментальным методом[2].

В работе рассматривалось 3 возможных варианта конструкции гравий-гильзы:

1. ГГ с растворимой внешней оболочкой;
2. ГГ сформированная гравием со связующим составом;
3. ГГ со связующим составом и растворимой оболочкой.

В общем виде методика подготовки образцов выглядела следующим образом. Для изготовления ГГ приготавливалась смесь из гравия и связующих реагентов и расфасовывалась в металлические и пластиковые формы. Через сквозное отверстие в форме пропускался металлический стержень, имитирующий фильтровую колонну. Затем гравийная смесь утрамбовывалась. Затем образцы помещались в сушильный шкаф ШС-80-01 типа СНОЛ, где выдерживались при заданной температуре

Физико-механические свойства гравий-гильзы определяются временем выдержки и температурой сушки, а так же и составом и концентрацией склеивающего агента. Все эти параметры исследовались экспериментально.

Для осуществления визуальной фиксации процесса растворения использовались стеклянные мерные цилиндры емкостью 1л, выступающие в качестве модели скважины. Цилиндры заполнялись технической водой или раствором кислоты. Процесс растворения записывался на цифровую видеокамеру.

В качестве контролируемых параметров, от которых зависит время растворения ГГ использовались следующие: концентрация склеивающего реагента для ГГ $n_{ср}$, %; время высушивания $t_{выс}$, ч; температура высушивания $T_{выс}$, °С; концентрация склеивающего реагента для удерживающей оболочки $n_{уо}$, %; толщина удерживающей оболочки, $h_{уо}$, мм.

Экспериментальные исследования позволили сделать следующие основные результаты:

- предложены 3 варианта конструкции гравий-гильзы: с удержанием гравия при помощи склеивающих реагентов, за счет удерживающей оболочки и их комбинация;

- установлено, что для уменьшения гидравлических сопротивлений на гравий-гильзу во время спуска, но в тоже время без сильной потери эффективного объема гравий-гильзы, отношение ее диаметра к диаметру скважины должно быть в пределах 0,8-0,9.

- произведены выбор и обоснование возможных вариантов основы склеивающих реагентов и удерживающей оболочки;

- разработана методика проведения экспериментальных исследований;

- разработаны способы увеличения времени растворения гравий-гильзы.

Литература

1. Брылин В.И. Технология бурения и оборудование эксплуатационных скважин при отработке месторождений урана методом подземного выщелачивания. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 218 с.
2. Методы и средства исследования: учебное пособие / Н. Г. Квеско, П. С. Чубик; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 124 с.
3. Бер А.А., Ковалев А.В., Минаев К.М., Морев А.А., Исаев Е.Д., Епихин А.В., Пахарев А.В. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Разработка технических средств и технологий гравийной обсыпки (гравий-гильза) прифилтровой зоны технологических скважин»//научный отчет по х/д № 1-52/14к, Томск. – 2014, 64 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТРЕБУЕМОГО ДАВЛЕНИЯ НА КОМПРЕССОРЕ ПРИ БУРЕНИИ ИНТЕРВАЛОВ ПОД НАПРАВЛЕНИЕ С ОЧИСТКОЙ ЗАБОЯ ВОЗДУХОМ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДУЛИСЬМИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

К.В. Бузанов, Ю.Л. Боярко, Л.Н. Нечаева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ детальный расчет параметров бурения с промывкой ГЖС в геологических условиях Дулисьминского нефтегазоконденсатного месторождения с обоснованием выбора комплекса оборудования для реализации пневмоударного бурения «с опережением». В основе расчета лежит признанная методика, разработанная и апробированная Б.Б. Кудряшовым. Авторами проведен анализ геологического строения месторождения, оценка условий работы выбранного комплекса оборудования в результате чего построена математическая модель аэродинамической ситуации при бурении интервалов под направление с применением погружного пневмоударника и ГЖС на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении.

Abstract. The article discusses calculations and substantiation on equipment parameters to drill when difficult lost circulation. Pilot works and mathematical model testing will arrange to consider unaccounted factor effects. It will provide for choosing optimum drilling and compressing practices assess the reasonableness of choice for air flow, upward current velocity and rate of penetration required.

Одной из главных и наиболее остро стоящих задач, касающейся развития нефтяной и газовой промышленности в России на сегодняшний день, является внедрение в производственный процесс ресурсоэффективных технологий, позволяющих минимизировать затраты материальных и людских ресурсов, снизить производственные риски, тем самым способствуя снижению себестоимости российского углеводородного сырья.

При освоении нефтегазовых месторождений Восточной Сибири процесс бурения скважин протекает в сложных горно-геологических условиях. Наибольшие трудности для реализации стандартных решений при бурении представляют катастрофические поглощения промывочной жидкости в интервалах бурения Верхоленской, Литвинцевской и Ангарской свит на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении Иркутской области.

Дулисьминское нефтегазоконденсатное месторождение было открыто в 1983 году по результатам бурения параметрической скважины №191 50 км севернее Аякского месторождения. По состоянию на 01.01.2004 г. с учетом новых данных, полученных при ОПЭ, произведен пересчет запасов углеводородного сырья Дулисьминского нефтегазоконденсатного месторождения (ДНГКМ). Геологические запасы составили по сумме категорий 81.5 млн. тонн нефти и конденсата и 80 млн. м³ газа. По запасам месторождение является одним из крупных в Иркутской области[2].

Проанализировав горно-геологические условия бурения, геологические осложнения, технологию ведения текущих буровых работ, изучив практику бурения на нефтегазоносных месторождения за рубежом и опыт бурения на отдельных месторождения в РФ и Республике Казахстан, считаем целесообразным применение бурения проблемных интервалов Дулисьминского месторождения с применением ГЖС и ППУ.

Идея бурения проблемных интервалов с применением ГЖС и погружным пневмоударником, как возможного решения задачи предотвращения поглощений промывочной жидкости, предложена к рассмотрению в [1], и нашла свое подтверждение в расчетах экономической эффективности от реализации предлагаемой технологии и решениях научно-технического совета ЗАО «Русь-Ойл», осуществляющем в настоящее время работы на Дулисьминском месторождении.

Реализация предложенной технологии основана на научном подходе к обоснованию выбора бурового оборудования, инструмента и составлению технико-технологической карты бурения. При этом авторами проведен анализ перспектив применения современных методик по расчету параметров ГЖС и работы пневмоударника для бурения сложных интервалов.

Одним из важнейших аспектов успешной реализации пневмоударного бурения является расчет оптимальных параметров продувки воздухом с целью прогнозирования необходимого развиваемого давления и надлежащего выбора компрессора.

Основываясь на анализе литературных источников [1,4,5,7] наиболее адаптируемой методикой расчета параметров продувки можно считать предложенную в работе Б.Б. Кудряшова[4].

Однако, методика расчета Б.Б. Кудряшова не предусматривает условия бурения с продувкой воздухом при высоком водопритоке. Тогда как согласно производственным данным при прохождении Ордовикских отложений и Верхоленской свиты в интервале от 0 до 300 метров величина водопритока составляет до 15 м³/ч и до 32 м³/ч соответственно.

Для расчета предварительно выбираются бурильные трубы производства компании СЕТКО с типом резьбового соединения 3 1/2" IF по API 7, что соответствует отечественной замковой резьбе 3-102 [10].

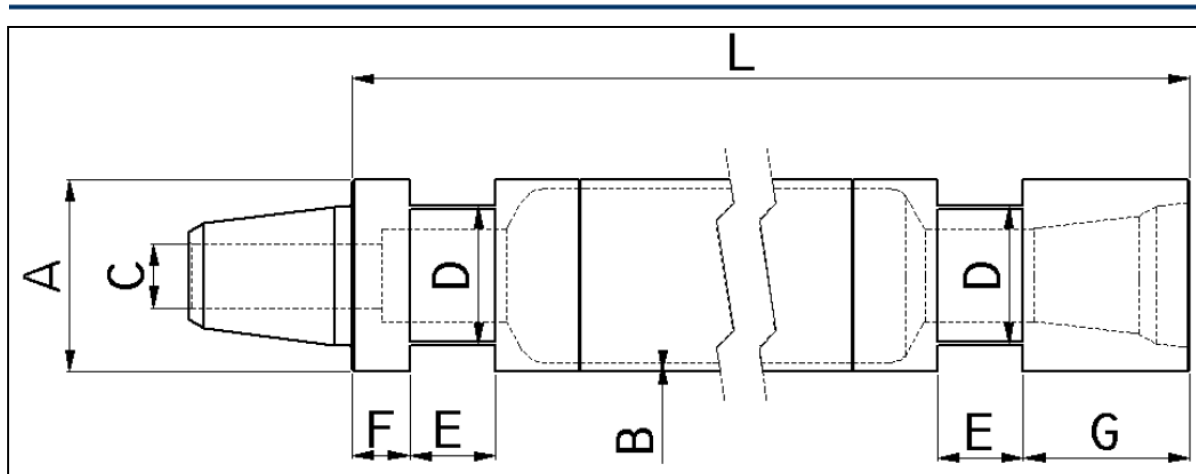


Рис. 2. Бурильная труба для реализации пневмударного способа бурения

Исходные данные для расчета продувки воздухом, отражающие ситуацию бурения на ДНГКМ, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для расчета технологии продувки воздухом на ДНГКМ

Конструкция скважины		
Первое направление		
Диаметр обсадной трубы	$D_{н1}$ (мм)	426,00
Толщина стенки	$Z_{н1}$ (мм)	11,00
Глубина спуска	$L_{н1}$ (м)	10,00
Зенитный угол	β (град)	0,00
Второе направление		
Диаметр бурения	$D_{бк}$ (мм)	381,00
Диаметр обсадной трубы	Продолжение таблицы 2	
Толщина стенки	$Z_{н2}$ (мм)	11,00
Глубина спуска	$L_{н2}$ (м)	300,00
Зенитный угол	β (град)	2,50
Параметры бурильного инструмента, необходимые для расчета		
Длина (L)	l_u (м)	6
Наружный диаметр инструмента (A)	d_u (мм)	127,00
Толщина стенки инструмента (B)	z_u (мм)	8,8
Проходной диаметр замка (C)	d_z (мм)	58,00
Наружный диаметр замка	$d_{нз}$ (мм)	127,00
Параметры нагнетательной линии		
Внутренний диаметр нагнетательной линии	$D_{вк}$ (мм)	90,00
Общая длина нагнетательной линии	$l_{вк}$ (м)	20,00
Параметры выкидной линии		
Внутренний диаметр выкидной линии	$D_{вык}$ (мм)	200,00
Общая длина выкидной линии	$l_{вык}$ (м)	30,00
Технологические параметры		
Зенитный угол скважины при забое 300 м.	β (град)	2,5

Средняя температура воздуха в скважине	T (°C)	20,00
Атмосферное давление	p_0 (атм)	1,00
Скорость восходящего потока	V (м/с)	15,25
Скорость проходки при бурении под направление (механическая)	$V_{мех.к}$ (м/ч)	30,00
Перепад давления на пневмоударнике	P_n (атм)	17,00
Константы		
Коэффициент неравномерности скорости воздуха из-за наличия каверн	K (1,3÷1,5)	1,50
Коэффициент уменьшения подъёмной силы из-за потерь давления в кольцевом пространстве	K_1 (1,05÷1,2)	1,20
Газовая постоянная воздуха	R (Дж/кг×°К)	287,00
Средняя плотность горных пород	ρ (кг/м ³)	1 900,00
Ускорение свободного падения	g (м/с ²)	9,81
Коэффициент Гаустерштадта	Kz (1,2)	2,00
Опытный коэффициент местного сопротивления в соединении	a' (1,5÷2)	2,00
Параметры водопритоков		
Первый горизонт водопритока		
Глубина начала водопритока	h (м)	42
Плотность воды	$\rho_в$ (кг/м ³)	1 000
Объём	V (м ³ /час)	15
Масса водопритока	m (кг/час)	15000
Удельная масса водопритока	m (кг/с)	4
Нарастающий итог массы по водопритоку	m (кг/час)	15000
Нарастающий итог удельной массы по водопритоку	m (кг/с)	4
Второй горизонт водопритока		
Глубина начала водопритока	h (м)	240
Плотность воды кг/м ³	$\rho_в$ (кг/м ³)	1 000
Объём (м ³ /час)	V (м ³ /час)	32
Масса водопритока	m (кг/час)	32000
Удельная масса водопритока	m (кг/с)	9
Нарастающий итог массы по водопритоку	m (кг/час)	47000
Нарастающий итог удельной массы по водопритоку	m (кг/с)	13

Расход воздуха определяется по формуле [4]:

$$Q = \left(K \cdot K_1 \cdot \frac{\pi(D_{бк}^2 - d_u^2)}{4} \right) \cdot V, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

где K – коэффициент, учитывающий уменьшение подъёмной силы воздуха вследствие потерь давления в кольцевом пространстве; K_1 – коэффициент неравномерности скорости из-за наличия каверн; V – скорость восходящего потока воздуха, м/с; $D_{бк}$ – диаметр скважины с учетом его увеличения вследствие разработки, м; d_u – диаметр бурильных труб, м.

$$Q = \left(1,5 \cdot 1,2 \cdot \frac{3,14(0,381^2 - 0,127^2)}{4} \right) \cdot 15,25 = 2,78 \text{ м}^3/\text{с} = 166 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

Далее находится массовый расход воздуха [4]:

$$G = \frac{Q \cdot p_0}{R \cdot T}, \text{кг/с} \quad (5)$$

где Q – расход воздуха, м³/с; p_0 – атмосферное давление, Па; R – газовая постоянная воздуха, Дж/кг×°К; T – средняя температура воздуха в скважине, К.

$$G = \frac{2,78 \cdot 101325}{278 \cdot 293} = 3,35 \text{ кг/с.}$$

Удельную массу выносимой породы можно оценить по формуле [4]:

$$G_{\Pi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{БК}}^2 \cdot \rho \cdot V_{\text{меч.к}}}{4}, \text{кг/с} \quad (6)$$

где $D_{\text{БК}}$ – диаметр скважины с учетом его увеличения вследствие разработки, м; ρ – средняя плотность горных пород, кг/м³; $V_{\text{меч.н}}$ – планируемая механическая скорость бурения интервала под направление, м/ч.

$$G_{\Pi} = \frac{3,14 \cdot 0,381^2 \cdot 1900 \cdot 30}{4} = 1,8 \text{ кг/с.}$$

Определяется расходная концентрация шлама [4]:

$$\mu = G_{\Pi} / G \quad (7)$$

$$\mu = \frac{1,8}{3,35} = 0,53$$

Далее по методике Б.Б. Кудряшова производится расчет давления в выкидной линии.

Для этого площадь сечения канала выкидной линии находится [4]:

$$F = \pi \cdot D_{\text{ВЫХ}}^2 / 4, \text{ м}^2 \quad (8)$$

где $D_{\text{ВЫХ}}$ – внутренний диаметр выкидной линии, м.

$$F = 3,14 \cdot 0,2^2 / 4 = 0,031 \text{ м.}$$

Коэффициент «а» [4]:

$$a = \frac{G^2 \cdot R \cdot T}{D_{\text{ВЫХ}} \cdot F^2} \quad (9)$$

где $D_{\text{ВЫХ}}$ – внутренний диаметр выкидной линии, м; G – массовый расход воздуха, кг/с; R – газовая постоянная воздуха, Дж/кг×°К; F – площадь сечения канала, м²;

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,2 \cdot 0,031^2} = 4\,786\,447\,335,45$$

Коэффициент «б» [4]:

$$b = \frac{g \cdot \sin \beta}{2 \cdot R \cdot T} \quad (10)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; β – зенитный угол скважины, в данном случае, град;

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 90^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0,0000583$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления рассчитывается по формуле Веймаута [4]:

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{D_{\text{ВЫХ}}} \quad (11)$$

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,2} = 0,0161$$

Для горизонтального участка выкидной линии потери давления составят:

$$p_{k1} = \sqrt{p_0^2 + \lambda \cdot a \cdot l_{\text{ВЫХ}}} \quad (12)$$

$$p_{k1} = \sqrt{101325^2 + 0,0161 \cdot 4\,786\,447\,335,45 \cdot 30} = 112145,3 \text{ Па} = 0,11 \text{ МПа.}$$

где p_0 – атмосферное давление, Па; $l_{\text{ВЫХ}}$ – длина выкидной линии, м.

Для обвязки устья и соблюдения надлежащей технологической схемы бурения с продувкой воздухом необходимо крепление ствола скважины одной обсадной трубой ОК-426 мм.

Расчет давления на башмаке в первом направлении, диаметром 426 мм.

Эффективное сечение обсадных труб ОК-426 мм находится по формуле[4]:

$$D_{эф} = \sqrt{(D_n - 2 \cdot z_u)^2 - d_u^2} \quad (13)$$

$$D_{эф} = \sqrt{(0,426 - 2 \cdot 0,01)^2 - 0,127^2} = 0,384 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала первого направления определяется по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,384^2 / 4 = 0,12 \text{ м.}$$

Коэффициент «а» для расчета давления в первом направлении рассчитывается по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,384 \cdot 0,12^2} = 184\,598\,232,223$$

Коэффициент «b» для расчета давления в первом направлении рассчитывается по формуле (10):

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 0^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления находится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,384} = 0,0132$$

Давление на башмаке первого направления рассчитывается по формуле (14), с условием восходящего потока в кольцевом пространстве, приняв за начальное давление на выходе выкидной линии $p_{к1}$.

$$p_{к2} = \frac{\sqrt{p_{к1}^2 + \lambda \cdot (1 + K_r \cdot \mu) \cdot a \cdot l + p_{к1} \cdot (1 + \mu) \cdot b \cdot l}}{1 - (1 - \mu) \cdot b \cdot l} \quad (14)$$

где K_r – безразмерный коэффициент Гастерштадта (для алмазного ПРИ и буровых коронок $K_r = 1 \div 1,5$); l – текущая координата для восходящего потока от устья к забюю, м (для условий настоящего расчета принимается $l = 10$ м).

$p_{к2}$

$$= \frac{\sqrt{112145,3^2 + 0,0161 \cdot (1 + 1,5 \cdot 0,53) \cdot 184\,598\,232,2 \cdot 10 + 112145,3 \cdot (1 + 0,53) \cdot 0 \cdot 10}}{1 - (1 - 0,53) \cdot 0 \cdot 10}$$

$$= 112366 \text{ Па} = 0,113 \text{ МПа}$$

Расчет давления во втором направлении диаметром 324 мм.

Эффективное сечение при бурении под обсадную колонну 324 мм. находится по формуле (13):

$$D_{эф} = \sqrt{0,381^2 - 0,127^2} = 0,359 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала при бурении под второе направление найдем по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,359^2 / 4 = 0,101 \text{ м.}$$

Коэффициент a для расчета давления на забое при бурении под ОК-324 мм. найдем по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,359 \cdot 0,101^2} = 256\,105\,963,27$$

Коэффициент b для расчета давления на забое при бурении под ОК-324 м найдется по формуле (10).

$$b = \frac{9,81 \cdot \sin 2,5^\circ}{2 \cdot 287 \cdot 293} = 0,0000025$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления определится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,359} = 0,0132$$

Давление на финальном забое при бурении под второе направление рассчитывается по формуле (14), с условием восходящего потока в кольцевом пространстве, приняв за начальное давление на башмаке первого направления p_{k2} .

$$p_{k3} = \frac{\sqrt{112366^2 + 0,0132 \cdot (1 + 1,5 \cdot 0,53) \cdot 256 \cdot 105 \cdot 963,27 \cdot 300 + 112366 \cdot (1 + 0,53) \cdot 0,0000025 \cdot 300}}{1 - (1 - 0,53) \cdot 0,0000025 \cdot 300} = 121394,5 \text{ Па} = 0,121 \text{ МПа}$$

Расчет давления в бурильных трубах.

Эффективное сечение инструмента:

$$D_{\text{эф}} = d_u - 2 \cdot z_u \quad (15)$$

где d_u – наружный диаметр бурильных труб, м; z_u – толщина стенки бурильных труб, м.

$$D_{\text{эф}} = 0,127 - 2 \cdot 0,0088 = 0,1094 \text{ м.}$$

Площадь сечения канала инструмента находится по формуле (8):

$$F = 3,14 \cdot 0,1094^2 / 4 = 0,0094 \text{ м}^2.$$

Коэффициент а инструмента находится по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,1094 \cdot 0,0094^2} = 97 \, 740 \, 971 \, 889,93$$

Коэффициент b инструмента вычисляется по формуле (10):

$$b = 0,0000025$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления инструмента находится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,1094} = 0,0198$$

Коэффициент местного сопротивления в соединении инструмента определится по формуле Б.С. Филатова:

$$\xi = a' \cdot \left[\left(\frac{D_{\text{эф}}}{d_3} \right)^2 - 1 \right]^2 \quad (16)$$

где a' – опытный коэффициент, для муфтово-замковых соединений принимается равным 2; d_3 – наименьший диаметр суженной части соединения, м. Таким образом, для случая использования бурильных труб с наружным диаметром 127 мм, коэффициент местного сопротивления составит:

$$\xi = 2 \cdot \left[\left(\frac{0,1094}{0,058} \right)^2 - 1 \right]^2 = 13,085$$

Далее необходимо рассчитать давление воздуха на входе в бурильную колонну:

$$p_{k4} = \frac{\sqrt{p_{n1}^2 + \lambda \cdot a \cdot \left(l + \frac{D_{\text{эф}} \cdot \xi \cdot n}{\lambda} \right) - p_{n1} \cdot b \cdot l}}{1 + b \cdot l} \quad (17)$$

где n – количество замковых соединений в бурильной колонне; с учетом глубины забоя 300 м принимается равным 33.

За начальное давление для нисходящего потока воздуха в бурильной колонне принимается известное давление на забое p_{k3} с учетом перепада давления на пневмоударнике.

$$p_{n1} = p_{k3} + p_n = 121394 + 17 \cdot 101325 = 1843919,5 \text{ Па} = 1,8 \text{ МПа.}$$

$$p_{k4} = \frac{\sqrt{1843919,5^2 + 0,0198 \cdot 97\,740\,971\,889,93 \cdot \left(300 + \frac{0,1094 \cdot 13,085 \cdot 33}{0,0198}\right)} - 1843919,5 \cdot 0,0000025 \cdot 300}{1 + 0,0000025 \cdot 300} = 2937060,14 \text{ Па.} = 2,93 \text{ МПа.}$$

Расчет давления на штуцере ресивера:

Площадь сечения нагнетательной линии канала аналогии с предыдущими расчетами:

$$F = 3,14 \cdot 0,09^2 / 4 = 0,0064 \text{ м.}$$

Коэффициент а инструмента находится по формуле (9):

$$a = \frac{3,35^2 \cdot 287 \cdot 293}{0,09 \cdot 0,0064^2} = 259\,388\,498\,932$$

Коэффициент аэродинамического сопротивления инструмента определится по формуле (11):

$$\lambda = 0,009407 / \sqrt[3]{0,09} = 0,021$$

Давление на штуцере ресивера вычисляется по аналогии с расчетом давления на выкидной линии, приняв за начальное давление на входе в бурильную колонну и длину нагнетательной линии 20 м:

$$p_{кр} = \sqrt{2937060,14^2 + 0,021 \cdot 259\,388\,498\,932 \cdot 20} = 2955540,38 \text{ Па} = 2,95 \text{ МПа.}$$

Для обоснования выбора параметров бурильного инструмента, а также компрессорного хозяйства необходима модель, наглядным образом демонстрирующая зависимость давления на штуцере ресивера от конкретных условий бурения Дулисьминского месторождения.

Находится давление на штуцере ресивера в условиях вскрытия водяных горизонтов на глубинах 42 метра и 240 метров. Величина водопритока составляет 15 м³/час и 32 м³/час соответственно. Данная ситуация является моделированием процесса бурения интервала под направление с продувкой воздухом на скважинах кустовой площадки №4 Дулисьминского месторождения.

Согласно производственным данным, средний суммарный водоприток на скважинах кустовой площадки №4 на глубине 300 метров составляет 47000 кг/час. Удельная масса суммарного водопритока (G_B) в таком случае составит 13,05 кг/с. Полученную величину удельного суммарного водопритока необходимо прибавить к удельной массе выносимой породы, найденной в (6). В результате получается удельная масса выносимой горной породы с водопритоком.

$$G_{пв} = G_{п} + G_{в} \quad (18)$$

$$G_{пв} = 1,8 + 13,05 = 14,85 \text{ кг/с.}$$

Проводя аналогию расчета по формуле (7), определяется расходная концентрация шлама для случая бурения в присутствии водопритока.

$$\mu = \frac{14,85}{3,35} = 4,43$$

Далее необходимо рассчитать давление на входе в бурильную колонну, по формуле (17).

За начальное давление для нисходящего потока воздуха в бурильной колонне принимается давление на забое $p_{квз}$ с учетом перепада давления на пневмоударнике.

$$\begin{aligned}
 & p_{кв3} \\
 & \sqrt{112366^2 + 0,0132 \cdot (1 + 1,5 \cdot 4,43) \cdot 256\,105\,963,27 \cdot 300 + 112366 \cdot (1 + 4,43) \cdot} \\
 & \frac{0,0000025 \cdot 300}{1 - (1 - 4,43) \cdot 0,0000025 \cdot 300} \\
 & = 151412,5 \text{ Па} = 0,15 \text{ МПа} \\
 & P_{кв3} = p_{кв3} + p_n = 151412,5 + 17 \cdot 101325 = 1873937,5 \text{ атм.} = 1,87 \text{ МПа.} \\
 & p_{кв4} \\
 & \sqrt{1873937,5^2 + 0,0197 \cdot 97\,740\,971\,889,93 \cdot \left(300 + \frac{0,1094 \cdot 0,286 \cdot 33}{0,0197}\right) - 1873937,5 \cdot} \\
 & \frac{0,0000025 \cdot 300}{1 + 0,0000025 \cdot 300} \\
 & = 2955466,6 \text{ Па.} = 2,96 \text{ МПа.}
 \end{aligned}$$

Тогда давление на штуцере ресивера в случае использования бурильного инструмента с выбранными параметрами в условиях водопритока составит:

$$p_k = \sqrt{2955466,6^2 + 0,021 \cdot 259\,388\,498\,932 \cdot 20} = 2973832,6 \text{ Па} = 2,97 \text{ МПа.}$$

Таким образом, основываясь на полученном результате, можно сделать вывод о том, что наложение условий водопритока незначительно влияет на величину требуемого развиваемого давления на компрессоре. Выбранная скорость обратного потока 15,25 м/с при заданной механической скорости бурения 30 м/ч будут обеспечивать вынос породы при бурении в условиях водопритока.

С учетом глубины бурения, и, принимая во внимание полученное значение расхода воздуха 167 м³/мин, выбранную установку T130XD необходимо будет доукомплектовать четырьмя компрессорами SullairCombo 1150/1350 с развиваемым расходом воздуха 38 м³/мин при давлении 35 атмосфер.

Моделируя процесс пневмоударного бурения математическими методами, невозможно оценить степень влияния образования сальников на механическую скорость бурения при прохождении пропластков аргиллитов и ангидридов интервала Верхоленской свиты. Опыт компаний ООО «Интес» и ООО «Белон-геология» показывает, что в случае образования сальников снижается скорость проходки, возрастают потери давления, снижается скорость восходящего потока и, как следствие, требуется дополнительный цикл продувки скважины с увеличенным расходом воздуха.

Для условий Дулисьминского месторождения принята скорость восходящего потока, рекомендуемая на основе проведенных опытов для соответствующих категорий пород [4].

Проведение опытно-промышленных работ и апробация полученной математической модели позволит оценить влияние неучтенных факторов, подобрать оптимальные параметры режима бурения и компрессования и сделать вывод о правильности и соответствии выбора расхода воздуха, величины скорости восходящего потока и требуемой механической скорости проходки.

Литература

1. Бронзов А.С. Бурение скважин с использованием газообразных агентов. – М.: Недра, 1989. – С. 56-75.
2. Бузанов К.В., Борисов К.И. Технология бурения пневмоударником как способ предупреждения катастрофических поглощений на Дулисьминском месторождении // Научно-технический журнал Инженер-Нефтяник. – Москва, 2014. – №4. – С. 28 – 31.
3. Иогансен К.В. Спутник буровика. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

4. Кудряшов Б.Б., Кирсанов А.И. Бурение разведочных скважин с применением воздуха. – М.: Недра, 1990 г. – 263 с.
5. Мехтиев Э.Х. Бурение скважин с очисткой забоя аэрированными жидкостями. – М.: Недра, 1980. – С. 78-93.
6. Самохвалов М.А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования: учебное пособие. – Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 312 с.
7. Шамшев Ф.А., Тараканов С.Н., Кудряшов Б.Б. Технология и техника разведочного бурения. – М.: Недра, 1983 г. – 565 с.
8. ГОСТ 632-80 «Трубы обсадные и муфты к ним» // Государственный комитет по стандартам СССР. – М.: 1980.
9. Инструкция по эксплуатации МБУ Т130ХД // ООО «КоралайнаДриллинг». – Москва 2010. – 17 с.
10. Каталог изделий – оборудование для бурения с погружным пневмоударником // Компания Atlas Copco Secoroc AB. – Швеция, 2007.
11. Проект на проведение комплекса гидрогеологических поисково-разведочных работ на Дулисьминском нефтегазоконденсатном месторождении // Иркутск 2012. – С. 45-50.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗОЧНЫХ ДОБАВОК В БУРОВОМ РАСТВОРЕ

Е.В. Виноградов
Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа посвящена изучению опыта применения смазочных добавок в буровых растворах. Рассмотрено несколько рецептур смазок, их лабораторные испытания, а также результаты применения в полевых условиях. Доказано, что большая концентрация ионов одно- и двухвалентных металлов в буровом растворе приводит к значительному снижению эффективности традиционных смазочных добавок

Abstract. The scientific work is devoted to studying the experience of the application of lubricant additives in the drilling fluids. Considered more of the formulations of lubricants, their laboratory tests, and the results of field applications. It is proved that a large concentration of ions of monovalent and divalent metals in the drilling mud results in a significant reduction in the effectiveness of traditional lubricant additives

При бурении нефтяных и газовых скважин, как правило, возникают большие крутящие моменты и высокие силы трения бурового инструмента о стенки скважины. Для их снижения применяются специальные смазочные добавки для буровых растворов с улучшенными антиприхватными и поверхностно-активными свойствами. Многие из существующих смазочных добавок, как показывает опыт промышленного применения, теряют свою эффективность как при бурении солевых отложений с использованием соленасыщенного бурового раствора, так и при загрязнении бурового раствора вследствие разбуривания пород, слагаемых солями двухвалентных металлов, и в частности солями кальция.

Актуальной задачей является разработка смазочных добавок на основе производных растительных масел как доступного и дешевого сырья. Данные продукты олеохимии сохраняют свою эффективность в растворах с большой концентрацией солей одно- и двухвалентных металлов, а также выдерживают воздействие высоких температур вплоть до 160°C. Обладая высокой способностью к эмульгированию в водной фазе буровых растворов, такие реагенты образуют плотные смазочные слои, устойчивые в условиях тангенциальных и нормальных нагрузок и тем самым способствуют существенному снижению коэффициента трения [1].

Таблица 1

Базовые буровые растворы для испытаний

Пресный глинистый раствор	Концентрация, кг/м ³	NaCl Polymer	Концентрация, кг/м ³	CaCl ₂ Polymer	Концентрация, кг/м ³
Вода		Вода		Вода	
Глинопорошок м. «Медиум»	72	Глинопорошок	20	Глинопорошок	30
Глинопорошок м. ПБН	43	Щелочь	0,7	Щелочь	0,7
		Понизитель фильтрации ПАЦ НВ	5	Понизитель фильтрации, регулятор реологии – AquaPAC R	1
		Крахмал модифицированный	10	Ксантановая камедь	2
		NaCl	231	CaCl ₂	50
		Ксантановая камедь	3		

Рассмотрим 2 рецептуры смазочных добавок:

Традиционная смазочная добавка (представляет собой традиционно используемую смесь жирных кислот и эмульгаторов в инертном углеводородном носителе);

Смазочная добавка «БЛ ЭКО-САЛТ» – композиция эфиров жирных кислот различного химического строения.

Применение эфиров жирных кислот в разработанной добавке обеспечивает формирование более прочных адсорбированных слоев, по сравнению с традиционными смазочными добавками, т. к. данные соединения обладают способностью к хемосорбции в результате взаимодействия гидрофильных групп (полярных или анионных) с окисными пленками металлической поверхности.

Смазывающая способность тестируемых добавок определялась на тестере предельного давления и смазывающей способности «LUBRICITY TESTER» модели 21200 фирмы «OFITE»

Для установления эффективности смазочных добавок в условиях, приближенных к скважинным, растворы со смазочными добавками термостатировались в течение 16 ч при температуре 90°С.

В результате экспериментов получены следующие данные по влиянию смазочных добавок на коэффициент трения в растворах с одно- и двухвалентными солями (табл. 2, рис. 1) [2].

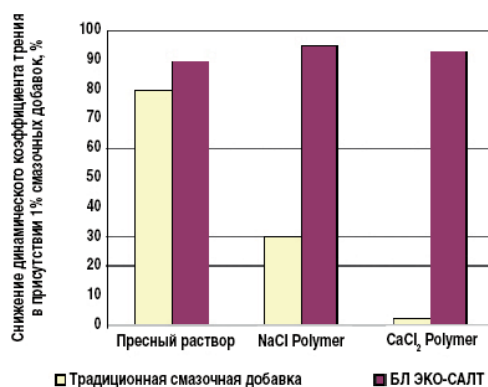


Рис. 1. Эффективность смазочных добавок по смазывающей способности в базовых буровых растворах

Таблица 2

Эффективность по снижению коэффициента трения при добавлении в буровой раствор 1% по объему смазочной добавки

ТРАДИЦИОННАЯ СМАЗОЧНАЯ ДОБАВКА	СМАЗОЧНАЯ ДОБАВКА «БЛ ЭКО-САЛТ»
Снижение Ктр в пресном растворе, %	
80	90
Снижение плотности при высоких скоростях сдвига (пенообразование), %	
4	2
Снижение Ктр в растворе NaCl Polymer, %	
30	90
Снижение плотности при высоких скоростях сдвига (пенообразование), %	
10	4,8
Снижение Ктр в растворе CaCl ₂ Polymer, %	
2	92
Снижение плотности при высоких скоростях сдвига (пенообразование), %	
10,5	6

В пресном растворе, не содержащем солей одно- и двухвалентных металлов, как традиционная смазочная добавка, так и «БЛ ЭКО-САЛТ» показали высокие результаты. Коэффициент трения пары «металл-металл» снижается на 80 и 90% соответственно. Испытания исследуемых добавок в растворе NaCl Polymer показали, что традиционная смазочная добавка неэффективна в соленасыщенных растворах. Снижение динамического коэффициента трения раствора с ней составляет 30%.

Смазочная добавка «БЛ ЭКО-САЛТ» на основе эфиров жирных кислот различного строения показала высокую эффективность в соленасыщенном растворе – снижение коэффициента трения составило более 90%. [4]

В растворе, насыщенном ионами Ca²⁺, традиционная смазочная добавка также теряет свою эффективность (табл. 2, рис. 1). В то же время применение смазочной добавки «БЛ ЭКО-САЛТ» в растворе CaCl₂ Polymer позволяет снизить динамический коэффициент трения на 92% по сравнению с исходным раствором. Необходимо отметить, что «БЛ ЭКО-САЛТ», в отличие от традиционной смазочной добавки, не теряет своей эффективности при высоких температурах.

Еще одно важное преимущество смазочной добавки «БЛ ЭКО-САЛТ» – более низкая пенообразующая способность в растворе по сравнению с традиционной смазочной добавкой. Установлено, что введение изучаемых смазочных добавок в буровой раствор не вызывает значительных изменений его структурно-механических (реологических) параметров (табл. 3, 4) [3].

Таблица 3

Влияние исследуемых смазочных добавок в концентрации 1% по объему на параметры базового раствора NaCl Polymer

Параметр	Базовый раствор NaCl Polymer	NaCl Polymer + традиционная смазочная добавка	NaCl Polymer + «БЛ ЭКО-САЛТ»
Реология			
600	83	100	86
300	57	75	60
200	48	63	49
100	35	51	36
60	27	41	28
30	20	32	21
6	11	20	11
Gel 10 с/10 мин	10/17	13/21	11/18
РV,сПз	26	25	26
УР, дПа	148,5	239,5	162,8

Таблица 4

Влияние исследуемых добавок в концентрации 1% по объему на параметры базового раствора CaCl₂ Polymer

Параметр	Базовый раствор CaCl ₂ Polymer	CaCl ₂ Polymer + традиционная смазочная добавка	CaCl ₂ Polymer + «БЛ ЭКО-САЛТ»
Реология			
600	50	49	45
300	34,5	37	33
200	28	32	27
100	21	24	20
60	17	21	17
30	13	17	13
6	7	9	7
Gel 10 с/10 мин	7/8	8/13	7/9
РV,сПз	15,5	12	12
УР, дПа	91	120	100,6

Таким образом, большая концентрация ионов одно- и двухвалентных металлов в буровом растворе приводит к значительному снижению эффективности традиционных смазочных добавок, а улучшенный состав «БЛ ЭКО-САЛТ» позволяет сохранять высокие показатели смазывающей способности даже в таких агрессивных условиях.

Литература

- Исхаков А.Р. Опыт применения водонефтенабухающих заколонных пакеров ТАМ [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.tatnpi.ru/upload/sms/2011/bur/003.pdf>.
- Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://ngpedia.ru/>.
- Бурение и нефть. Журнал [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://burneft.ru/>.
- Яров А.И. и др. Смазочные добавки к буровым растворам. // Обзорная информ. Сер. бурение. М.: ВНИИОЭНГ. - 1975. - 87 с.

АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ АВАРИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СКВАЖИН

А.А. Глущенко

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена и проанализирована классификация аварий, возникающих при строительстве скважин. Представлен анализ специального оборудования, используемого для их ликвидации. Кроме того, сформулированы причины возникновения аварий в бурении и способы их предупреждения.

Abstract. The article describes and analyzes the classification of accidents occurring in the well drilling. The analysis of the special equipment used to eliminate them. In addition, the stated causes of accidents in drilling and ways to prevent them.

Классификация аварий в бурении по видам

По факторам, влияющим на их возникновение, аварии подразделяются на три основные группы: природные (неблагоприятные горно-геологические условия бурения); технологические (несовершенство и различные нарушения технологии бурения); организационно – технические (несовершенство организации буровых работ и неправильное использование буровой техники).

Аварии, возникающие из – за неблагоприятных горно-геологических условий бурения, по своим признакам зачастую сходны с осложнениями при бурении. По причинам возникновения аварии подразделяются на две группы (это обуславливает оплату труда буровой бригады за время ликвидации аварии): аварии, происшедшие по вине буровой бригады; аварии, происшедшие не по вине буровой бригады. По степени тяжести аварии делятся на простые и сложные; нередки случаи, когда во время ликвидации простой аварии она может перейти в сложную. По характеру возникновения аварий классифицируют на: аварии с колонной бурильных труб – оставление в скважине бурильных колонн или их частей из – за поломок труб в теле или в соединительных элементах, а также падение в скважину элементов бурильных колонн; нередки случаи аварий с колоннами бурильных труб как следствие ликвидации аварий других видов (например, прихватов); аварии в результате прихвата бурильной колонны (вид аварий, при которых полностью потеряна возможность спуска или подъёма бурильной колонны) – вызываются прилипанием бурильных труб к стенкам скважины, заклиниванием коронок, долот, колонковых и бурильных труб, возникновением сальников в скважине, обвалами и осыпаниями стенок скважины; аварии с обсадными трубами – разъединение по резьбовым или сварным соединениям спускаемых или ранее опущенных обсадных труб; разрыв труб по телу; падение обсадных труб в скважину; смятие и протирание обсадных труб; прихваты обсадных колонн при спуске и подъёме; отвинчивание и обрыв башмаков и башмачных труб; Аварии с алмазными коронками и долотами – прижоги или оставление в скважине коронок, долот или их частей (секторов); аварии при скважинных исследованиях – обрыв и оставление в скважине каротажных зондов или других скважинных приборов, каротажного кабеля; падение посторонних предметов в скважину; оставление керна в скважине.

Инструмент, применяемый для устранения аварий в бурении

Резьбонарезные соединительные аварийные инструменты. К аварийным резьбонарезным соединительным инструментам относятся простейшие инструменты -

колокола и метчики. Их достоинствами являются простота, надежность и прочность. Все резьбонарезные инструменты выпускаются как с правыми, так и с левыми резьбами.

Колокола представляют собой резьбонарезной инструмент трубчатой конструкции, предназначенный для нарезания новой или исправления имеющейся наружной резьбы на поверхности труб. Колокола выпускаются двух основных типов. Тип «К» предназначен для соединения с верхним торцом аварийной трубы. Тип «КС» (колокола сквозные) предназначен для нарезания наружной резьбы и соединения с ближайшим от торца утолщением (муфтой, замком и т.п.). Кроме того колокола могут различаться по виду ствола скважины (обсаженной эксплуатационными колоннами или нет), в которой они используются. К буквенному шифру колокола, предназначенному для использования в эксплуатационной колонне, добавляется буква «Э». За буквой «Э» в шифре колоколов этого типа указывается число, определяющее наибольший диаметр ловильной резьбы, затем число, указывающее условный диаметр эксплуатационной колонны, для работы в которой предназначен инструмент.

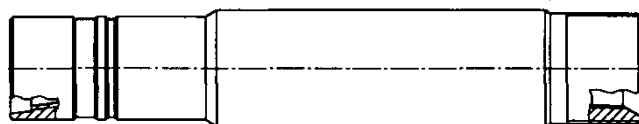


Рис. 1. Колокол

Метчики представляют собой резьбонарезной инструмент для нарезания внутренней резьбы в утолщенной части труб и соединительных элементах, например, в замках (типа МБУ и МЭУ) или исправления имеющейся, но нарушенной резьбы в муфтовых частях (типа МСЗ и МЭС). В шифрах метчиков универсальных (МБУ, МЭУ) за буквенным обозначением следует два числа, первое из которых указывает наименьший диаметр ловильной резьбы, а второе - наибольший диаметр ловильной резьбы. В шифре метчиков специальных (МСЗ и МЭС) указывается размер ловильной резьбы, соответствующий стандартным соединительным резьбам по ГОСТ 5286-75 (для МСЗ) или ГОСТ 633-80 (для МЭС).

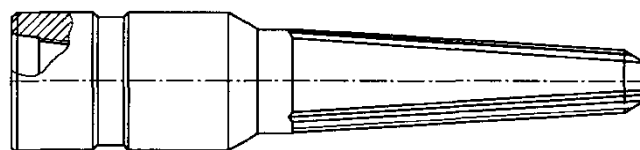


Рис. 2. Метчик типа МБУ, МЭУ

Комплекующие изделия для ловильных инструментов. К комплекующим изделиям относятся головки и воронки. Головка центрирующего устройства представляет собой переводник с аварийного инструмента (ниппель, резьба замковая) на бурильную колонну (муфта, резьба замковая) с наружной резьбой по ГОСТ 633-80 или ГОСТ 632-80 для навинчивания удлинительного патрубка. Нижняя и верхняя резьбы одинакового размера по ГОСТ 5286-75. Буквенное обозначение головок - «Г». Далее в шифре указывается замковая резьба и резьба под удлинитель.

Размерный ряд головок -центрирующих устройств. Воронка - устройство, облегчающее ввод торца аварийной колонны в направляющую. Имеет в верхней части внутреннюю резьбу под удлинительный патрубок по ГОСТ 633-80 или ГОСТ 632-80, а в нижней - заводную прорезь. Общее обозначение воронок - буква «В». Далее в шифре

следуют: условный размер резьбы, минимальный внутренний и максимальный наружный диаметры.

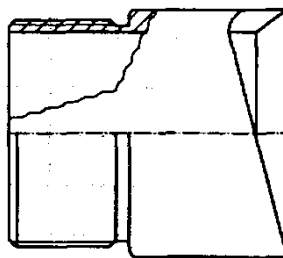


Рис. 3. Воронка

Фрезеры предназначены для разрушения всевозможных посторонних предметов в скважинах, а также иных препятствий, затрудняющих или вовсе не позволяющих нормальное продолжение технологического цикла в скважинах.

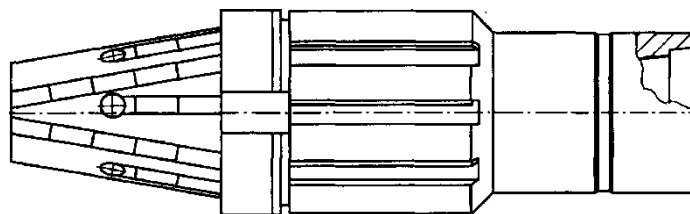


Рис. 3. Фрезер типа ФТК

Применительно к конкретным ситуациям, возникающим в скважинах, забойные фрезеры подразделяются на три типа: Обычный или легкий; Средний; Особый.

Обычный - предназначен для разрушения любого осадка, цемента, кусков металла отдельных труб и колонн тонкостенных насосно-компрессорных и обсадных труб или иных приборов и устройств трубчатой конструкции, изготовленных из обычных сталей и не армированных особо твердыми материалами. При этих условиях обеспечивается высокая скорость фрезерования. Средний - предназначен для выполнения тех же работ, что и обычный фрезер, но при более сложных условиях, например фрезерование бурильных труб с замками, отдельных, не очень массивных устройств и деталей. Особый - предназначен для разрушения крупных и прочных предметов и устройств, например долот, замков, переводников, калибраторов и стабилизаторов, всевозможных аварийных инструментов и т.п.

Внутри каждого типа забойных фрезеров делается разделение по особенностям скважины, в которой предстоят работы: в обсадной колонне - К, в открытом стволе - О и по форме рабочей поверхности: с плоской (не обозначается) и с вогнутой (добавляется буква «В») поверхностями.

Ловители предназначены для захвата за наружную поверхность бурильных и обсадных труб при ловильных работах с одновременной промывкой скважины через ловимый объект.

Труболовки наружные освобождающиеся типа ТНС предназначены для ловли и извлечения оставшихся в скважине в результате аварии бурильных и насосно-компрессорных труб за наружную поверхность.

Предназначены для извлечения бурильной колонны с захватом под замок, если нельзя применить ловитель или колокол. Если диаметр ловимого инструмента приблизительно равен максимальному размеру захвата овершота, применяется

спиральный захват, регулятор спирального захвата и пакер типа "А". Если диаметр ловимого инструмента значительно меньше максимального размера захвата (обычно 12,5 мм), используется захват с ловушкой в виде воронки и регулируемый пакер (либо гладкий, либо с фрезерованными зубцами).

Причины возникновения аварий и методы устранения

Обрывы бурильных труб. При обрыве труб бурильной колонны прежде всего необходимо выяснить причину, место и характер излома. Последние определяют по поднятой части бурильной колонны или спуском печати. Если оставшаяся в скважине часть бурильного инструмента не прихвачена, то спускается правый метчик или колокол (в зависимости от формы обрыва) и после соединения его с бурильной колонной производится её подъём из скважины. Возможные осложнения в этом случае: уход «головы» бурильной колонны в сторону (при наличии каверн в стенках скважины); расклинивания бурильными трубами или их частями и соединениями (при двойном обрыве, падении бурильных труб и соединений и др.). Способы ликвидации: соединение с отдельными элементами бурильной колонны и попытки извлечь их поочередно; цементация интервала у верхнего конца бурильной колонны с последующим искривлением ствола скважины. При невозможности соединения с оставшейся частью бурильной колонны метчиком (или колоколом) из – за формы обрыва (косой слом с малым углом, развальцевание кромок и пр.) для соединения может быть применена труболовка, а при невозможности её применения – обуривание верхней части колонны. Основным инструментом, применяемым при этом типе аварий является пики, метчики, колокола.

Прихваты бурильных колонн. Этот вид аварий является наиболее распространённым и тяжело поддающимся ликвидации видом, он даёт наибольшее число осложнённых аварий, поэтому к ликвидации прихвата необходимо подходить весьма внимательно и осторожно. При обнаружении прихвата необходимо выяснить возможность вращения бурильной колонны и наличие промывки в призабойной зоне. Если возможны вращение и промывка, следует пытаться поднять колонну с вращением при максимально возможной промывке. При наличии промывки можно применить нефтяную ванну (закачка 1 – 2 м³ нефти и выдержка скважины в течение 24 – 48 ч); этот способ применим при прихватах в вязких пластичных породах (глины, алевролиты и т.п.). Если невозможен подъём с вращением и интенсивной промывкой, следует пытаться ликвидировать прихват натяжкой колонны.

Аварии с обсадными трубами. При спуске обсадных труб возможны отворачивания отдельных труб, частей обсадной колонны, ниппелей, обрывы труб и их смятие. При отворачивании труб следует пытаться зацентрировать отвернувшуюся трубу при помощи деревянного конуса, спущенного на бурильных трубах, и затем повернуть её вращением верхней части колонны обсадных труб. Если невозможно повернуть трубу, необходимо поднять верхнюю часть колонны обсадных труб, а затем захватить и поднять отвернувшуюся трубу с помощью трубного метчика или труболовки, спускаемых на бурильных трубах. В процессе бурения возможны отворачивание нижней части колонны обсадных труб (башмачной трубы) или обрыв её в результате размыва ствола скважины и зависания колонны обсадных труб. Ликвидацию этих аварий производят путём центрирования отвернувшейся (оторвавшейся) части колонны с последующей цементацией её или спуском обсадной колонны меньшего диаметра. При возможности следует поднять верхнюю часть колонны обсадных труб и далее производить ликвидацию аварии вышеописанным способом. Так же ликвидируют аварии, происшедшие из – за протирания стенок колонны обсадных труб в процессе бурения. Возможны осложнения при ликвидации

аварий с обсадными трубами: 1) прихваты (прилипания, примерзание) обсадных труб; 2) обрывы бурильных труб, используемых при ликвидации аварий с обсадными трубами. Первые ликвидируются применением различных смазок или путём разогрева обсадных труб с последующим извлечением труб. Основной инструмент, применяемый при ликвидации аварий с обсадными трубами – это труболовки и труборезы.

Падение посторонних предметов в скважину. Разнообразие посторонних предметов, которые могут попасть в скважину, обуславливает многочисленность способов их извлечения. Извлечение этих предметов может производиться различными ловушками, обуриванием или разбуриванием предмета; при невозможности извлечения постороннего предмета производится бурение второго ствола.

Аварии при скважинных работах. При обрыве скважинных приборов и оставлении их в скважине ликвидация аварии производится так же, как и при аварии с буровыми коронками и долотами. При обрыве каротажного кабеля (или троса, на котором спущен скважинный прибор) его извлечение производится с помощью специальных приспособлений (ёрш двурогий, ёрш однорогий). В случае невозможности извлечения каротажного кабеля (троса), он разбуривается.

Литература

1. Басарыгин Ю.М, Булатов А.И, Проселков Ю.М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин: учеб. Для вузов-М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000-679с.
2. Буровое оборудование: Справочник: В 2-х т. – М.:Недра, 2000.-Т.1. – 269с.

РАЗРАБОТКА ОБЛЕГЧЕННЫХ ВЕРМИКУЛИТОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Л.В. Гуран

Научный руководитель доцент к.х.н. К.М. Минаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения вермикулита как материала, применяемого при приготовлении облегченных тампонажных материалов. Проведена оценка возможных проблем при его использовании. Кроме того, приведены данные лабораторных исследований свойств цементного раствора с применением вермикулита.

Abstract. The article considers the possibility of using vermiculite as the material used in the preparation of lightweight backfill materials. Assessment of potential problems with its use . Furthermore, laboratory data shows properties of a cement slurry using vermiculite.

Цементирование относится к завершающей и наиболее важной операции при строительстве нефтяных и газовых скважин.

Существующие облегчающие добавки повышают водосодержание тампонажных растворов, понижают прочностные характеристики цементного камня, а так же являются седиментационно не устойчивыми.

В настоящее время известно несколько десятков составов облегченных цементов, предназначенных для применения в различных областях строительства. Попытки использовать эти цементы для цементирования скважин встречают ряд трудностей, основными из которых являются следующие:

- 1) недостаточная плотность;
- 2) слабая прочность цементного камня;
- 3) нестабильность приготовленной смеси.

4) высокая стоимость облегчающих материалов.

Известно, что проникновение пластовых флюидов в продуктивный горизонт может осуществляться:

- 1) по контакту цементный камень - стенка ствола скважины
- 2) по связанным между собой капиллярам и трещинам в цементном камне;
- 3) по контакту цементного кольца с обсадной трубой при наличии оставшегося бурового раствора из-за расслоения тампонажного раствора (камня).

Наиболее серьезные осложнения при креплении скважин связаны с недоподъемом тампонажного раствора в затрубном пространстве на расчетную высоту. В скважинных условиях, особенно при применении чистых цементных растворов и существующей технологии вытеснения бурового раствора тампонажным, контракционные явления приводят к образованию контактных каналов обсадная колонна - цементный камень и, как следствие, к межколонным давлению.

Для предупреждения этих отрицательных явлений используют тампонажные растворы пониженной плотности посредством:

- введения легкого наполнителя (вермикулит, глинопорошок, перлит и другие) или использование вяжущего материала наименьшей плотности;
- увеличение водосодержания цементного раствора вместе с повышением водоудерживающей восприимчивостью;
- введения газообразной фазы;
- замены части воды углеводородной жидкостью с меньшей плотностью.

Проблема создания облегченного тампонажного раствора, отличающегося от существующих, ускоренным схватыванием, повышенной прочностью, остается актуальной.

До настоящего времени в практике крепления скважин продолжает применяться устаревший и неэффективный "мокрый" способ приготовления облегченных тампонажных растворов посредством затворения стандартных тампонажных цементов на разбавленном водой глинистом (буровом) растворе. Характеристики и качество таких облегченных растворов и формирующегося из них камня тяжело прогнозировать. При цементировании промежуточных обсадных колонн обычно готовится цементно-бентонитовая смесь плотностью 1460-1570 кг/м³, которая готовится на основе глинистого раствора путём его предварительного разбавления водой до плотности 1,04-1,06 кг/м³ и последующим перемешиванием с цементом. Такие смеси позволяют увеличить высоту подъема тампонажной смеси за трубами, но применяемые геофизические методы контроля над качеством цементирования показывают, что в растворе, из которого готовится цементнобентонитовая смесь, присутствуют химические реагенты, значительно изменяющие свойства цементнобентонитовой смеси, ухудшающие ее качество и свойства камня.

Значительный интерес в качестве облегчающей добавки представляет добавка вермикулит. Вермикулит -минерал имеющий слоистую структуру из группы гидрослюдистых. Продукт вторичного изменения (гидролиза и последующего выветривания) темных слюд биотита флогопита. Вермикулит был впервые получен в начале XIX века, а в промышленности получил применение спустя 100 лет. Месторождения вермикулита находятся на Кольском полуострове и на Урале, в Красноярском крае, Иркутской области. Зарубежные месторождения находятся - в США (в штатах Монтана, Колорадо, Вайоминг, Северная Каролина, Джорджия), Казахстане, ЮАР, Украине, Уганде, Узбекистане Западной Австралии.

Результатами экспериментальных исследований физико-механических параметров облегченных цементных растворов с использованием данных добавок выявлена возможность эффективного понижения плотности цементного раствора (до 1350 кг/м³). Это объясняется в первую очередь не высокой плотностью самой добавки.

На основании анализа полученных результатов выявлено следующее:

а) использования вермикулита эффективно уменьшает плотность раствора до 1300-1500 кг/м³, сохраняет свою плотность под давлением, седиментационно устойчив, раствор стабилен, обеспечивает образование цементного камня не большой проницаемостью и прочностью на изгиб, превышающую требования предъявляемыми отраслевыми стандартами;

б) следует подчеркнуть высокую технологичность облегченных тампонажных растворов с использованием вермикулита. Каких-либо проблем в процессе затворения в скважину и прокачки выявлено не было;

в) поглощения в процессе цементирования отсутствовали;

г) в отличие от большинства других облегченных тампонажных смесей использование вермикулита позволяет определять качество цементирования скважин с помощью геофизических методов, в частности АКЦ

д) плотность тампонажногораствора при затворении всегда идентичная плотности раствора на выходе из устья скважины.

Одним из методов борьбы с седиментацией и контракцией является введение в состав тампонажных растворов полимеров, которые не только структурируют раствор, препятствуя оседанию твердых частиц и уменьшению физических размеров системы, но и закупоривают поры в цементном камне, создавая замкнутую пористость и снижая его газопроницаемость.

Данные исследований подтверждают вывод о том, что вермикулит вспученный является высокоэффективной активной добавкой к тампонажным цементам, о чем свидетельствует достаточно высокая прочность цементного камня и расширение цементного камня. Введение в состав тампонажного раствора химических реагентов снижает прочность цементного камня незначительно. Пониженная плотность тампонажного раствора с полимерными добавками (1,45 г/см³) связана, очевидно, с вовлечением в него воздуха при приготовлении. Несмотря на это, реальная плотность облегченных тампонажных растворов с вермикулитом вспученным (1,50 - 1,52 см³) вполне удовлетворяет условиям цементирования нефтяных и газовых скважин на месторождения

Таблица 1

Результаты исследований ПЦТІ-100 с различными добавками

№	Состав	Показатели				
		Растекаемость, мм	Плотность, г/см ³	Время загустевания, 30Вс/мин/75°С	Прочность, Мпа, 2суток, 75С	Водоотделение, см ³ /2часа
1	ПЦТ І -100, Вермикулит (марки 150), бентонит	225	1,45	Имеет изначально консис тенцию >30 Вс	1.5; 1.4;	1
2	ПЦТ І 100, вермикулит (марки 150) затворённый на расТВореNaClI	>250	1.435	85	1.5; 1.34;1.46;	4

3	ПЦТ I 100, вермикулит (марки200) крепь 4, затворённый на растворе NaCl.	250	1,53	105	2.0;2.2;2.3	8,5
4	ПЦТ I-100, вермикулит (125мкм), крепь 4, NaCl	>250	1,52	100	3.3; 3.3;3.0	6
5	ПЦТ I-100, вермикулит (200-500мкм), крепь 4, NaCl	230	1,425	70	2.2; 2.4	5
6	ПЦТ I-100, вермикулит (500-800мкм), крепь 4, NaCl	220	1,41	20	2.0; 2.0	1,5
7	ПЦТ I-100. вермикулит (- 125 мкм), бентонит, Сем 1	> 250	1,53	260	2,4; 2,3;2,4	3

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы: несмотря на то, что в лабораторных условиях облегченные тампонажные растворы на основе вермикулита имеют характеристики удовлетворяющие требованиям ГОСТ 1581-96, необходимы полевые исследования и проведение пробных заливок скважины, чтобы сделать заключение о применимости данных растворов для цементирования скважин.

Основным достоинством вермикулита при использовании его в качестве облегчающей добавки является неограниченное количество при имеющемся производстве, возможность регулировать насыпную плотность и фракционный состав.

Литература

1. Минаев К.М., Горбенко В.М., Кайль В.А., Бубнов А.С., Бойко И.А. Облегченные тампонажные растворы на основе вермикулита // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Том II; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. - С. 206 - 208.
2. Минаев К.М., Горбенко В.М. Разработка облегченных вермикулитсодержащих тампонажных материалов // Новые технологии - нефтегазовому региону : материалы Всероссийской научно-практической конференции.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ НАСОСОВ

И.В. Дегтярёв

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В научной работе проведено аналитическое сравнение отечественных и зарубежных буровых насосов. Анализ проводился в два эта: изучение конструкции насосов, сравнение их технических характеристик. По результатам исследования сделаны выводы – о высоком техническом уровне современного оборудования и наличии предпосылок к созданию буровых насосов нового поколения.

Abstract. The scientific work of an analytical comparison of domestic and foreign drilling pumps. The analysis was conducted in the two steps: the study design of pumps, comparing their performance. The study conclusions - on the high technical level of modern equipment and the presence of the prerequisites for the creation of a new generation of mud pumps.

В технологических процессах строительства нефтяных и газовых скважин большую роль играют буровые насосы, обеспечивающие циркуляцию бурового раствора для очистки забоя от частиц разрушенной породы и их выноса на дневную поверхность. Буровые насосы — главные потребители энергии на буровой установке, в настоящее время их приводная мощность находится в среднем в пределах от 190 до 1600 кВт в зависимости от глубины и условий проходки скважин. Они эксплуатируются в очень тяжелых условиях, перекачивая вязкие растворы, приготовленные обычно на основе глинисто-водных смесей и утяжеленные добавками гематита или барита. Растворы могут содержать до 2 % абразивных частиц выбуренной породы и перекачиваются насосами при температуре 40—70 °С.

На нефтяных и газовых месторождениях России в данное время эксплуатируются главным образом буровые насосы триплексного типа, изготовленные заводами «Уралмаш – Буровое оборудование» (ОАО «УРБО») и Волгоградским заводом буровой техники (ОАО «ВЗБТ»), а также рядом зарубежных фирм, среди которых выделяется продукция фирм NOV (США), BENTEC (Германия) и EMSCO (Китай). Конструкции насосов, близких по параметрическим рядам, у указанных производителей могут существенно различаться, что находит отражение на их показателях технического уровня. В качестве примеров на рисунках 1 и 2 приведены близкие по характеристикам назначения буровые насосы производства ОАО «УРБО» и Bentec T-1600-AC, а в таблице 1 сравниваются характеристики насосов триплексного типа мощностью 600 кВт [1].

Из анализа таблицы 1 видно, что по удельной энергонасыщенности во Вт на 1 кг массы насосов, отечественные насосы не уступают зарубежным и даже превосходят их: результат по УНБТ-600L (Уралмаш) например, выше, чем у лучшего зарубежного аналога 8-P-80 TRIPLEX (NOV, США).

Изучая принципиальные схемы и чертежи различных насосов можно констатировать следующее:

1. Разные показатели удельной энергонасыщенности у отечественных насосов определяются существенными различиями конструктивного исполнения как их гидравлической, так и приводной части. Например, в конструкции насосов ВЗБТ предпочтение отдано соосному расположению нагнетательного и всасывающего клапанов, а в конструкции насосов УРБО предпочли L-образное. В приводной части

насосов ВЗБТ использована косозубая передача, а в насосах УРБО – шевронная. Есть и другие различия в конструктивных и технологических решениях, эффективность которых можно оценить комплексно на основе статистической обработки данных об экономичности в изготовлении изделий и их надежности и в эксплуатации.

2. В зарубежных фирмах (NOV, BENTEC) развивается тенденция отказа от клиноременных и цепных передач от двигателя к трансмиссионной части насоса и переход на зубчатые (цилиндрические или планетарные), передачи, как это отражено на рис.2. Такое решение повышает долговечность и безотказность насосов, делают их более компактными.

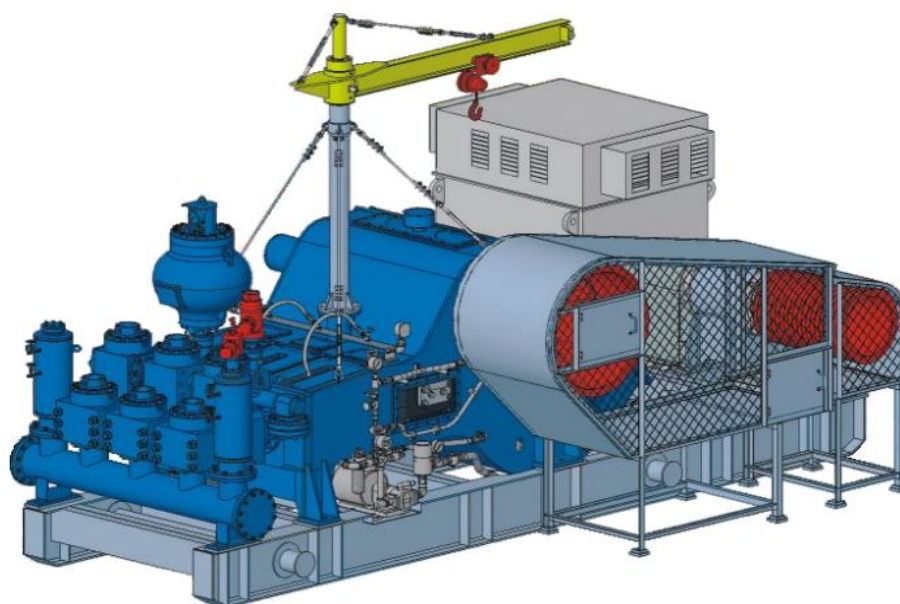


Рис. 1. Буровой насос НБТ-1000L производства ОАО «УРБО» мощностью 1000кВт



Рис. 2. Буровой насос Ventec T-1600-AC мощностью 1193кВт

Таблица 1

Сравнение характеристик насосов триплексного типа мощностью 600 кВт и насоса Bentec T-1600-AC [1]

Параметры	Типы, марка насосов, фирма - производитель				
	НБТ-600 (ВЗБТ)	УНБТ-600L (Уралмаш)	8-P-80 TRIPLEX (NOV, США)	F-800 Emsco (Китай)	Bentec T-1600-AC*
Р, кВт	600	600	597	597	400-1193
Рполез., кВт	523	495	529,6	475	
Наиб. подача, л/с	45	49,6	34,2	38,5	52.12
Предельное давление, МПа	25	32	34,5	34,5	42
Число ходов в мин, max	145	140	160	150	120
Длина хода поршня, мм	250	250	216	229	
Масса, кг	13701	12000	12233	12546	38300
Удельная энергонасыщенность, Вт/кг	44	50	49	47	31

Примечание* весовые характеристики насоса фирмы «Бентек» приведены суммарно с учетом массы силового привода, по другим насосам она не учтена, по имеющейся информации она близка к 7 т.

3. В отечественной практике имеют место довольно успешные попытки применения для промывки скважин при бурении плунжерных триплекс – насосов завода «Синергия», предназначенных для цементировочных агрегатов. Эти насосы при равных значениях мощности, подачи и давления, в 4-5 раз легче трехпоршневых аналогов. Однако, на наш взгляд, технология изготовления высокоточных плунжерных пар представляется достаточно дорогой. А их ресурс в эксплуатации предположительно не высок в условиях циркуляции агрессивных сред.

4. В зарубежной практике в натурном варианте реализован инновационный проект по созданию вертикального шестипоршневого бурового насоса мощностью 1894кВт, позволяющего практически исключить пульсацию бурового раствора (National Oilwell Varco Hex II Pump). Подача такого насоса превышает 65л/с, развивается максимальное давление 51,7МПа. Длина хода 11.8" (300 мм).

Заключение: в отечественной и зарубежной практике накоплен значительный опыт совершенствования существующих буровых насосов, разработки и создания принципиально новых их конструкций, что позволяет ожидать в недалеком будущем появления насосов более высокого технического уровня. К таким работам на уровне исследований и проектных разработок могли бы подключиться ряд кафедр Сибирского федерального университета.

Литература

1. Макушкин Д.О., Кондрашов П.М. Машины и оборудование для бурения нефтяных и газовых скважин: учебное пособие. – Красноярск СФУ. – 2012 – 227 с.

ВИДЫ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ. РАЗВИТИЕ ПОЛИМЕРОСОДЕРЖАЩИХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ, ИХ ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА НАД ОСТАЛЬНЫМИ РАСТВОРАМИ

П.В. Замулин

Научный руководитель доцент к.х.н. К.М. Минаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Росси

Аннотация. В работе рассмотрена классификация буровых растворов. Проанализированы этапы развития полимерных буровых растворов и сделаны выводы об их перспективах в строительстве скважин. Несмотря на удорожание буровых растворов, за счет усложнения рецептур, при использовании безглинистых полимерных растворов достигаются высокие технико-экономические показатели бурения благодаря комплексу положительных свойств: сравнительно слабым реологическим, удовлетворительным смазывающим, ингибирующим, флокулирующим и другим, которые можно регулировать в зависимости от конкретных горно-геологических условий.

Abstract. The paper deals with the classification of drilling fluids. The stages of development of polymer drilling fluid and draw conclusions about their prospects in the construction of wells. Despite the rise in the cost of drilling fluids, due to complexity of the formulations, using a clay-free polymer solutions achieved high technical and economic indices of drilling due to the complex of positive properties: the relatively weak rheological satisfactory lubricating inhibiting, flocculation, and others that can be adjusted depending on the specific mining conditions.

При строительстве скважин вынос разрушенной породы на устье скважины осуществляется циркуляцией промывочной жидкости. С развитием технологии бурения, технических средств, из-за изменения термобарических условий, увеличения доли трудноизвлекаемых запасов и т. д., предъявляемые к промывочным жидкостям требования постоянно расширяются, а вместе с ними претерпевают изменения и их рецептуры, физико-механические и химические свойства: от «буровой грязи» (начало возникновения бурения в III – IV вв. – бурение неглубоких скважин в середине XX вв.) до сложных многокомпонентных систем с регулируемыми в широком диапазоне технологическими свойствами (в настоящее время). Это буровые растворы на водной основе (в т.ч. и вода), на углеводородной основе (в т.ч. и нефть), газообразные растворы (в т.ч. воздух и газ) и пены (рис. 1).

Развитие химической промышленности и вместе с ней разработка высокомолекулярных соединений, полимеров способствовали их применению при строительстве скважин. Полимерный буровой раствор - раствор на водной основе, содержащий высокомолекулярные полимеры линейного строения, применяемый при бурении главным образом крепких пород. Характеризуется высокой гидрофильностью и псевдопластичностью - способностью разжижаться до вязкости, близкой к вязкости воды, при больших скоростях сдвига и загустевать при низких.

Первый полимерсодержащий буровой раствор был применен в США в середине 50-х годов прошлого столетия. Он состоял из бентонитового порошка, полимера (сополимер винилацетата и малеиновой кислоты) и кальцинированной соды [2]. Полимер обладал флокулирующими и загущающими свойствами. В России в 1934 г., по предложению В.С. Баранова и З.П. Букса, использованы гуматные реагенты (УЩР), которые по современным представлениям являются полимерами с широким диапазоном молекулярных весов, образованных конденсированными ядрами и боковыми цепями с функциональными группами [3]. За рубежом гуматные реагенты получили распространение лишь после Второй мировой войны, хотя первый патент на

применение гуматов для обработки буровых растворов был выдан в США еще в 1935 г.

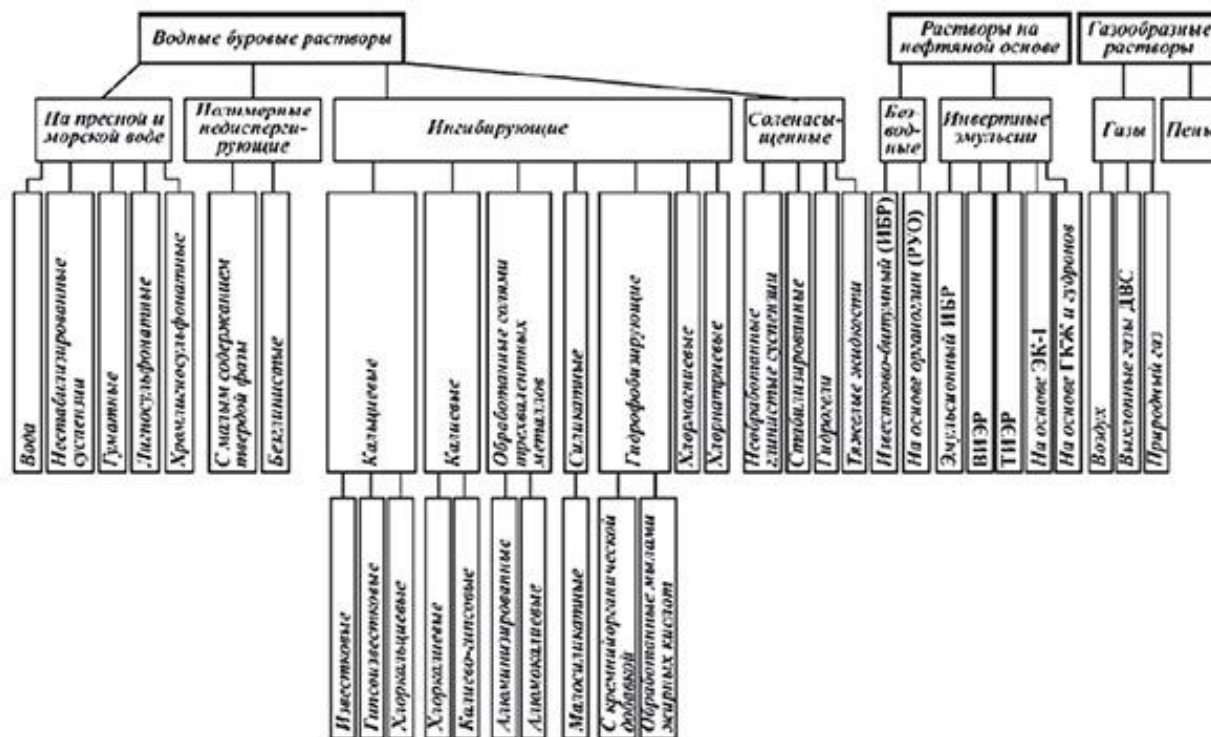


Рис. 1. Классификация буровых промывочных жидкостей [1]

Развитие составов полимерных буровых растворов проходило в направлении от обеспечения стабильности функциональных свойств нарабатываемого «самозамесом» в процессе разбуривания пород бурового раствора к обеспечению максимально возможного сохранения коллекторских свойств продуктивного пласта при его вскрытии. Как любое развитие (от простого к сложному) первоначально применение полимеров в буровой практике обуславливалось стремлением повышения механической скорости и проходки. Со временем, с изменением геологических условий залегания продуктивных пластов (увеличением глубины скважин, температур, давлений и наличием несовместимых зон), буровые растворы становятся ингибированными, устойчивыми к воздействию пластовых условий и экологически чистыми. Они приобретают способность обеспечивать устойчивость пород в скважине и сохранять их коллекторские свойства (рис. 2).

Например, использование рецептур с добавками полимерных реагентов (КМЦ) и органосиликата натрия ГКЖ-10, 11 [4] для гидрофобизации выбуренной породы и понижения вязкости глинистых растворов позволило улучшить состояние стенок скважин, ограничить содержание нефти в растворе и, соответственно, повысить качество цементирования скважин.

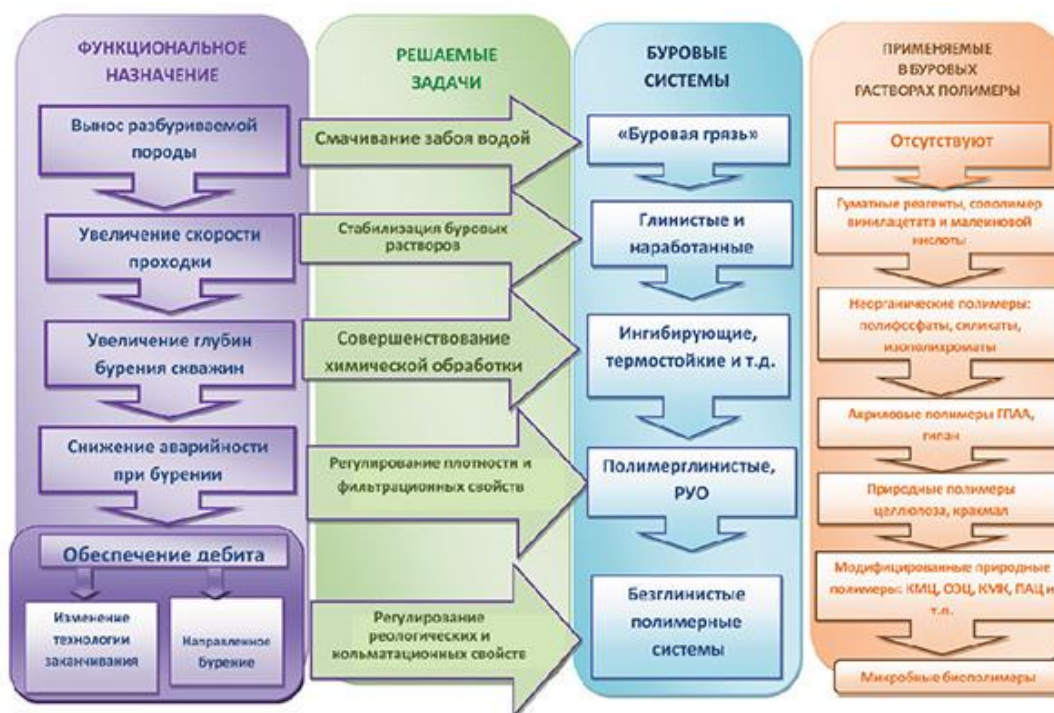


Рис. 2. Решение основных проблем процесса бурения с помощью полимеросодержащих буровых растворов

Решение проблемы сокращения сроков строительства скважины, снижения осложнений и других вопросов обусловило применение полимерглинистых буровых растворов с добавками акриловых полимеров, в основе защитного действия которых лежат ряд физических и химических явлений, связанных со структурой полимера, его концентрацией, а также характером взаимодействия с дисперсионной средой и дисперсной фазой.

Следующим шагом в развитии рецептур буровых растворов стала разработка промывочных жидкостей, позволяющих сохранять коллекторские свойства пласта. На передний план выходят безглинистые буровые растворы (ББР), содержащие природные органические полимеры – биополимеры и природные модифицированные полимеры. Биополимеры – класс полимеров, встречающихся в природе в естественном виде, входящих в состав живых организмов: белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды. К природным модифицированным полимерам относятся полусинтетические смолы, получаемые при химической модификации целлюлозы и представляющие смесь полимергомологов общей формулы $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$, которые отличаются величиной коэффициента n , т.е. длиной цепей [3]. Классификационная схема полимеров представлена на рис. 3.

Безглинистые полимерные системы наиболее полно отвечают требованиям промывки скважин, в том числе с горизонтальными стволами, и находят все большее применение в буровой практике. Данным системам свойственно изменение в широком диапазоне реологических свойств, что обеспечивает эффективную работу породоразрушающего инструмента за счет резкого снижения вязкости при высоких скоростях сдвига и мгновенной фильтрации, а в то же время – достаточно высокую выносящую способность бурового раствора за счет тиксотропного восстановления структуры в режиме низких скоростей сдвига. Безглинистые полимерные системы способны снижать гидравлическое сопротивление в трубном пространстве при

турбулентном режиме, уменьшая тем самым гидродинамическое давление и негативное воздействие на пласт. Благодаря вязкоупругим свойствам они могут увеличивать фильтрационное сопротивление пористой среды, снижая возможность гидроразрыва пласта.

При разработке рецептуры безглинистого бурового раствора основной задачей является выбор полимерного реагента, способного в процессе строительства скважины обеспечить формирование кольматационного экрана в ПЗП, который деструктурируется после окончания строительства скважины, тем самым обеспечивая восстановление фильтрационно-емкостных свойств продуктивного пласта.

В мировой практике бурения в последнее время наметилась тенденция к широкому использованию малоглинистых и безглинистых буровых растворов на водной основе. Такие системы имеют низкий показатель фильтрации, что выгодно отличает их от обычных рассолов или воды, но повышение механической скорости бурения достигается практически такое же, как и при промывке водой. Дополнительные расходы на приготовление таких растворов малоощутимы, поскольку их применение позволяет существенно экономить средства за счет сокращения времени бурения и расхода долот.

Как уже сказано выше, максимально реализовать подвод гидравлической мощности к долоту, очистку забоя от обломков породы, разупрочнение скелета забоя за счет мгновенной фильтрации, исключение оседания шлама и, более того, качественный вынос его на поверхность даже при ламинарном режиме течения, что не удастся с помощью структурированных глинистых буровых растворов.

Гидрогелевые полимерные системы на основе полисахаридов микробиологического применения (биополимеров), либо “подшитой” хромовыми комплексами оксиэтилцеллюлозы, как правило индифферентны к солевой агрессии, что позволяет получать высокоингибированные растворы, обеспечивающие долговременную устойчивость проходимых глинистых пород. Уже к середине 70-х годов объем бурения в США и Канаде на таких растворах составил 13 %. Однако, несмотря на очевидные преимущества гидрогелевых промывочных жидкостей, они все еще довольно дороги (за счет стоимости биополимера). “Второе дыхание” такие системы получили в последнее время в связи с резким ростом объемов горизонтального бурения, где их особые реологические, смазывающие свойства, толерантность к солям, совместимость с различными ПАВ - практически безальтернативны. Ограничением к применению таких систем служат только температурные условия (термостойкость компонентов в пределах 100-110 °С) и необходимость, как минимум, четырехступенчатой очистки раствора. В остальном такой раствор практически идеален с точки зрения ТЭП бурения, обеспечения качественной проводки ствола скважины и вскрытия продуктивной зоны.

Типичным примером модифицированных природных полимеров является натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ). КМЦ была получена в 1933 г. С.Н. Даниловым и Н.И. Крестинской. Промышленный метод производства разработали Ш.З. Финкельштейн, К.Ф. Жигач, Е.М. Могилевский [3]. В первое время в бурении применялись низкомолекулярные марки карбоксиметилцеллюлозы со степенью полимеризации 250 – 600 [5]. В ходе исследовательских изысканий отечественными учеными И.М. Тимохиным, Э.Г. Кистером, В.Д. Городновым и др. в 1970-х гг. было установлено, что реологические характеристики растворов КМЦ зависят от ее концентрации в растворе, фракционного состава, степени полимеризации и содержания

электролитов [2, 3, 5]. В.Н. Тесленко исследована термоокислительная деструкция КМЦ и предложены ингибиторы [6].



Рис. 3. Классификация полимеров, применяемых в буровых растворах

Позднее был предложен метод получения термостойкой модификации Na–КМЦ пролонгированного действия (ВЭЦ–Т), карбоинол [7]. После перехода на рыночные отношения направление простых эфиров целлюлозы, в т.ч. карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), получило новый импульс развития. За последние годы в России созданы производства КМЦ во Владимире, Краснокамске, Бийске, Екатеринбурге, Казани и Нижнем Новгороде, организовано производство КМЦ в Беларуси (г. Светлогорск) и в Украине (г. Днепродзержинск), [9]. Постоянно проводятся работы по получению модифицированных реагентов на основе КМЦ с новыми свойствами (например, полианионная целлюлоза (ПАЦ)).

Таким образом, представленный обзор о применении полимерных буровых растворов в практике бурения нефтяных и газовых скважин свидетельствует о совершенствовании рецептур в части их технологичности и сохранности коллекторских свойств продуктивных пластов. Наряду с усложнением рецептур за счет большого количества реагентов и удорожанием, при использовании безглинистых полимерных растворов достигаются высокие технико-экономические показатели бурения благодаря комплексу положительных свойств: сравнительно слабых реологических, удовлетворительных смазывающих, ингибирующих, флокулирующих и других, которые можно регулировать в зависимости от конкретных горно-геологических условий.

Литература

1. Булатов А.И., Макаренко П.П., Проселков Ю.М. Буровые промывочные и тампонажные растворы: учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1999. – 424 с.
2. Грей Дж. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) / Дж. Грей, Г. Дарли // М.: Недра, 1985. – 509 с.

3. Кистер Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. М.: Недра, 1972. – 392 с.
4. Новиков В.С. Результаты промышленного испытания калиевого раствора / Обзорная информ. сер. Бурение. М.: Недра, 1977. – №6. – С.32-36.
5. Городнов В.Д., Тимохин И.М., Тесленко В.Н., Русаев. А.А. Использование химических реагентов на основе целлюлозы и лигнина для обработки буровых растворов. РНТС ВНИИОЭНГ / Сер. Бурение. – 1976. – Вып.10.
6. Тесленко В.Н. Пути ингибирования деструкции карбоксиметилцеллюлозы антиоксидантами. Получение и применение промывочных и тампонажных дисперсий в бурении. Киев, 1984. – С. 107 – 117.
7. Городнов В.Д. Буровой раствор. А. с. СССР 1122680, заявл. 21.07.83; опубл.1984. – БИ №41.
8. Кряжев В.Н. Тенденции развития отрасли производных целлюлозы и крахмала. / Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применение». Владимир, 2003. – С. 124-127.
9. Доценко Ю.Г. и др. Промывочные жидкости на основе биополимеров для бурения геологоразведочных скважин // Минерально-сырьевая база. Респ. Беларусь: состояние и перспективы / Тезисы доклада на научно-технической конференции, посвященной 70-летию БелНИГРИ. Минск, 22 – 24 окт., 1997. Минск, 1997. – С. 216- 217.
10. Дедусенко Г.Я., Колодкова Н.М. и др. Получение и некоторые свойства биополимеров, используемых в бурении / Тр. ВНИИБТ, 1977. – №40. – С. 33- 38.
11. Рябченко В.И., Федосов Р.И., Пеньков А.И. и др. Биополимер – криптан – новый реагент для безглинистых и малоглинистых буровых растворов со специфическими свойствами // Техн. и технол. промывки и крепления скважин. Краснодар, 1982. – С. 3- 8.

АНАЛИЗ ТИПОВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОТИВОВЫБРОСОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В БУРЕНИИ СКВАЖИН

В.И. Звижинский

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе приведена классификация превенторов для защиты скважины от blowout. Рассмотрено конструктивное исполнение каждого из типов, а также определены оптимальные условия для их использования.

Abstract. The paper shows the classification preventer which used to protect the well from the blowout. Considered design concept of each type, as well as the optimal conditions for their use.

Превентор, или ВОР (BlowOutPreventer) находится в устье скважины, в подвышечном основании буровой вышки. Чаще всего этот компонент не виден из-за нагромождений буровой вышки, но пожалуй это один из самых важных компонентов на буровой вышке, т.к. именно он не только сохранит буровую вышку от пожара, но и жизни людей находящихся на вышке [1].

При бурении используется буровой раствор, в задачу которого входит остужение буровой коронки, т.к. при проходке она нагревается от трения, поднятие кусочков отколотой породы наверх, и стабилизация давления в скважине. Чем глубже скважина, тем большее давление создается в ней, буровой раствор должен быть правильной консистенции, чуть более тяжелый, чем жидкости в породах грунта, для подавления давления, но не слишком тяжелый, для сохранения целостности пластов. В процессе бурения раствор может меняться, в зависимости от прохождения различных пород и участков с разным давлением.

Если же буровая колонна попадает в пласт с газом, или карман с водой под высоким давлением, то вода, газ или другие жидкости под давлением по скважине

устремляется вверх, и происходит взрыв скважины. В такой ситуации только правильно подобранный превентор может сохранить вышку от пожара и разрушения [2].

Превентор – один из рабочих элементов противовыбросового оборудования, прикрепляемый на устье скважины.

Главной и основной функцией превентора является герметизация устья скважины при строительстве или ремонтных работах, так же в чрезвычайных ситуациях на скважине.

Герметизация скважины предотвращает открытое фонтанирование нефти и, как следствие, предотвращает возникновение пожара или загрязнение окружающей среды [3].

Превенторы делятся на три основных класса:

Плащечные - могут быть как глухими (для полного перекрытия устья скважины), так и проходными (имеющими вырез для обхвата буровой трубы).

Универсальные или кольцевые превенторы - служат для перекрытия устья скважины с любым элементом буровой колонны в ней (замком, буровой трубой, ведущей трубой)

Вращающиеся - уплотняют устье скважины с вращающейся в ней буровой колонной.

На самом верху всегда находится универсальный или кольцевой превентор, он имеет округлую форму и состоит из стального корпуса, в полости которого находится мощное кольцевое упругое резиновое уплотнение. Под уплотнением находится гидравлический поршень, который гидравлическим давлением поднимается вверх, сжимая уплотнитель, который, в свою очередь, обхватывает буровую трубу, создавая изоляцию. Отличительная черта этого типа превентора заключается в том, что благодаря эластичности уплотнителя, превентор может быть закрыт на трубах различного диаметра или замках [4].

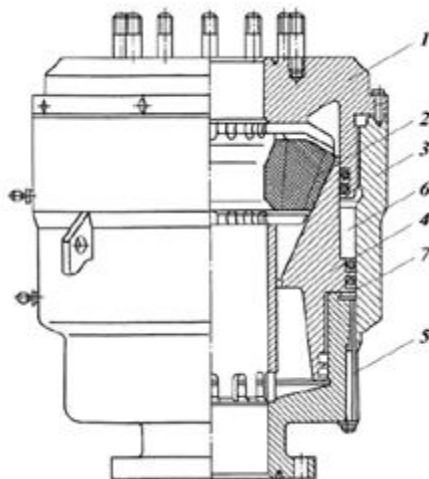


Рис. 1. Универсальный превентор ПУГ 230х320: 1 – крышка, 2 – уплотнитель, 3 – корпус превентора, 4 – плунжер, 5 – трубки для подвода рабочей жидкости, 6 – верхняя запорная камера, 7 - нижняя запорная камера

Еще одной отличительной чертой кольцевого превентора является то, что он позволяет протаскивание трубы через закрытый превентор (до износа уплотнителя может быть протаскано до 2500 метров труб), что немаловажно при попадании в пласты с высоким давлением, а также он позволяет проворачивать буровую колонну[5].

Под кольцевым превентором находится каскад плашечных превенторов. Плашечные превенторы в основной массе однокорпусные, с двойной системой закрытия плашек - гидравлической и механической. Отличительной чертой плашечных превенторов, в отличие от кольцевых, является то, что они способны сдерживать более высокое давление в скважине. Проходные плашечные превенторы имеют отверстие на ножах равное внешнему диаметру буровой трубы, таким образом ножи способны плотно обхватывать буровую колонну изолируя скважину от поверхности. Минусом такого превентора является то, что он не способен закрыться за замке труб или ведущей трубе.

Вращающиеся превенторы применяются намного реже, и служат буфером между устьем скважины и буровой трубой. Они применяются в случаях, когда давление в скважине будет заведомо постоянно высоким. Такие превенторы позволяют выполнять буровые операции в нормальном ритме, опускать или поднимать буровую колонну, бурить с промывкой, работать с пластами в процессе газопроявлений.

Кроме того, превенторы, используемые при бурении на суше и морском бурении отличаются дизайном. Морские плашечные превенторы имеют дополнительную линию гидравлического управления - фиксирующую плашки, помимо линии для их перемещения.

Морские превенторы также значительно больше по размерам, и могут достигать высоты до десяти метров. Кроме того, при низких температурах, как на суше, так и в морских условиях, превенторы могут отапливаться паром [6].

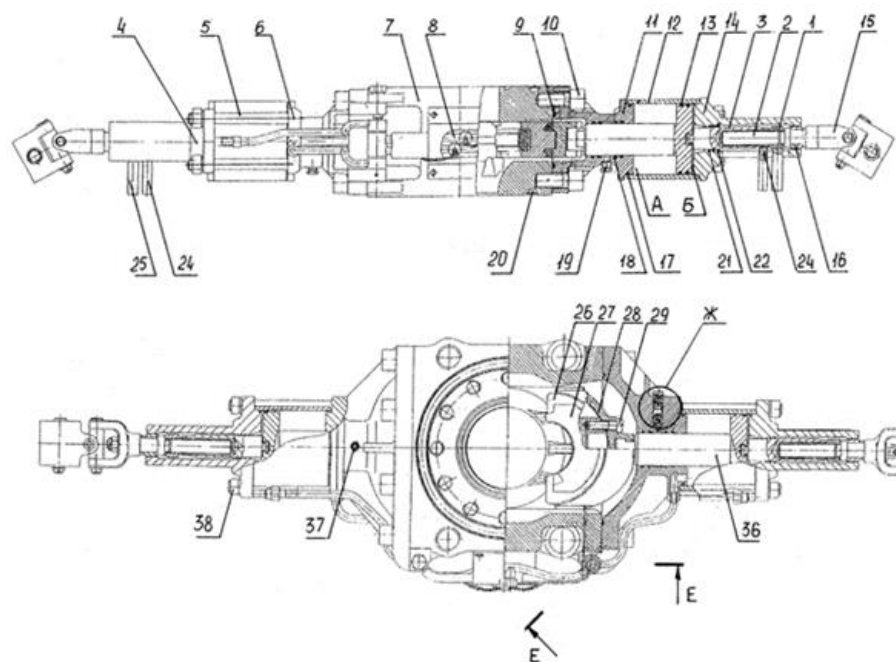


Рис. 2. Превентор плашечный гидравлический ППГ: 1- гайка, 2 –вал, 3 – шток, 4,14 – крышки, 5 – шпилька, 6, 11 – крышки откидные с гидроцилиндром, 7 – корпус превентора, 8 – коллектор распределительный, 9 – уплотнение армированное, 10 –винт, 12 – цилиндр, 13 – манжета, 17, 18, 21 – кольцо, 15 – вилка, 16 – втулка, 19 – пробка, 20 – паропровод, 22 – кольцо сальниковое, 23, 25 – пальцы, 24 – ось, 26 – уплотнение плашки, 27 – вкладыш, 28 – корпус плашки, 29 – винт, 36 – поршень, 37 – маслопровод, 38 – гайка, А –плоскость открытия, Б – плоскость закрытия

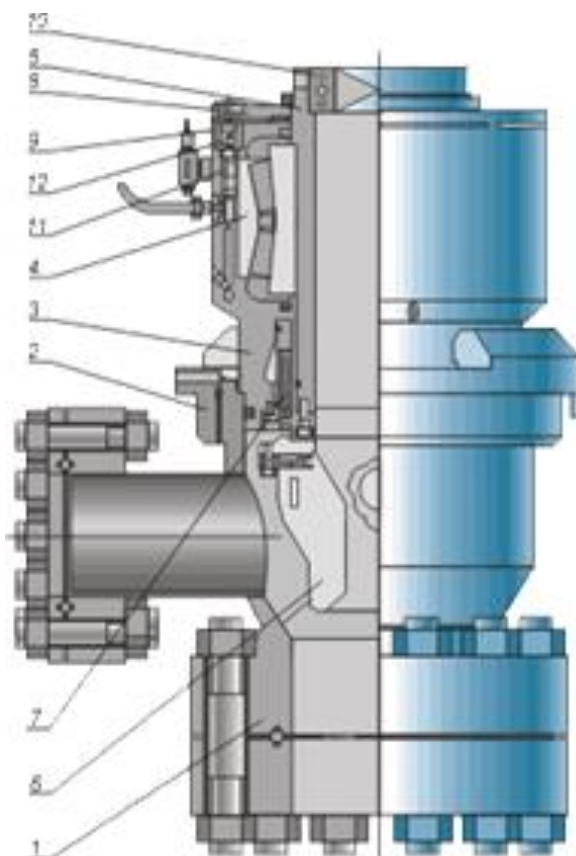


Рис. 3. Превентор устьевой вращающийся: 1 - корпус, 2 - гайка байонетная, 3 - корпус, 4 - роликотподшипник, 5 - ствол, 6 - элемент уплотнительный, 7 - уплотнение шевронное, 8 - крышка, 9 - фланец, 10 - вкладыш, 11 - насос, 12 – привод

В рамках работы была обобщена и проанализирована существующая классификация превенторов, применяемых при строительстве нефтяных и газовых скважин. Дано детальное описание их технического устройства, а также определена область применения и особенности эксплуатации.

Литература

1. Превентор [Электронный ресурс] // Neftegaz.ru: официальный сайт. Режим доступа: http://neftegaz.ru/tech_library/view/4078.
2. Как работает превентор при бурении нефтяной скважины? [Электронный ресурс] // Как это сделано? Режим доступа: <http://kak-eto-sdelano.ru/kak-rabotaet-preventor-pri-bureнии-neftyanoj-skvazhiny/>.
3. Басарыгин Ю.М., Макаренко П.П., Мавромати В.Д. Ремонт газовых скважин. - М.: Недра, 1998. - 271 с.
4. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Осложнения и аварии при бурении нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002. — 632 с.
5. Превенторы [Электронный ресурс] // Современные технологии. Современное производство. Режим доступа: <http://www.tdsns.ru/preventor/preventor/>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ШАРОСТРУЙНОГО СПОСОБА БУРЕНИЯ СКВАЖИН

А.В. Ковалев, С.Я. Рябчиков, Е.Д. Исаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. Научная работа посвящена исследованию процессов шароструйного бурения твердых горных пород. Проведено моделирование технологического процесса, в результате которого создана физическая модель. Она позволяет рассчитать технические параметры для реализации шароструйного бурения в различных геологических и технологических условиях.

Abstract. The scientific work is devoted to research the processes pellet impact drilling hard rocks. The simulation process, which generates a physical model. It allows you to calculate the technical parameters for the implementation of pellet impact drilling in a variety of geological and technological conditions.

Введение

В мировой практике бурения скважин прослеживается тенденция к возрастанию объема бурения скважин различного назначения в твердых горных породах. Бурение в таких породах характеризуется низкой механической скоростью бурения и проходкой на долото. Повышение эффективности механического бурения в твердых горных породах может быть реализовано за счет создания новых материалов и новых конструктивных решений для породоразрушающего инструмента (ПРИ). Несмотря на постоянное совершенствование, бурение механическими способами в твердых горных породах остается недостаточно эффективным.

Поэтому актуальность приобретают разработки альтернативных способов разрушения горных пород. По мнению ряда авторов [1, 4, 6] одним из наиболее перспективных является гидродинамический способ разрушения горных пород, осуществляемый высокоскоростной струей жидкости. Данным способом на забой скважины можно передавать значительные мощности, при этом скорость бурения и проходка на долото могут возрасть в кратное число раз. Кроме того, этот способ легко вписывается в существующую технологию бурения механическими способами, при которой для очистки скважины от шлама на забой подается промывочная жидкость. Однако гидродинамический способ в традиционном виде мало перспективен для бурения скважин в твердых горных породах.

Шароструйный способ бурения скважин, заключающийся в разрушении горных пород ударами высокоскоростных шаров, непрерывно циркулирующих в призабойной зоне скважины, позволит решить ряд технических и технологических проблем при реализации гидродинамического способа разрушения горных пород. Данный способ характеризуется рядом существенных достоинств: простота конструкции бурового снаряда, отсутствие необходимости во вращении долота и создании на него осевой нагрузки. Проведенные ранее промышленные испытания способа [2, 3] показали увеличение механической скорости бурения и проходки на долото по сравнению с традиционными ПРИ.

Нами было доказано [5], что наиболее эффективной для разрушения твердых горных пород является конструкция шароструйно-эжекторного бурового снаряда с соплом, камерой смешения цилиндрической формы и коническим диффузором с их последовательным осевым расположением. Эффективность работы данного долота будет определяться точностью расчета согласованных геометрических параметров бурового снаряда и параметров режима бурения. Известные методики для расчета шароструйно-эжекторных буровых снарядов являются достаточно разрозненными и

разработаны для конкретных конструкций буровых снарядов. Поэтому необходима разработка физической модели шароструйного способа бурения снарядом выбранной конструкции, которая позволит создать научно-методическую основу для инженерного расчета технологических процессов в различных геолого-технических условиях.

Разработка физической модели шароструйного бурения скважин

Разработка указанной физической модели производилась по результатам экспериментальных исследований, в частности, высокоскоростной съемки. Гидродинамическая схема работы бурового снаряда представлена на рис. 1. При работе бурового снаряда можно выделить 4 стадии движения шаров: 1 – подъем шаров в затрубном пространстве 1 до зоны всасывания 2; 2 – переход шаров из зоны 2 в камеру смешения 3; 3 – движение шаров в камере смешения 3 и диффузоре 4; 4 – движение шаров в области между долотом и забоем скважины 5.

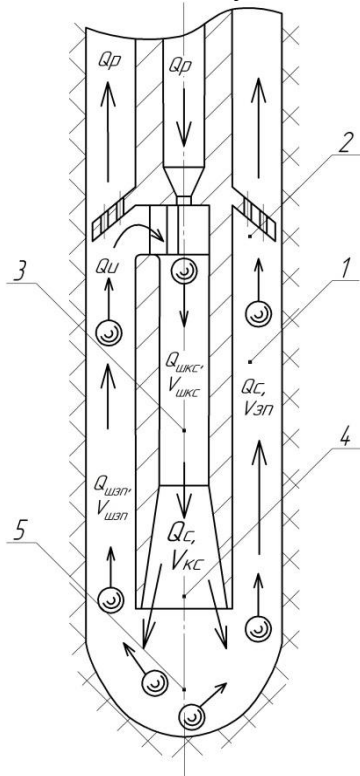


Рис.1. Гидродинамическая схема работы бурового снаряда:
 1 – затрубное пространство; 2 – зона всасывания шаров; 3 – камера смешения; 4 – диффузор; 5 – область между долотом и забоем скважины

Технологический процесс бурения при этом характеризуется следующими показателями:

Q_p – расход промывочной жидкости, подводимой к буровому снаряду;

Q_i – расход инжектируемой жидкости;

Q_c – расход смешанного потока;

V_{zn} , V_{kc} – скорости жидкости при течении в затрубном пространстве и буровом снаряде;

$Q_{шкс}$, $V_{шкс}$ – расход и скорость движения шаров в камере смешения;

$Q_{шзн}$, $V_{шзн}$ – расход и скорость движения шаров в затрубном пространстве

Отличительной чертой струйных аппаратов, лежащих в основе ШЭБС, является циркуляция жидкости совместно с породоразрушающими шарами. Таким образом, в процессе бурения исследуемым снарядом происходит циркуляция потока промывочной жидкости (Q_c) и шаров ($Q_{шкс}$, $Q_{шзн}$). Важным является тот факт, что включение в промывочную жидкость шаров меняет режим работы струйного аппарата.

Подъем шаров в затрубном пространстве

Среднюю скорость подъема шаров (в м/с) при условии их равномерного движения можно определить по формуле:

$$V_{шзн} = V_{zn} - U, \quad (1)$$

где V_{zn} – скорость движения бурового раствора в затрубном пространстве, определяемая исходя из условия равенства расхода смешенного потока в камере смешения и затрубном пространстве по формуле:

$$V_{zn} = \frac{V_{kc} \cdot d_{kc}^2}{(D_{скв}^2 - d_{бс}^2)}, \quad (2)$$

где d_{kc} – диаметр камеры смешения, $D_{скв}$ – диаметр скважины, $d_{бс}$ – наружный диаметр бурового снаряда;

U – скорость свободного падения шаров в буровом растворе для переходного и турбулентного режима обтекания, м/с, определяемая по формуле Риттенгера:

$$U = \omega \cdot \sqrt{\frac{d_{ш} \cdot (\rho_{ш} - \rho_{бр})}{\rho_{бр}}}, \quad (3)$$

где ω – постоянная Риттенгера, для шара в среднем $5,11 \sqrt{(м/с^2)}$, $d_{ш}$ – диаметр шаров, $\rho_{ш}$ – плотность шаров, $\rho_{бр}$ – плотность бурового раствора.

Количество шаров $N_{шзп}$, движущихся в затрубном пространстве, определяется по выведенной нами формуле, исходя из условия непрерывного движения шаров. Предполагается, что шары при этом выстраиваются в несколько рядов.

$$N_{шзп} = \left(\frac{l_{бс}}{d_{ш} \cdot C_1} \right) \times \left(\frac{\pi \cdot (d_{бс} + D_{скв})}{2 \cdot d_{ш} \cdot C_2} \right), \quad (4)$$

где C_1 – коэффициент, учитывающий зазор между рядами; C_2 – коэффициент, учитывающий зазор между шарами в ряду.

Формулу (4) необходимо применять для расчета оптимальной массы порции шаров. О справедливости данной формулы свидетельствуют результаты, полученные при экспериментальном исследовании влияния длины камеры смешения на эффективность шароструйного бурения. При увеличении длины камеры смешения оптимальное количество шаров увеличивается, что отражается в выше представленной формуле.

Необходимо отметить, что эффективный вынос шлама из призабойной зоны скважины может быть обеспечен за счет:

увеличения пропускной способности задерживающего устройства;
выбора оптимального незавышенного значения коэффициента эжекции, обеспечивающего необходимую скорость движения шаров в камере смешения.

Переход шаров из затрубного пространства в камеру смешения

В верхней части бурового снаряда шары, поднимаемые восходящим потоком, наталкиваются на задерживающее устройство с последующим проходом их через технологические окна в камеру смешения.

Для предупреждения заклинивания шаров под задерживающим устройством необходимо соблюдать условие:

$$Q_{шзп} \leq Q_{шкс}. \quad (5)$$

Экспериментальные исследования показали, что формула (5) справедлива при коэффициентах эжекции, превышающих значение 2.

Движение шаров в камере смешения и диффузоре

С помощью высокоскоростной съемки была исследована траектория движения шаров от входа в камеру смешения до выхода из диффузора. Было выявлено, что шары в камере смешения движутся не параллельно ее оси в связи с тем, что в момент входа шаров в камеру смешения вектор скорости направлен под углом к оси скважины. При движении шаров в камере смешения наблюдается их рикошетирующее от ее стенок. Отклонение траектории шаров при прохождении через диффузор не обнаружено.

Кроме того, анализ видеофрагментов показал, что в момент входа в камеру смешения шары ускоряются за счет воздействия на них струи бурового раствора, выходящей из сопла. При удалении от входного участка камеры смешения профиль скоростей струйного аппарата выравнивается, скорость шаров уменьшается до скорости $V_{шкс}$ и остается постоянной.

Скорость шаров в камере смешения рассчитывается по формуле:

$$V_{шкс} = \theta \cdot V_{кс}, \quad (6)$$

где θ – коэффициент, зависящий от отношения диаметра камеры смешения к диаметру шаров, расхода шаров в камере смешения и свойств промывочной жидкости;

$V_{кс}$ – скорость промывочной жидкости в камере смешения, вычисляемая по формуле:

$$V_{кс} = \frac{4 \cdot Q_p \cdot (1 + n_{эж})}{\pi \cdot d_{кс}^2}, \quad (8)$$

где $n_{эж}$ – коэффициент эжекции струйного аппарата.

Расход шаров в камере смешения при этом составит:

$$Q_{шкс} = C_3 \frac{2 \cdot V_{шкс}}{d_{ш}}. \quad (12)$$

Следует отметить, что полученная эмпирическая зависимость расхода шаров в камере смешения от скорости их движения хорошо согласуется с результатами экспериментальных исследований, приведенных в работе [2].

Движение шаров в призабойной зоне скважины

При выходе шаров из диффузора они ударяются о горную породу, разрушая ее.

В области между буровым снарядом и забоем скважины образуются скопления шаров, вызванные значительной турбулизацией потока бурового раствора после его удара о забой, а также взаимодействием движущихся вниз шаров и отскочивших от горной породы. Кроме того, сопоставление реальных геометрических размеров долота, шаров и расстояния между долотом и забоем скважины, а также наблюдения за траекторией шаров при скоростной съемке показали, что разрушение периферийной части забоя скважины главным образом обуславливается рикошетами отскочивших от породы шаров с шарами, движущимися на забой. Это еще раз подтверждает необходимость бурения скважин при минимальном расстоянии между долотом и забоем.

Выводы

Разработанная физическая модель шароструйного бурения скважин создает научно-методическую основу для инженерного расчета технологических процессов в различных геолого-технических условиях и позволяет:

- определять расход и скорость движения шаров в затрубном пространстве и буровом снаряде;
- обеспечить эффективный вынос шлама из призабойной зоны скважины;
- выявлять условия для предупреждения заклинивания шаров под задерживающим устройством бурового снаряда;
- для буровых снарядов исследуемой конструкции рассчитывать оптимальную массу технологической порции шаров.

Литература

1. Давиденко А.Н. Абразивно-механическое ударное бурение скважин: монография / А.Н. Давиденко, А.А. Игнатов; М-во образования и науки Украины, Нац. Горн. ун-т. – Д.: НГУ, 2013. – 110 с.
2. Eckel I.E., Deily F.H., Ledgerwood L.W. Development and testing of jet pump pellet impact drill bits // Transaction AIME. – Dallas, 1956. – Vol. 207. – p. 15.
3. Заурбеков С.А. Повышение эффективности призабойных гидродинамических процессов при шароструйном бурении скважин: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Алматы, 1995. – 18 с.
4. Ковалев А.В., Рябчиков С.Я., Алиев Ф.Р., Якушев Д.А., Горбенко В.М. Проблемы гидродинамических способов бурения скважин и основные направления для их решения. // Известия Томского политехнического университета. – Томск: Изд. ТПУ, 2015. – Т. 326, №3. – С. 6–12.
5. Kovalyov A.V. Designing the ejector pellet impact drill bit for hard and tough rock drilling [Электронный ресурс] / A.V. Kovalyov, S.Ya. Ryabchikov, Ye.D. Isaev, F.R. Aliev, M.V. Gorbenko, A.B. Strelnikova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – Vol. 24. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/24/1/012016>.

6. Кожевников А.А., Давиденко А.Н. Гидромеханический и эрозионный способы разрушения горных пород при бурении скважин. – М., 1987. – 45 с.
7. Спивак А.И. Технология бурения нефтяных и газовых скважин: учебник для вузов / А.Н. Попов [и др.]; под ред. А.И. Спивака. – М.: Недра, 2003. – 509 с. Уваков А.Б. Шароштруйное бурение. – М.: Недра, 1969. – 207 с.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТВОЛА СКВАЖИНЫ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА

Д.Е. Козлов, К.М. Минаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы возникновения и возможности ликвидации поглощений бурового раствора в скважине. Приведена схема кинематики движения бурового раствора в скважине, обладающей каналами ухода. Проанализированы существующие методы профилактики возникновения поглощений раствора и сформулированы рекомендации для реализации успешного бурения в осложненных условиях.

Abstract. The paper deals with the origin and the possibility of liquidation of acquisitions mud in the well. The circuit of kinematics motion of drilling fluid into the borehole having channels care. We analyzed the existing methods of prevention of acquisitions and solution recommendations for the implementation of successful drilling in the complicated conditions.

Поглощения бурового раствора при бурении скважин связано с вскрытием пористых или трещиноватых пластов. Поглощения могут быть вызваны технологическими причинами или геологическими условиями залегания горных пород.

В ходе откачки бурового раствора обратно на поверхность раствор соприкасается со стволом скважины. При традиционных методах бурения давление в стволе превышает пластовое давление, что предотвращает приток пластовых флюидов в скважину. По одному из механизмов ухода бурового раствора из ствола происходит фильтрация в проницаемые породы, при которой жидкий компонент бурового раствора поглощается породой, а твердые частицы и капли эмульсии собираются на стенке ствола, образуя фильтрационную корку. Низкая проницаемость такого осадка обеспечивает очень малый объем утечки, и его образование не расценивается как потеря циркуляции. Потеря циркуляции происходит в том случае, если порода является трещиноватой, кавернозной или очень пористой. Тогда имеет место другой механизм, и если давление в стволе превышает прочность породы на разрыв, образуются трещины. По каждому из этих механизмов наблюдается уход больших объемов раствора в зоны поглощения. В худшем случае значительная часть бурового раствора или даже весь его объем поглощается пластом, обуславливая дальнейший рост трещины (рис. 1) [1].

Уход бурового раствора в пласт существенно увеличивает затраты и риски бурения во всем мире и грозит стать еще более серьезной проблемой в будущем. Для предупреждения и ликвидации подобных осложнений в отрасли применяют разнообразные материалы для упрочнения ствола скважины, которые имеют различные принципы действия, но одни и те же задачи: остановить распространение трещин и сохранить буровой раствор в скважине.

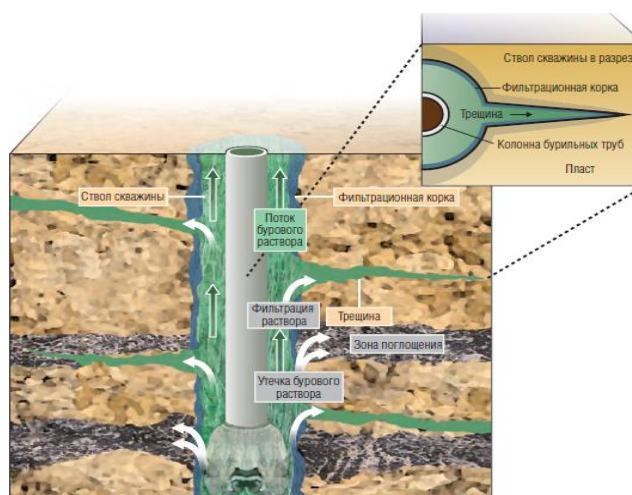


Рис. 1. Иллюстрация ухода бурового раствора из скважины [1]

За последнее столетие нефтегазовая отрасль достигла больших успехов в разработке технологий и методов бурения, которые позволили сделать строительство скважин рентабельным и безопасным. Однако по мере обнаружения новых источников углеводородов в пластах все большей удаленности и более сложного геологического строения, нефтегазовая отрасль продолжает создавать новые технологии для решения проблем повышения устойчивости ствола скважины, представляющих угрозу безопасности и создающих экономические риски долгосрочной эксплуатации скважины.

Потеря циркуляции — ситуация, когда буровой раствор частично или полностью уходит в пласт через области, называемые зонами поглощения. Из всех задач, выполняемых буровым раствором, наибольшее негативное влияние потеря циркуляции оказывает на поддержание гидростатического давления в затрубном пространстве, а также на предотвращение притока пластовых флюидов в скважину в процессе бурения.

Поглощение бурового раствора, как правило, происходит через трещины, создаваемые в процессе бурения. Такие трещины легко распространяются, поскольку давление, требующееся для роста трещины, обычно ниже, чем давление, необходимое для ее зарождения. Таким образом, восстановительные операции обычно рассматриваются как чрезвычайные меры, принимаемые только в случае неудачи профилактических мероприятий [2].

Основными методами предупреждений и ликвидации поглощений при различной интенсивности или при полном прекращении циркуляции бурового раствора являются: предупреждение осложнения путем снижения гидростатического и гидродинамического давления на стенки скважины, изоляция поглощающего пласта от скважины закупоркой каналов поглощения специальными цементными растворами и пастами, а также бурение без выхода бурового раствора с последующим спуском обсадной колонны.

Лучшим средством борьбы с поглощением является его предупреждение. На основе опыта российских и зарубежных буровых компаний разработаны следующие рекомендации: регулировать свойства бурового раствора, прежде всего повышенный контроль за его плотностью; регулировать скорость спускоподъемных и других технологических операций, проводимых в скважине (скорость проработки, промежуточные промывки и пр.); определять оптимальный зазор между трубами и стенками скважины, за счет этого уменьшается перепад давления в затрубном пространстве и снижается возможность сужения ствола скважин; изменять

конструкцию ствола скважины в целях избегания воздействия утяжеленного бурового раствора на необсаженную часть горных пород, склонных к гидроразрыву [3].

Упрочнение ствола скважины. Специалисты по пластовым жидкостям разработали ряд методов для обеспечения целостности скважины и предупреждения потери циркуляции. Совместно эти наработки называются методами упрочнения ствола скважины и включают стратегии, направленные как на изменение напряжений по всей окружности ствола, так и на минимизацию поглощения флюидов. Операторы применяют целый ряд методов предотвращения потери циркуляции физическим или механическим способом, которые основаны на фундаментально различных механизмах действия:

- Повышение устойчивости к росту трещин заключается в изоляции вершин существующих трещин и механическом увеличении давления повторного открытия трещин.
- Повышение кольцевого напряжения приводит к механическому увеличению напряжений в призабойной зоне скважины и давлению зарождения трещин или, что более вероятно, давлению разрыва пласта.
- Контроль напряжения, вызывающего закрытие трещин, состоит в заполнении и увеличении трещин с одновременной изоляцией их вершин и увеличением напряжений в призабойной зоне.

Внутри отрасли не существует единого мнения относительно того, какой механизм лежит в основе упрочнения ствола скважины, но все специалисты единогласны в том, что такое упрочнение действительно происходит. Общее воздействие всех перечисленных методов заключается в повышении давления, при котором происходит неконтролируемое поглощение. Это позволяет стволу скважины выдерживать более сильное давление и, как показывают данные измерений, повышает его устойчивость, при том, что прочность горной породы фактически не изменяется. По этой причине некоторые специалисты предлагают назвать это явление стабилизацией ствола скважины, однако, исторически сложилось так, что термин «упрочнение ствола скважины» более широко употребляется в отрасли.

Во всех перечисленных методах упрочнения ствола скважины есть нечто общее, а именно, добавление в буровой раствор специально разработанных твердых частиц строго установленного размера. Все зернистые материалы, служащие для остановки или замедления поглощения бурового раствора, называются материалами для борьбы с поглощением. Они могут включать мягкие гранулы, нерастворимые соли, хлопья или волокна. Большинство из них могут оказаться эффективными для уменьшения или устранения потерь бурового раствора [4].

Метод повышения устойчивости к росту трещин для предотвращения потери циркуляции предусматривает закачку материала для борьбы с поглощением в зарождающуюся или существующую трещину для перекрытия, запечатывания и отсечения вершины трещины, что увеличивает устойчивость пласта к распространению трещины. Остановка роста трещины также прекращает потерю циркуляции.

Метод повышения устойчивости к росту трещин был впервые отработан в рамках ответа на вопрос, почему буровой раствор на нефтяной основе (БРНО) создает более низкий градиент давления гидроразрыва, чем буровой раствор на водной основе (БРВО). В результате было установлено, что при применении буровых растворов различных типов и рецептур в неповрежденных скважинах давление зарождения трещины было одинаковым, однако характер распространения трещин существенно различался.

Указанное различие было объяснено таким явлением как концевое экранирование трещины. В момент начала роста трещины из ствола мгновенно уходит некоторый объем бурового раствора в новообразовавшуюся полость. Если такой буровой раствор содержит материал для борьбы с поглощением, то поступление в трещину бурового раствора приводит к накоплению в ней этого материала, который изолирует (экранирует) вершину трещины от полного давления поступающего раствора. Способ такого накопления материала для борьбы с поглощением зависит от типа бурового раствора.

В случае использования БРВО, рост трещины приводит к образованию пробки из материала для борьбы с поглощением, который изолирует вершину трещины и предотвращает ее дальнейший рост. Добавление в БРВО материала для борьбы с поглощением в общем случае способствует повышению давления распространения трещины: трещина продолжает расти только в том случае, если давление бурового раствора достаточно высоко, чтобы раствор проник сквозь барьер из экранирующего наполнителя и снова достиг вершины трещины. Однако когда это происходит, рост трещины начинается снова, и дополнительный объем материала для борьбы с поглощением начинает накапливаться в вершине до тех пор, пока снова не закупорит ее.

В буровых растворах на безводной основе (БРВО) используется эмульгированная жидкость на водной основе для проникновения в проницаемую породу и создания очень плотной и ультратонкой фильтрационной корки внутри стенки трещины. При росте трещины в присутствии БРВО обращенная эмульсия быстро глинизирует поверхность трещины, что ограничивает уход жидкости в пласт. На стенках скважины осаждается очень малое количество твердых частиц, и сцементированная преграда из экранирующего наполнителя или глинистая корка не образуется. При использовании БРВО давление вблизи вершины трещины оказывается близким к давлению в стволе скважины, в то время как при использовании БРВО давление у вершины трещины существенно снижается. Таким образом, распространение трещин при использовании БРВО происходит легче, чем при БРВО.

Наиболее эффективными для надежной герметизации трещины и минимизации утечки через ее вершину считают такие материалы для упрочнения ствола как синтетический графит, арахисовая скорлупа и диспергируемые в нефти частицы целлюлозы. Указанные материалы должны присутствовать в буровом растворе в концентрациях от 43 до 57 кг/м³; их постоянно регенерируют и повторно вводят в ствол скважины для обеспечения непрерывной защиты при бурении новых участков скважины [4].

Метод создания «клетки напряжений» предполагает возможность повышения кольцевого напряжения на границе ствола скважины путем добавления в буровой раствор надлежащего материала для упрочнения стенок. Буровой раствор с добавлением этого материала циркулирует при повышенном гидростатическом давлении, приводя к возникновению мелких трещин в призабойной зоне. Эти новые трещины способствуют сжатию ствола скважины, создавая дополнительное кольцевое напряжение — клетку напряжений. Буровой раствор с добавлением материала для упрочнения стенок проникает в эти мелкие трещины, и частицы упрочняющего материала надлежащего размера начинают собираться на поверхности призабойной зоны, закупоривая ее. Дополнительное налипание этого материала создает гидравлическое уплотнение на устье каждой трещины, и, как следствие, новые порции раствора более не могут поступать в трещину из скважины, а раствор, находящийся в трещине, поглощается пластом (рис. 2).

В результате такой утечки понижается гидродинамическое давление в трещине, вследствие чего она начинает закрываться. Однако наличие клинообразной перемычки из материала для упрочнения ствола на устье трещины предотвращает полное ее закрытие и поддерживает определенный уровень дополнительного кольцевого напряжения.

Наличие одной или нескольких таких расклиненных трещин повышает кольцевое напряжение, в результате чего для расширения или создания новых трещин требуется большее давление в скважине.

Для успеха этого метода требуются высокие концентрации закупоривающих добавок к буровому раствору; частицы этих добавок должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать напряжения закрытия трещины, и должны иметь надлежащий размер для создания перемычки на устье трещины, а не глубже. Кроме того, создаваемая перемычка должна быть непроницаемой, так чтобы утечка через нее была минимальной, что обеспечит возможность падения давления в трещине. Для этой цели, также как и для целей повышения устойчивости к росту трещин, хорошо применять такие материалы, как графитовые смеси, мрамор, ореховая скорлупа и нефтяной кокс. Для трещин шириной 1 мм предлагается использовать материалы с размером частиц в диапазоне от размеров коллоидных частиц глин до значений, близких к 1 мм [4, 5].

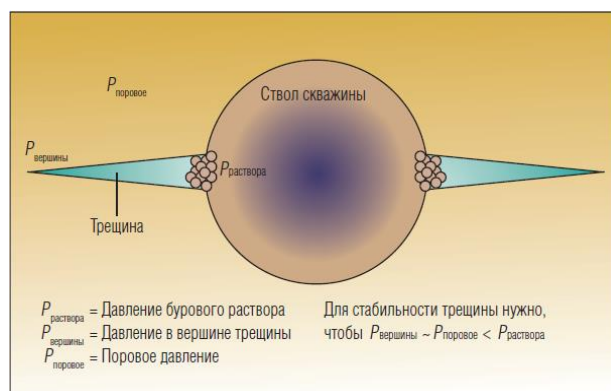


Рис. 2. Метод создания клетки напряжений [5]

Метод контроля напряжения закрытия трещин имеет нечто общее с методом создания клетки напряжений, особенно в части предполагаемого закупоривающего и расклинивающего действия материала для упрочнения ствола в открытых трещинах с целью повышения кольцевого напряжения вокруг ствола и предотвращения распространения трещин. Однако в отличие от метода создания клетки напряжений, в котором предусматривается создание трещин и последующая остановка их роста, в этом методе осуществляется обработка уже существующих трещин материалом с высокой фильтруемостью. Метод основан на принципе, что для эффективной обработки трещины необходимо изолировать ее вершину. По мнению ученых это связано с высокой скоростью фильтрации жидкости-носителя из бурового раствора при сжатии и слипании твердых частиц во время обработки под давлением с последующим созданием пробки в трещине. Пробка быстро становится неподвижной и нарушает гидродинамическую сообщаемость между вершиной трещины и стволом скважины, тем самым препятствуя передаче давления в вершину и распространению трещины. Это приводит к повышению давления в скважине, имеющему своим результатом расширение трещины.

Поэтому очень важна способность твердых частиц деформироваться (дробиться) в процессе обработки пласта под давлением. Идеальный материал для упрочнения ствола должен состоять из относительно крупных шероховатых частиц одинакового размера и значительной шероховатости, чтобы частицы не образовывали слишком плотную упаковку: например, это может быть диатомовая земля или барит. Обработку по методу контроля напряжения закрытия трещин часто приходится проводить в несколько стадий.

При обработке пробка из частиц может образовываться в любой части трещины — не обязательно у ее устья, как в методе создания клетки напряжений. Для работы этого механизма предел прочности при сжатии упрочняющего материала не так важен, а ключевое значение имеет высокая скорость фильтрации, поскольку это ускоряет создание неподвижной пробки. Утечка фильтрата может происходить из-за возникновения микротрещин или роста существующей трещины, что обеспечит удаление жидкости из материала для упрочнения ствола и создание пробки до полной потери бурового раствора [5].

Изоляция ствола скважины. В этом случае предлагаются различные способы изоляции ствола скважины в процессе бурения для герметизации пласта аналогично его защите обсадной колонной. Данный метод предусматривает снижение проницаемости породы практически до нуля путем формирования на ее поверхности слоя материала с равным или более высоким пределом прочности.

Для достижения этого эффекта, который фактически состоит в нанесении цементоподобного слоя на поверхность ствола скважины, применяются различные материалы с низкой фильтруемостью. Такой барьер служит для изоляции ствола скважины как от притока флюида, так и от давления в скважине. Новые достижения в химическом составе бурового раствора привели к созданию микро- и наночастиц, которые могут снижать проницаемость до ничтожно малых значений, однако изоляция давления в скважине остается недостижимой задачей. Защитный эффект, который предположительно возникает при бурении обсадными трубами или хвостовиком, может служить примером изоляции скважины: мелкие частицы налипают на ствол скважины, создавая прочный барьер для притока флюида.

Существуют и такие методы упрочнения ствола, которые не подпадают однозначно под описанную классификацию. Примером может служить технология борьбы с поглощением Losseal — применение специально сформированной пачки, состоящей из смеси гибких и твердых волокон, взаимно усиливающих действие друг друга по тампонированию трещин и остановке потери бурового раствора.

Теоретически, данный метод обработки создает непроницаемую сетку, препятствующую попаданию раствора в трещину и достаточно прочную, чтобы выдержать дополнительное повышение давления, обусловленное повышением плотности бурового раствора. Такую пачку можно закачать через забойную компоновку или открытую бурильную трубу. Ее применяют в стволах с естественной трещиноватостью, в истощенных пластах, а также в зонах поглощения, возникших в процессе бурения [6].

Анализ методов. Существуют фундаментальные различия между описанными методами упрочнения ствола скважины (рис. 3). Поскольку невозможно увидеть, что именно происходит внутри трещины в ходе обработки ствола скважины с целью его упрочнения, отраслевым экспертам не удалось прийти к единому мнению относительно того, какой механизм действительно действует.

Отсутствие единой согласованной позиции в отрасли по этому вопросу послужило причиной для создания целого ряда общепромышленных проектов по изучению

основных принципов тампонирования трещин, разработке технологических решений и установлению отраслевых норм исследований по упрочнению ствола скважины.

Категория	Метод повышения устойчивости к росту трещин	Метод создания клетки напряжений	Метод контроля напряжения закрытия трещин
Способ применения	Непрерывное добавление в раствор	Непрерывное добавление в раствор или отдельными пачками под давлением	Непрерывное добавление в раствор или отдельными пачками под давлением
Используется ли пластовое напряжение или напряжение закрытия трещин?	Нет	Нет	Да
Требуется ли изоляция вершины трещины?	Да	Нет	Да
Требуется ли высокая фильтруемость?	Нет	Нет	Да
Прочность частиц материала для упрочнения ствола	Не важно	Важно в некоторой степени	Не важно
Размер частиц материала для упрочнения ствола	Важно	Важно	Не важно
Тип частиц материала для упрочнения ствола	Важно	Важно	Не важно

Рис. 3. Различия между методами упрочнения ствола скважины [5]

Многочисленные операторы совместно выделяют средства на реализацию исследовательских проектов, направленных на поиск методов борьбы с потерей циркуляции, главной целью которых является упрочнение ствола скважины. В современном мире, когда нефтегазовая отрасль пытается удовлетворить растущий глобальный энергетический спрос путем использования все более дорогостоящих и нетрадиционных ресурсов углеводородов, велика вероятность того, что она будет активно использовать технологические решения по упрочнению ствола скважины для повышения эффективности бурения.

Литература

1. Булатов А.М., Проселков Ю.М., Рябченко В.М. Поглощение промывочной жидкости. - М: Недра, 2009.
2. Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей. - М.: Недра, 2008.
3. Рябченко В.И., Круглицкий Н.Н, Булатов А.И., Мариампольский Н.А. Промывочные жидкости и тампонажные растворы. – М. Недра, 2007.
4. Булатов А.М., Проселков Ю.М., Рябченко В.М. Поглощение промывочной жидкости. - М: Недра, 2009.
5. Джон Кук, Фред Гроукок, Цюань Го, Майк Ходдер, Эрик ван Орт. Stabilizing the Wellbore to Prevent Lost Circulation. *Oilfield Review* Winter 2011/2012: 23, no. 4.
6. Рябов Н.И. Методы предупреждения и ликвидации поглощений бурового раствора при бурении нефтяных и газовых скважин. Самара, 2003. – 64 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. И. Макаров

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа представляет собой широкий анализ тенденций развития наклонно-направленного бурения в Западной Сибири. Сформулированы основные этапы развития и наметившиеся к настоящему моменту направления развития, как в области техники, так и технологии. Описаны основные проблемы, которые препятствуют ускоренному развитию внедрения современных технологий направленного бурения в Западной Сибири.

Abstract. The scientific work is presented in the form of a broad analysis of trends in the development of directional drilling in Western Siberia. The basic stages of development and emerging to date development trends, both in art and technology. The basic problems that hinder the rapid development of introduction of modern technologies of directional drilling in Western Siberia.

В современных условиях, связанных с преодолением последствий финансового и экономического кризиса, актуальны вопросы, направленные на сокращение затрат при строительстве скважин. Нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири разрабатываются с помощью наклонных и горизонтальных скважин. Профили тех и других содержат протяжённые по длине тангенциальные участки, бурение которых осуществляется по двум технологиям. Первая, традиционная, основана на применении неориентируемых компоновок (НК). Вторая технология предусматривает бурение комбинированным способом всей скважины компоновкой, содержащей винтовой забойный двигатель-отклонитель (ВЗДО), управляемый с помощью телесистемы.

Многие буровые предприятия идут на дополнительные затраты средств и времени, связанные с эксплуатацией дорогостоящих систем и управлением ВЗДО, и применяют данную технологию при бурении всех скважин, включая простые, с трёх-четырёх интервальным профилем, по причине отсутствия до настоящего времени надёжных неориентируемых компоновок. В современных условиях особенно важно снизить затраты на строительство скважин, в данном случае за счёт создания простых, дешёвых и надёжных НК, и закрепить за ними приоритет в части бурения тангенциальных, или близких к ним, участков наклонных и любых других скважин. При бурении горизонтальных участков в пласте также имеются перспективы использования НК, включающих, например, гидравлические центраторы, или самоориентирующиеся отклонители, в сочетании с простыми средствами контроля за параметрами скважины.

Можно выделить две основные причины отсутствия в настоящее время эффективных НК. Первая состоит в том, что скоординированные и финансируемые научно-исследовательские работы по неориентируемым компоновкам в течение многих последних лет не проводились. Другая причина связана с недостатками существующих подходов к расчётам и проектированию НК. Созданы двумерные и пространственные, кинематические и статические модели искривления скважины и напряженно-деформированного состояния низа бурильной колонны, но в них не учитывается то, что значения параметров модели могут не соответствовать реальным условиям в скважине и в действительности они являются случайными, неизвестными величинами. Другими словами, необоснованно применяется детерминированная модель. Следствием этого является расхождение получаемых теоретически результатов с промысловыми данными и ненадёжность проектируемых компоновок.

За последние годы на нефтяных и газовых месторождениях Западной Сибири получил широкое распространение комбинированный способ направленного бурения скважин с использованием винтового забойного двигателя-отклонителя (ВЗДО) и телеметрических систем [2-5].

В Западной Сибири применяются в основном телесистемы зарубежных фирм - Halliburton (Sperry Sun Drilling), Schlumberger (Anadrill) и др. Отечественные системы (например, ЗИС-4) менее надежны.

Исследованиями С.И. Грачёва установлены причины быстрого износа зарубежных телесистем с гидравлическим каналом связи, которые при бурении пологих и горизонтальных скважин являются элементом с низкой надёжностью [6]. Усовершенствована отечественная система ЗИС-4 с электромагнитным каналом связи [6].

Бурение комбинированным способом производится в двух режимах: с вращением бурильной колонны (20-40 об/мин) и без вращения (режим скольжения, или «слайдирования»). При вращении ВЗДО (т.е. искривленной КНБК) сокращается срок службы двигателя-отклонителя и долота из-за резко возрастающих динамических нагрузок на долото и радиальные опоры двигателя [7]. По указанной причине при бурении в восточных районах страны (ОАО «Сургутнефтегаз») комбинированный способ бурения оказался малоприменимым.

А.С. Повалихин и О.К. Рогачев провели исследования процесса управления двигателем-отклонителем [8]. При большой длине бурильной колонны её угол закручивания может достигать нескольких оборотов. Положение ВЗДО неустойчиво, скорость его поворота достигает 12 град/мин, угол отклонения от заданного положения может превышать 60°. Во время восстановления ориентации ВЗДО бурение производится в направлении, не совпадающем с проектным азимутом, при этом образуются локальные искривления и уступы в стенке скважины [9, 10]. Вращение искривленной компоновки приводит к возрастанию боковой реакции на долоте почти в два раза, причём нагрузка носит ударный характер [10].

При определённом сочетании некоторых факторов может произойти «выпучивание» бурильной колонны и её заклинивание при дальнейшем увеличении осевой нагрузки [11, 12]. Ориентируемый отклонитель - возможный источник аварий и осложнений [13]. В.И. Близнюков отмечает и другие недостатки системы наклонно-направленного бурения с управляемым ЗД (забойным двигателем) [14].

Авторы [8] пришли к выводу, что телесистемы с гидравлическим каналом связи (например, «Sperry Sun») в этих условиях неэффективны, так как не могут передать информацию с забоя с нужной скоростью. По их мнению, при бурении в пласте малой мощности нужно максимально сокращать управление ВЗДО с поверхности с помощью бурильной колонны.

Вращение бурильной колонны приводит и к возрастанию нагрузки на бурильные трубы, поэтому ведутся работы по созданию ВЗДО, позволяющего режим бурения с вращением осуществлять без вращения всей бурильной колонны [15]. Разработке ВЗД (винтового забойного двигателя) с вращающимся корпусом посвящена работа [16]. В этом направлении есть альтернативные решения, основанные на применении НК, управляемых с поверхности, но не требующих ориентирования.

Несмотря на отмеченные недостатки, многие буровые предприятия в Западной Сибири применяют данную технологию при бурении наклонно-направленных скважин трёх-четырёх интервального профиля. Сложившуюся ситуацию объясняют слова С.Н. Бастрикова: снижение вложений в отечественную науку ведёт к необходимости приобретать зарубежные технические средства, технологии, материалы...единой

технической политики нет, каждая компания идёт своим путём...промысловая информация, как правило, закрыта [17]. В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян и др. отмечают отсутствие у технологических служб буровых предприятий четкой концепции применения тех или иных технических средств контроля (т.е. телесистем) [18].

В Западной Сибири пробурены тысячи наклонных скважин с применением неориентируемых компоновок. Они просты, имеют низкую стоимость, в ряде случаев могут обеспечить более высокие ТЭП (техничко-экономические показатели) за счёт сокращения времени бурения и затрат на долота и забойные двигатели. Неориентируемые компоновки перспективны при бурении прямолинейных участков любых скважин [19]. Для некоторых месторождений Западной Сибири целесообразно применение J-образных профилей с вскрытием продуктивного пласта под углом (например, Таб-Яхинская и Ен-Яхинская площади Уренгойского ГКМ). Имеется опыт применения НК при бурении таких скважин [20]. Они могут применяться и на горизонтальных участках в продуктивном пласте [21, 22], но в этом случае целесообразно применение ОЦЭ с переменным диаметром [19].

По данным С.Н. Бастрикова в некоторых УБР в 1985 г. число скважин, не попавших в круг допуска, не превысило 3 % [17]. Но этот результат достигнут, благодаря высокой квалификации исполнителей, а не вследствие надёжной работы компоновок. Типовая стабилизирующая компоновка была создана в 70-е годы. Расчёты и рекомендации по её применению приведены в «Инструкции по бурению наклонных скважин с кустовых площадок на месторождениях Западной Сибири», вышедшей в 1986 году, явившейся руководящим документом при проектировании проводки наклонных скважин в Западной Сибири. Научными работами в области наклонного бурения руководил Л.Я. Сушон, представитель Азербайджанской школы М.П. Гулизаде. Как в инструкции, так и в его монографии, вышедшей в 1988 году, компоновка рассматривается, как многопролётная, статически неопределимая балка, и решается с использованием уравнений трёх моментов. Согласно полученным результатам центратор должен устанавливаться на 1,5-2 м от долота, т.е. на корпусе шпинделя, но поскольку сделать это затруднительно, его стали располагать в ниппельной части, т.е. ближе к долоту, применяя при этом полноразмерный калибратор. Хорошо известно, что калибраторы без центратора применяются, при необходимости, в компоновках для увеличения зенитного угла, т.е. в качестве опорно-центрирующего элемента (ОЦЭ). По расчетам в типовой стабилизирующей компоновке с ниппельным центратором СТК калибратор также выполняет функцию ОЦЭ, а СТК полностью разгружен, так как расположен близко от калибратора. Это подтверждается на практике.

При подробном изучении работы компоновок с калибратором оказалось, что, если последний расположен непосредственно над долотом, её работа нестабильна, а все расчетные характеристики, определяющие качество компоновки, находятся на низком уровне. Другими словами, основная стабилизирующая компоновка, - это вариант (неудачный) компоновки с калибратором, без переводника, для увеличения зенитного угла, не способной выполнять и эту функцию. В данной статье показано, что есть два возможных варианта модификации такой компоновки. Можно оставить СТК на ниппеле, но уменьшить диаметр калибратора, до значения, не превышающего критическую величину. Ожидаемый по расчетам результат - достаточно стабильное малоинтенсивное увеличение зенитного угла. Это положение подтвердилось на практике. По второму варианту полноразмерный калибратор остаётся непосредственно над долотом, а центратор устанавливается между шпинделем и нижней секцией турбобура. Получается стабилизирующая одноцентраторная компоновка,

обеспечивающая равенство нулю реакции на долоте. К сожалению, в течение многих последних лет исследовательские работы по неориентируемым компоновкам в Западной Сибири, если и выполнялись, то в незначительном объеме. В итоге, компоновка НК-СТК (типовая стабилизирующая компоновка с полноразмерным наддолотным калибратором и ниппельным центратором) не могла составить конкуренцию новой технологии направленного бурения, так как скважина - объект дорогостоящий, и случайности должны быть исключены. Возможности создания надёжных неориентируемых компоновок есть, но они на сегодня не реализованы, качество НК может быть существенно повышено, что и показано в данной работе.

Литература

1. Гречин Е.Г. Проектирование технических средств для бурения искривленных скважин: учебное пособие / Е.Г. Гречин, В.П. Овчинников. - Тюмень: Издательско-полиграфический центр «Экспресс». - 2010. - 210 с.
2. Кульчицкий В.В. Геонавигационные технологии проводки наклонно направленных и горизонтальных скважин. - М.: «ВНИИОЭНГ», 2000. - 351 с.
3. Калинин А.Г. Естественное и искусственное искривление скважин: Учеб. пособие для вузов / А.Г.Калинин, В.В. Кульчицкий; Рец.: каф. бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор В.И. Крылов. - М. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. - 640 с.
4. Кульчицкий В.В. Технология высокоточного и скоростного строительства наклонно направленных скважин / В.В. Кульчицкий, Г. А. Григашкин, А.А. Усманов, А.Н. Сапожников // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 4/5. - С. 7 - 12.
5. Прохоренко В.В. Технология бурения горизонтальных и боковых стволов двигателем-отклонителем // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2007. - № 11. - С. 2 - 4.
6. Грачёв С.И. Теоретические и прикладные основы строительства пологих и горизонтальных скважин на сложнопостроенных нефтяных месторождениях: Дис д-ра техн. наук: 05.15.10. - Тюмень, 2000. - 316 с.
7. Прохоренко В.В. Компоновки низа бурильной колонны для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2006. - № 6. - С. 10 - 14.
8. Повалихин А.С. Управление двигателем-отклонителем и телеметрическое сопровождение направленного бурения / А.С. Повалихин, О.К. Рогачев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2006. - № 3. - С. 6 - 9.
9. Повалихин А.С. Вопросы проводки тангенциального интервала субгоризонтальной скважины / А.С. Повалихин, Ф.Ф. Ахмадишин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2005. - № 2. - С. 14 - 16.
10. Повалихин А.С. Направленная проводка скважины забойным двигателем-отклонителем - альтернативные решения - 55 лет ВНИ- ИБТ // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2008. - № 11. - С. 3 - 5.
11. Барский И.Л. Продольный изгиб бурильной колонны и выбор траектории бурения горизонтального ствола / И.Л. Барский, А.С. Повалихин, В.Г. Глушич, А.В. Козлов // Бурение. - 2001. - № 6. - С. 14 - 17.
12. Барский И.Л. Устойчивость бурильной колонны при бурении горизонтальных скважин и оперативное управление траекторией ствола / И.Л. Барский, А.С. Повалихин, А.М. Гусман, В.Г. Глушич // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2003. - № 4. - С. 2 - 5.
13. Михарев В.В. Строительство кустовых направленных скважин: Монография / В.В. Михарев, В.Ф. Буслаев, Н.М. Уляшева, Ю.Л. Логачев. - Ухта: «Региональный Дом печати», 2004. - 228 с.
14. Близнюков В.Ю. Основные направления развития технологии бурения в период до 2010 года // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2002. - № 1. - С. 3 - 6.
15. Балденко Д.Ф. Управляемая компоновка для наклонно направленного и горизонтального бурения / Д.Ф. Балденко, Т.Н. Чернова // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 11/12. - С. 21 - 24.
16. Овчинников В.П. Совершенствование технологии бурения скважин с горизонтальным окончанием на месторождениях Севера Тюменской области / В.П. Овчинников, М.В. Двойников, А.Л. Каменский // Бурение и нефть. - 2006. - № 11. - С. 15 - 17.

17. Бастриков С.Н. Строительство скважин с кустовых площадок на нефтяных месторождениях Западной Сибири: Монография. - Тюмень: «Вектор Бук», 2000. - 252 с.
18. Миракян В.И. Новые разработки в области контроля и управления наклонно-направленным бурением / В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян, В.Н. Шукин, Е.Я. Лапига // Бурение. - 2002. - № 1. С. 8 - 12.
19. Прохоренко В.В. Отклоняющие и стабилизирующие турбинные КНБК для бурения направленных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2007. - № 1. - С. 21 - 23.
20. Сафиуллин М.Н. Опыт бурения наклонно-направленных скважин с малоинтенсивным набором кривизны / М.Н. Сафиуллин, А.П. Захарченко, В.В. Кульчицкий // Нефтегазовая геология, геофизика и бурение. - 1984. - № 10. - С. 24 - 27.
21. Оганов С.А. Проектирование параметров профиля горизонтальной скважины в пределах продуктивного пласта / С.А. Оганов, А.В. Перов, Г.С. Оганов, В.В. Прохоренко, Н.Ф. Пронин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 11/12. - С. 12 - 16.
22. Оганов А.С. Искривляющие оптимальные КНБК для горизонтального бурения / А.С. Оганов, А.С. Повалихин, К.М. Солодкий // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1997. - №1. - С. 13 - 16.

АНАЛИЗ ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНЫ ЭЛАСТОМЕРОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Мельников

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа посвящена изучению опыта исследований влияния температуры на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей. Определено, что температура оказывает серьезное негативное влияние на эластомер, что в совокупности с механическим действием ротора в присутствии промывочной жидкости приводит к ускорению преждевременного выхода из строя двигателя. Информационный анализ позволил выявить рекомендуемые альтернативные материалы для использования в качестве эластомеров.

Abstract. The scientific work is devoted to studying the experience of studies of the effect of temperature on the characteristics of rubber elastomers screw downhole motors. It was determined that the temperature has a serious negative impact on elastomer, which in combination with the mechanical action of the rotor in the presence of a mud leads to acceleration of premature failure of the motor. Information analysis revealed a recommended alternative materials for use as elastomers.

Винтовые забойные двигатели (ВЗД) относятся к машинам объёмного (гидростатического) действия. Отличие ВЗД от других типов гидравлических забойных двигателей заключается в использовании в качестве рабочих органов многозаходного винтового героторного механизма, который представляет собой цилиндрическую планетарную зубчатую передачу внутреннего зацепления, включающую статор и ротор. Стальной статор внутри имеет привулканизированную резиновую обкладку с винтовыми зубьями левого направления. На стальном роторе, с хромированным покрытием, нарезаны зубья также левого направления. Число зубьев ротора на единицу меньше числа зубьев статора. Специальный профиль зубьев ротора и статора обеспечивает их непрерывный контакт между собой, образуя на длине шага статора единичные рабочие камеры [1].

Одной из сложных технических задач является обеспечение надежной работы винтового забойного двигателя при высоких температурах, существующих в скважинах. Забойные температуры могут достигать огромных величин, так например, в

самой нижней точке скважины Солтон-Си в США на глубине 3220 м была зафиксирована температура 355°C, а в другой скважине, пробуренной до 1440 м в одной из молодых вулканических структур на западе США, измеренная температура достигала 465°C, в России же не были зафиксированы настолько высокие забойные температуры, однако при бурении Тюменской скважины в Западной Сибири, в период с 1897 по 1996 года на глубина 7 502 метра была зафиксирована забойная температура 230°C. Современные технические средства не позволяют бурить сверхглубокие скважины при столь высоких температурах в течение длительного времени, поскольку термостойкость существующего бурового оборудования не превышает 200–300°C [2].

Под эластомерами винтовых забойных двигателей понимают полимеры, обладающие в диапазоне эксплуатации высокоэластичными свойствами, например, резина или другой эластичный материал, который может растягиваться до размеров, во много раз превышающих его начальную длину, и, что существенно, возвращаться к исходному размеру, когда нагрузка снята. Эластомерами винтовых забойных двигателей является резина ИРП-1226. Не все аморфные полимеры являются эластомерами. Некоторые из них являются термопластами. Это зависит от его температуры стеклования: эластомеры обладают низкими температурами стеклования, а термопластики — высокими. (Это правило работает только для аморфных полимеров, а не для кристаллизующихся).

В современном бурении нефтяных и газовых скважин проблема долговечности и качества рабочих органов буровой установки является важнейшей. По данным буровых компаний за год происходит от 5 до 12 аварий с ВЗД, которые приводят к длительным восстановительным работам на скважине, либо полной ее ликвидации. Из практики применения ВЗД установлено, что около 50% всех отказов связано с износом рабочих органов, представляющих собой пару трения резина-металл (стальной ротор - резинометаллический статор).

Резина ИРП-1226, применяемая в конструкции ротор-статор, в качестве эластомера имеет свои технические характеристики: резиновая смесь повышенной износостойкости, маслостойкая; температурный интервал работоспособности от -20°C до 100°C; условная прочность, не менее 9,8 МПа (100 кгс/см²); относительное удлинение при разрыве, не менее 125%; твердость ед. Шор А 65-95; гарантийный срок хранения 3 месяца [3].

Экспериментально доказано, что резина ИРП-1226, используемая для формирования обкладки статора винтового-забойного двигателя, при повышенных температурах изменяет свои физико-механические и упруго эластичные свойства, а при нагреве свыше 180°C, резина термически разрушается.

Таким образом, в [1] было решено провести эксперимент, направленный на определение эффективности отвода тепла от резиновой обкладки (эластомера) статора, а именно сравнение теплового режима в зависимости от толщины резиновой обкладки. Рассматривались две конструкции статоров: стандартная - с более широкой резиновой обкладкой; новая - соответственно, с менее тонкой резиной. Для модели статора были применены условия, при которых происходит самое эффективное охлаждение резины - температура промывочной жидкости внутри и снаружи статора принята 20°C. Рассматривалось взаимодействие зуба статора и зуба ротора, при вращении ротора, в результате чего происходит деформация эластомера.

Предполагается, что при полном обороте ротора отдельный зуб статора под действием перепада давления жидкости в рабочих камерах при контакте вершина зуба ротора - вершина зуба статора испытывает деформацию от отгиба лишь один раз, в остальных случаях зуб статора испытывает деформацию от диаметрального натяга, а

деформация резины от воздействия момента ротора зуб статор испытывает при контакте с каждым зубом ротора при работе героторного механизма. Для эксперимента использовалась расчетная формула выделяемого тепла в следствии периодических (циклических) деформаций резины ИРП-1226 [1]:

$$N_i = 251859 * E^1 * \tan \delta * \vartheta * [\varepsilon_{Mi}^2 * z + \varepsilon_{Pi}^2 + \varepsilon_{Hi}^2 * (z - 1)], \frac{Вт}{м^3}$$

где E^1 - динамический модуль упругости, Па; $\tan \delta$ -отношение вязкости к модулю Юнга, ед. Муни/Па; ϑ -частота нагружения, Гц; ε_{Mi} - деформация эластомера от воздействия крутящего момента ротора; ε_{Hi} - деформация эластомера от воздействия натяга в рабочих органах; ε_{Pi} - деформация эластомера от воздействия перепада давления в рабочих камерах героторного механизма; z - число зубьев ротора.

Для расчетов использовались значения стендовых испытаний ВЗД диаметром 95 мм и 195 мм.

Расчеты, проведенные по данной формуле показали, что большее количество теплоты образуется там, где более высокие значения деформации резины. При работе ВЗД в режиме максимального КПД обкладка статора максимально разогревается в области боковой части зуба по середине толщины резины. Для забойного двигателя с диаметром 95 мм максимальное значение температуры составило , а для второго двигателя 122°C. В случае со стандартной конструкцией статора, в область воздействия высокой температуры попадает практически вся середина резинового зуба (рис. 1, а и б). Соответственно, будет логично уменьшить объем резины, которая используется в новой конструкции статора с целью отвода тепла от разогревшейся в процессе работы обкладки ВЗД.

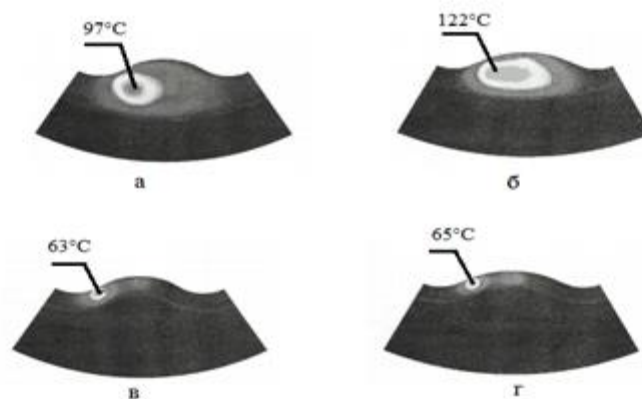


Рис. 1. Распределение температуры в статоре при максимальном КПД ВЗД: ВЗД с внешним диаметром 95 мм при стандартной (а) и обновленной (в) конструкции; ВЗД с внешним диаметром 195 мм при стандартной (б) и обновленной (г) конструкции [1]

Термическое разрушение резиновой обкладки статора стандартной конструкции происходит из-за плохого отвода тепла от центра зуба, именно там образуется усталостные трещины эластомера, а не в зоне действия максимальных деформационных нагрузок. Дальнейшее развитие трещины происходит от зоны действия высоких температур к зоне с максимальной деформацией.

Так же в [1] был проведен расчет на определение температуры разогрева эластомера стандартной и новой конструкции в условиях охлаждения промывочной жидкостью внутри статора с температурой 95°C и снаружи 110°C. Для расчет был выбран статор с диаметром 95 мм. (табл. 1).

Таблица 1

Расчет разогрева эластомера

Температура, °С	Статор стандартной конструкции	Статор новой конструкции
Жидкость внутри статора	95	
Жидкость снаружи статора	110	
Разогрев эластомера	178	143

Таблица 2

Технические характеристики резиновых смесей

		Технические характеристики НО-68-1	Технические характеристики ИРП-1226	Технические характеристики ИРП-1338
Условная прочность при растяжении	МПа	8,8	9,8	6,4
Относительное удлинение на разрыв	%	250	125	330
Твердость	ед.Шор А	55-67	65-95	58-70
Рабочая температура	°С	-55/+100	-20/+100	-60/+250

Разрушение резиновой обкладки статора (эластомера) может быть уменьшено путем применения статора с равномерной толщиной обкладки, по сравнению со стандартной конструкцией. Так же уменьшение объема резиновой обкладки способствует уменьшению искажения геометрии обкладки статора, что ведет к уменьшению механического износа рабочих органов поверхностей статора и ротора.

Возможной альтернативой резине ИРП - 1226, могут служить: резиновая смесь НО-68-1 - изготовленная на основе комбинации синтетических каучуков хлоропренового и бутадиен-нитрильного; термостойкая резина ИРП-1338. Технические характеристики резин приведены в таблице 2.

Литература

1. Плотников В.М., Фуфачев О.И. Тепловой расчет резиновой обкладки статоров винтовых забойных двигателей, главн. научн. сотруд., ООО "ВНИИБТ - Буровой инструмент"[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pereplet.ru/nauka/>
2. Резиновые смеси по ТУ 2512-046-00152081-2003 [Электронный ресурс]// Режим доступа: <http://meda-group.ru/catalog/15/74>
3. Коротаяев Ю.А. Исследование и разработка технологии изготовления многозаходных винтовых героторных механизмов гидравлических забойных двигателей: диссертация. ... доктора технических наук : 05.02.08 / Коротаяев Юрий Арсеньевич. – Пермь, 2003. – 386 с.
4. Фуфачев О.И. Исследование и разработка новых конструкций рабочих органов винтовых забойных двигателей для повышения их энергетических и эксплуатационных характеристик: автореф. дис. ... кандидата технических наук: 05.02.13 / Фуфачев Олег Игоревич. – Москва, 2011. – 138 с.
5. ЗАО «Ярославль-Резинотехника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://yart-main.ru/dop-material/osobennosti-rezinovoj-smesi/rezinovaja-smes-no-68%201/>

6. Балденко Д.Ф., Кортаев Ю.А. Современное состояние и перспективы развития отечественных винтовых забойных двигателей [Электронный ресурс] // Журнал «Бурение и нефть». Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2012-03/1>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ РЕАГЕНТОВ

К.М. Минаев¹, В.А. Яновский², А.С. Мишунина¹, Р.А. Чуркин²

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

² *Сибирский физико-технический институт имени академика В.Д. Кузнецова Томского государственного университета, г. Томск, Россия*

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию полимерных соленасыщенных буровых растворов, используемых для бурения многолетнемерзлых пород, бурения в солевых отложениях, чередующихся с пропластками глин. Полимерные растворы для бурения – это растворы высокомолекулярных веществ (ВМВ) на основе воды. Сравнительные исследования проведены на основе изучения реологических характеристик буровых полимерных растворов по показателю нелинейности, динамического напряжения сдвига, пластической вязкости.

Abstract. This article is devoted to research of polymer salt-saturated muds, which are useful in the long term permafrost drilling, drilling in salt deposits alternating with interlayers of clay. Polymer solutions for drilling - are solutions of macromolecular substances based on water. The basis of the research: the study of the rheological characteristics as a result of salt-saturated drilling polymer in terms of non-linearity, dynamic shear stress, plastic viscosity.

На настоящий момент существует большое количество требований предъявляемым к типу, свойствам и характеристикам буровых растворов, но самое главное это пригодность бурового раствора к применению в данных горно-геологических условиях. Высокие температуры на забое, высокое давление, наличие солевых пропластков, мерзлые породы и т.д. относятся к сложным горно-геологическим условиям. В таких условиях требуется применение высококачественных буровых растворов, а, соответственно, и специализированных химических реагентов, определяющих устойчивость промывочной жидкости к тем или иным воздействиям.

Область распространения многолетней мерзлоты в России занимает около 11 млн км², что составляет почти 65% территории страны.

Для северных приморских низменностей характерны засоленные мёрзлые породы, содержащие в своём составе более 0,05% растворимых солей. Их представляют преимущественно глинистые морские отложения, не протаивавшие в эпоху климатического оптимума и сохранившие первичную засоленность. Они наиболее типичны для Большеземельской тундры и полуостровов Ямал и Гыдан в Западной Сибири. В Средней и Восточной Сибири ареал засоленных мёрзлых пород образует лишь узкую полосу вдоль Арктического побережья, проникая вглубь материка по долинам рек Лена и Колыма.

При бурении скважин в многолетнемерзлых горных породах (ММП) (мощность их доходит до нескольких сотен метров, температура достигает – минус 9 °С, обычно - минус 4-6 °С) применяются водные растворы NaCl, реже CaCl₂ [4]. Концентрация соли в растворе выбирается в соответствии с температурой ММП, кроме того при концентрации NaCl до 5% используется для ингибирования глин и повышения структурно-механических свойств БР, обработанных защитными коллоидами, для повышения Статического напряжения сдвига (СНС) при бурении на карбонатно-

глинистых суспензиях, регулятором осмотической активности водной фазы гидрофобно-эмульсионных растворов.

NaCl применяют для насыщения промывочных жидкостей перед вскрытием соленосных отложений для предупреждения образования каверн в скважинах, а также как антиферментатор крахмала при естественной достаточной минерализации. Насыщенные растворы NaCl широко применяются при бурении в многолетнемерзлых породах, а также в зимнее время [3].

Применение солей, особенно в составе которых присутствуют поливалентные катионы, осложняет выбор полимерных реагентов для бурового раствора. Современные полисахаридные реагенты, применяемые как стабилизаторы, структурообразователи, понизители фильтрации, в основном представлены анионным типом полимера и, соответственно, чувствительны к воздействию катионов металлов, особенно при высоком значении pH. Применение в солевых системах нестойких к высокой минерализации реагентов может привести к ухудшению технологических свойств бурового раствора и, соответственно, к различным осложнениям в процессе бурения. Поэтому представляется актуальной задача провести сравнительные испытания современных полисахаридных реагентов для выбора наиболее устойчивых к воздействию солей и для применения в качестве реагентов для бурения в многолетнемерзлых горных породах, а также для бурения солевых пропластков образованных галитом.

Сравнение полисахаридных реагентов проводили на основании исследования реологических характеристик растворов полисахаридов и модельных буровых растворов на их основе в присутствии хлорида натрия с содержанием 8 %, а также в насыщенном растворе хлорида натрия.

В качестве исследуемых полисахаридных реагентов были выбраны ПАЦ-НВ (ООО «Бия-Хим», г. Бийск), ПАЦ-ВВ (ЗАО «Полицелл», г. Владимир), Poluras R (MI SWACO), Duo-vis (MI SWACO). Выбор реагентов обусловлен их широким применением и доступностью, а также с целью сравнения реагентов в разных ценовых категориях.

ПАЦ-НВ, ПАЦ-ВВ и Poluras R применяют в качестве структурообразователей, которые обеспечивают минимальный рост значений реологических характеристик, а, следовательно, и гидравлических сопротивлений в бурильных трубах и затрубном пространстве; сочетают свойства понизителя фильтрации и загустителя в равной мере, с высокой производительностью. Данные реагенты представляют из себя карбоксиметилловые эфиры целлюлозы, со степенью замещения не менее 0,9. При этом ПАЦ-НВ, ПАЦ-ВВ это реагенты технического качества, содержание основного вещества составляет не менее 45 %, в то время как Poluras R позиционируется как очищенная высококачественная полианионная целлюлоза.

Poluras R используется для снижения водоотдачи пресных, соленых, хлоркалиевых и соленасыщенных растворов, растворов на основе морской воды. Он способствует формированию тонкой, плотной, упругой и малопроницаемой фильтрационной корки, снижая зону проникновения фильтрата в пласт, предотвращая вторжение твердой фазы раствора, снижает вероятность возникновения дифференциального прихвата. Реагент устойчив к бактериальной агрессии.

Duo-vis – ксантановая смола, полисахаридный реагент, который используется для контроля реологии, обеспечение высоких реологических свойств раствора (пластическая вязкость, динамическое напряжение сдвига, СНС), удерживающей и выносящей способности.

В качестве основы использована глинистая суспензия с концентрацией глинопорошка марки ПБМБ (ООО «Хакасский бентонит») 5,0 %.

Исследуемые растворы были выдержаны не менее суток, а с добавлением солей трех суток.

Реологические свойства модельных буровых растворов рассчитывались по формулам, приведенным в работе А.И. Булатова и Дж.Р. Грей [3,4].

$$\eta = R_2 - R_1$$

где R_1 – показания вискозиметра при 300 об/мин;

где R_2 – показания вискозиметра при 600 об/мин.

Динамическое напряжение сдвига:

$$\tau = (R_1 - \eta)$$

Эффективная вязкость:

$$\mu = \frac{R_2}{2}$$

Показатель нелинейности:

$$n = \frac{\log\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\log\left(\frac{N_2}{N_1}\right)}$$

Показатель консистентности:

$$K = \frac{R_2}{1022^n}$$

Где N_1 и N_2 – скорость вращения ротора вискозиметра OFITE 800 соответственно при 300 об/мин и 600 об/мин. Измерения проводились при условиях $t = 22-24$ °C и $P = 0,1$ МПа. Расхождения между результатами не превышали 5,0 % от средних значений.

Результаты исследований по воздействию хлорида натрия на модельный полимерглинистый раствор представлены в таблице 1.

Таблица 1

Структурно-реологические характеристики модельных буровых растворов

N	Состав растворов	Структурно-реологические характеристики				
		Модель Бингама			Степенная модель	
		η (пласт. Вязкость) мПа·с	τ (дин.напр. сдвига) дПа	μ (эффект. вязкость) мПа·с	n	K (Па·с ⁿ)
1	5% бентонитовая суспензия (раствор 1)	4	10	9	0,36	1,47
2	Раствор 1+ 1% Пац ВВ	10	19	19,5	0,42	2,03
3	Раствор 1 + 1% Пац ВВ + 8% NaCl	8	24	20	0,32	4,30
4	Раствор 1 + 1% Пац HV	11	30	26	0,34	4,84

5	Раствор 1 + 1% Пац HV 8% NaCl	10	24	22	0,37	3,34
6	Раствор 1 + 1% Duo-vis	9	22	19	0,33	3,3
7	Раствор 1 + 1% Duo-vis 8% NaCl	9	34	26	0,27	7,80
8	Раствор 1+1% Polypac R	8	21	18	0,34	4,9
9	Раствор 1+1% Polypac R+8% NaCl	13	27	26,5	0,29	3,18

На основании представленных данных можно сделать вывод, что добавка полимерного реагента, к глинистой суспензии приводит к увеличению вязкости раствора, в то время как реологический профиль течения модельного бурового раствора при данных концентрация исследуемых полисахаридных реагентов имеет схожий характер. Показатель нелинейности большинства растворов составил $> 0,3$ что говорит о данных соединениях в составе раствора, что они представляют собой дискретную систему, т.к. связи между ними и частицами глины менее прочны, чем их связь с молекулами воды.

Более дорогостоящие реагенты в изученных диапазонах концентраций обеспечивают лучшую выносящую способность модельному буровому раствору, а также большее снижение показателя нелинейности бурового раствора.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» (уникальный идентификатор работы RFMEFI57814X0068).

Литература

1. Булатов, А.И. Руководство по буровым раствора для инженеров [Текст] / А.И. Булатов, С.А. Шаманов. - Краснодар: ООО «Просвещение-ЮГ», 2001.
2. Грей, Дж.Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) [Текст]: пер. с англ. / Дж.Р. Грей, Г.С.Г. Дарли. - М.: Недра, 1985.
3. Кудайкулова Г.А. Буровые глинистые растворы: Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2003. 137 с.
4. Овчинников В.П., Аксенова Н.А. Буровые промывочные жидкости: Учеб. пособие для вузов. – Тюмень: Изд-во «Нефтегазовый университет», 2008. – 309 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЯМИ

А. М. Мурзин

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены причины возникновения поглощений бурового раствора в процессе бурения. Классифицированы способы для их ликвидации. Детально рассмотрена конструкция технических средств, используемых при ликвидации поглощений. Сделан вывод о необходимости проведения дополнительных скважинных исследований как метода профилактики поглощений бурового раствора.

Abstract. The article discusses the causes of lost circulation during drilling. Classified ways to eliminate them. We discuss the design of technical equipment used in the liquidation of acquisitions.

The conclusion about the need for additional studies of well as a method of prevention acquisitions mud.

Наиболее распространённым осложнением при бурении нефтяных и газовых скважин является на сегодняшний день поглощение технологических жидкостей. Поглощение - тяжелое осложнение процесса строительства скважины. Потери технологических жидкостей при разбуривании отдельных месторождений достигают тысяч кубометров в год, являясь причиной материальных затрат, связанных с простым оборудованием и рабочей силой, ухудшением коллекторских свойств продуктивных пластов и некачественным цементированием обсадных колонн. В результате промыслового опыта установлено, что очень часто существующие способы борьбы с поглощениями оказываются недостаточно эффективными. Это связано в первую очередь с тем, что борьба с этим видом осложнения в отдельно взятом случае требует учёта большого количества факторов – технических данных скважины, геолого-физических характеристик горных пород и данных о гидродинамическом состоянии и поведении системы «скважина-проницаемый пласт». Сложность технологических процессов изоляции проницаемых пластов, высокая изменчивость геолого-технических условий бурения, низкая технологическая эффективность способов ликвидации поглощений буровых и тампонажных растворов, недостаточный уровень квалификации исполнителей работ, отсутствие обеспечения поддержания необсаженного ствола скважины в технически надёжном состоянии приводят к тому, что мероприятия по ликвидации поглощения, показавшие высокие результаты на одной скважине, могут оказаться совершенно неэффективными для другой. Кроме того, одно и то же поглощение промывочной жидкости может быть ликвидировано различными способами и с различными показателями успешности работ. Повышение эффективности борьбы с поглощениями при строительстве скважин является весьма актуальной задачей. Поэтому одним из путей сокращения цикла строительства скважин является совершенствование способов и средств борьбы с поглощениями буровых растворов и иных жидкостей в скважинах.

Поглощение промывочной жидкости объясняется превышением давления столба жидкости в скважине над пластовым давлением (чем больше эта разность, тем интенсивнее поглощение), а его интенсивность – характером объекта поглощения.

Поглощающими объектами могут быть:

- продуктивные нефтегазоносные и водоносные пласты с большой пористостью и проницаемостью и относительно невысоким пластовым давлением;
- дренированные пласты, т. е. продуктивные нефтегазоносные и водоносные пласты, в которых в результате продолжительной эксплуатации снизилось давление, образовались дренажные каналы, по которым может перемещаться промывочная жидкость;
- трещиноватые и кавернозные породы, а также породы, перемятые и нарушенные тектоническими сдвигами, карстовые пустоты.

В практике наблюдаются случаи, когда поглощения промывочной жидкости возникают не только при вскрытии объекта поглощения в процессе бурения, но и вовремя спуско-подъемных операций.

При движении труб в глинистом растворе возникают гидродинамические явления: при спуске труб гидродинамическое давление накладывается на гидростатическое давление в стволе скважины ниже спускаемой колонны труб, увеличивается гидростатическое давление на забой. Иногда это приводит к образованию в породах трещин, по которым и уходит промывочная жидкость.

Трещины, возникающие в породе вследствие высоких давлений («гидроразрыв пород»), могут не только послужить причиной потери промывочной жидкости, но и способствовать осложнениям, вызывающим нарушение целостности ствола скважины.

Опыт борьбы с поглощениями показывает, что одним из эффективных методов ликвидации поглощений является закупорка поглощающих каналов с помощью наполнителей.

В качестве наполнителей широко применяют резиновую крошку, хромовую стружку, отходы реактопластов, улюк (отходы хлопкового волокна), выбуренный шлам, кордное волокно, целлофановую стружку, ореховую скорлупу, древесные опилки и др.

Определить в лаборатории пригодность каждого закупоривающего материала весьма трудно из-за незнания размера отверстий, которые должны быть закупорены. Цель их применения состоит в создании тампонов в каналах поглощения. Эти тампоны служат основой для отложения фильтрационной (глинистой) корки и изоляции поглощающих пластов.

Наполнители по качественной характеристике подразделяются на:

- Волокнистые- имеют растительное, животное, минеральное происхождение. Сюда относятся и синтетические материалы.

- Пластинчатые- пригодны для закупорки пластов крупнозернистого гравия и трещин размером до 2,5мм. К ним относят: целлофан, слюду, шелуху, хлопковые семена и т.д.

- Зернистые- перлит, измельченная резина, кусочки пластмассы, ореховая скорлупа и др.

Важнейшими свойствами наполнителей являются наличие оптимального распределения размеров частиц, форма, масса или плотность частиц, их жесткость и инертность.

Так же для изоляции зон поглощений буровых растворов получила применение так называемая "жидкая глина. Применение "жидкой глины" дает хорошие результаты в тех случаях, когда раствор поглощается трещинами, образовавшимися или раскрывшимися в процессе бурения, а также при изоляции трещин естественного происхождения. Действие "жидкой глины" основано на быстром оседании из раствора твердых частиц, способных закупоривать трещины.

Постоянные поиски эффективных способов изоляции поглощающих пластов в различных геолого-технических условиях проводки скважин привели к разработке большого числа тампонажных смесей.

Для успешного проведения изоляционных работ следует использовать такие тампонажные смеси, которые обладают дополнительными сопротивлениями при движении в пористой среде и вязкость которых сильно увеличивается при высоких скоростях сдвига. Эти свойства присущи вязкоупругим жидкостям. Вязкоупругие свойства тампонажным смесям можно придать обработкой их полимерными материалами или с помощью взрыва. В последнем случае "вмороженные" пузырьки газа продуктов взрыва обеспечивают обработанным смесям вязкоупругие свойства.

Весьма перспективны тампонажные смеси на основе буровых растворов, с помощью которых бурят скважины и которые затвердевают в процессе промывки вводом полимеров или вяжущих веществ. При изоляции зон поглощения наибольшие трудности представляют зоны с повышенной интенсивностью поглощения, особенно в случае полной потери циркуляции.

Установить какие-либо закономерности возникновения поглощений и выбрать эффективные методы и технологию проведения работ по ликвидации поглощений из-за

большого числа факторов, обуславливающих явление поглощения, очень сложно. Поэтому стали использовать вероятностно-статистические методы для прогнозирования зон поглощений и выбора наиболее эффективных технологических мероприятий по предупреждению и борьбе с поглощениями.

Известны перекрывающие устройства, которые спускаются в зону перекрытия поглощающих каналов вместе с тампонирующей смесью, которая выдавливается в скважину вместе с перекрывающей оболочкой. На рис.1 показан тампонажный снаряд, в котором в качестве вяжущего вещества 8 используется синтетическая смола, помещенная в эластичную оболочку 6. Перед спуском устройства участок ствола скважины 7 против изолируемой трещины 3 увеличивается в диаметре до необходимого размера. В желонку 2, закрытую снизу днищем 4, выполненным из разбуриваемого материала, закладывается эластичная оболочка с тампонирующим материалом. Под действием давления промывочной жидкости, закачиваемой в бурильные трубы, днище 4 разрушается, и оболочка выдавливается в скважину. При подъеме бурильных труб оболочка под действием тяжести содержимого разворачивается на забое и заполняет расширенный участок ствола, перекрывая поглощающие каналы. После затвердения вяжущего вещества образовавшаяся пробка разбуривается обычным способом.

Эффективно и быстро, с минимальными затратами средств можно перекрыть зону полного поглощения, представленную большими трещинами или кавернами, если использовать приспособление, показанное на рис. 2. Сущность способа изоляции с использованием этого приспособления состоит в том, что в скважине в интервале расположения трещин и каверн размещаются твердые тела различного размера для частичного перекрытия поглощающих каналов с последующим цементированием пространства между телами тампонирующими смесями. Если в процессе бурения скважины провал инструмента сопровождается потерей циркуляции промывочного раствора, то сразу же поднимают бурильные трубы и в скважину на канате 1 спускается контейнер 3, заполненный твердыми телами, имеющими преимущественно сферическую форму и отсортированными по размеру. Контейнер изготовлен из сетчатого материала, способного пропускать через себя тампонирующие растворы. Когда контейнер достигает поглощающего интервала и свободно ложится на забой скважины, твердые частицы под собственным весом будут заполнять неровности и трещины ствола скважины, перекрывая частично пути ухода промывочной жидкости. Затем в скважину спускают бурильные трубы с наконечником 6, по которым закачивается соответствующий раствор, который проникает через контейнер и заполняет пространство между твердыми частицами, образуя после твердения монолитный барьер, полностью предотвращающий поглощение промывочной жидкости в скважине. При разбуривании разрушается центральная часть пробки, а трещины остаются перекрытыми цементным камнем, что позволяет в дальнейшем бурить скважину без поглощений.

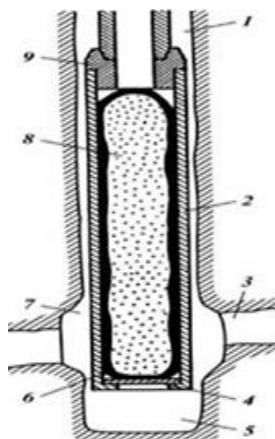


Рис. 1. Тампонажный снаряд: 1 – скважина, 2 – желонка, 3 – трещина, 4 – днище, 5 – забой, 6 – эластичная оболочка, 7 – расширенный участок скважины, 8 – тампонирующий материал, 9 – переводник

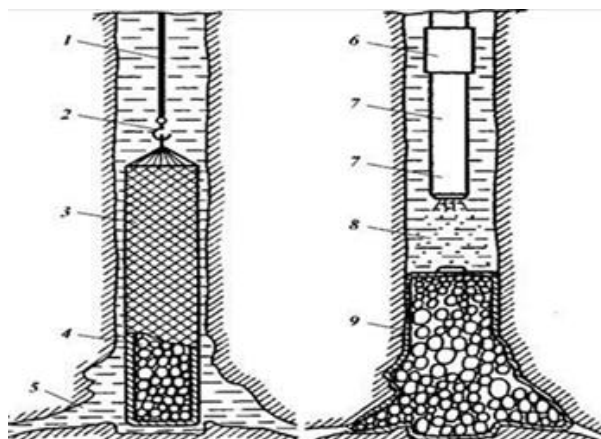


Рис. 2. Гибкий контейнер для перекрытия больших трещин: а – исходное положение, б – контейнер на забое скважины, 1 – канат, 2 – крючок, 3 – гибкий пористый контейнер, 4 – твердые тела, 5 – трещина, 6 – наконечник бурильной колонны, 7 – переводник, 8 – тампонирующая смесь, 9 – контейнер в растянутом положении

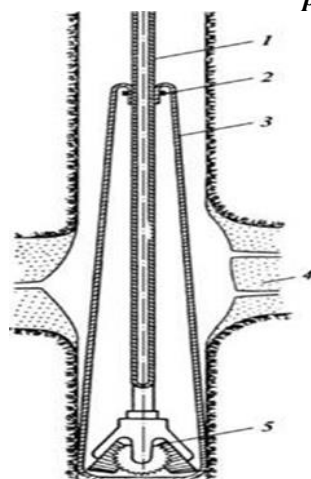


Рис. 3. Оболочка для перекрытия поглощения в процессе бурения скважины: 1- бурильная колонна, 2 – зажим, 3 – водонепроницаемая оболочка, 4 – поглощающий пласт, 5 – долото

Если с помощью наполнителей можно изолировать трещины не более 6 мм, то с помощью перекрывающих устройств можно изолировать поглощающие участки, представленные большими кавернами, трещинами и высокопроницаемыми породами. Однако в этом случае необходимо точно знать местоположение и мощность зоны поглощения, что требует дополнительных затрат времени и средств на проведение исследовательских работ. Поэтому был предложен способ предотвращения потери циркуляции и водопроявления без тампонирования зоны осложнения (рис.1.3). На долото 5 и нижнюю часть инструмента надевается непроницаемая оболочка 3, длина которой должна быть в два раза больше мощности зоны поглощения. Верхний конец мешка герметично присоединен к колонне бурильных труб с помощью металлического или резинового зажима 2. Бурильный инструмент с оболочкой спускается в скважину и по колонне труб закачивается глинистый раствор, который заполняет мешок и прижимает его к стенкам скважины. Бурение осуществляется через дно мешка, а существующий перепад давления между зоной поглощения и стволом скважины

удерживает оболочку в необходимом положении. По всей длине мешка желательнее располагать резиновые кольца или металлические зажимы, с тем, чтобы мешок плотно облегал колонну труб. Диаметр мешка зависит от его качества. При использовании твердого материала диаметр мешка должен быть равен или несколько больше диаметра скважины в зоне поглощения. При использовании растягивающегося материала (например, резины) допускаются меньшие размеры. Глубина скважины ниже зоны поглощения не должна превышать половины мощности этой зоны. Мешок может выполняться из брезента, нейлона или лучше из пластика, изготовленного в виде пленки (из полиэтилена, полипропилена, полимеров и т. д.). Для предохранения нижней части мешка, расположенной под долотом, при спуске инструмента в скважину применяются различные защитные приспособления, изготовленные из разбуриваемого материала. После бурения скважины через мешок можно спустить обсадную колонну. В таком положении мешок предотвратит уход цемента в процессе цементирования скважины. Если после установки оболочки требуется спустить долото, то его размер выбирается на 6-13 мм меньше основного ствола. Долото снабжается специальным направляющим устройством, поддающимся разбуриванию, чтобы не повредить перекрывающую оболочку при прохождении через нее долота.

Поглощение буровых растворов приводит к значительным затратам времени и материальных ресурсов. Явление поглощения промывочной жидкости обусловлено соотношениями давлений в скважине и пласте, а также зависит от проницаемости пласта и степени раскрытия трещин. Поглощающие пласты в скважинах могут быть представлены: пористыми, трещиноватыми и кавернозными породами. Разнообразие геолого-технических условий в каждом нефтегазоносном районе обязывает изыскивать приемлемые способы предупреждения поглощений. Для того, чтобы эффективно применить способы борьбы и разработать мероприятия по предупреждению поглощений промывочной жидкости при бурении скважин, надо сразу же после вскрытия зоны поглощения провести комплекс исследований.

Литература

1. Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей. - М.: Недра, 2008.
2. Булатов А.И., Аветисов А.Г. Справочник инженера по бурению. - М.: Недра, 2007.
3. Булатов А.М., Данюшевский В.С. Тампонажные материалы. - М.: Недра, 2003.
4. Булатов А.М., Пеньков А.М., Проселков Ю.М. Справочник по промывке скважин. — М.: Недра, 2009.
5. Булатов А.М., Проселков Ю.М., Рябченко В.М. Поглощение промывочной жидкости. - М.: Недра, 2009.
6. Промывочные жидкости и тампонажные растворы. А.И. Булатов, Н.Н. Круглицкий, Н.А. Мариампольский, В.И. Рябченко. —М.: Недра, 2007.
7. Рябченко В.М. Управление свойствами буровых растворов. - М.: Недра, 2008.
8. Рязанов Я.А. Справочник по буровым растворам. - М.: Недра, 2008.
9. Справочник по креплению нефтяных и газовых скважин: под редакцией проф. А.И. Булатова/А.И. Булатов, Л.Б. Измайлов, В.И. Крылов и др. - М.: Недра, 2004.
10. Теория и практика заканчивания скважин / А.И. Булатов, П.П. Макаренко, В.Ф. Будников. - М.: Недра, 2007.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ И УПРАВЛЯЕМОГО ДВИГАТЕЛЯ В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОМ БУРЕНИИ, КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ

Д.И. Новосельцев, А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В научной работе рассмотрен вопрос об актуальности и эффективности применения роторных управляемых систем. Проведено сравнение показателей бурения с применением РУС по сравнению с бурением аналогичного интервала винтовым забойным двигателем с кривым переводником. Проведён широкий анализ опыта применения роторных управляемых систем на различных месторождениях. Сделан вывод о больших перспективах данной технологии не смотря на высокую стоимость и незначительные проблемы, возникающие в осложнённых горно-геологических условиях бурения.

Abstract. In scientific work the question of the relevance and effectiveness of the rotary steerable systems (RSS). A comparison of drilling using RSS compared with drilling the same interval downhole drilling motors with bent sub. Conducted a broad analysis of experience with rotary steerable systems on different fields. The conclusion about the great prospects of this technology in spite of the high costs and minor problems in complicated geological conditions of drilling.

Увеличение объемов добычи углеводородов связано с вводом в эксплуатацию новых площадей, а также доработкой ранее открытых месторождений. Решение этих задач невозможно без строительства наклонно-направленных скважин, отработки методик проектирования и корректирования их траектории, совершенствования техники и технологии направленного бурения. При проектировании скважин операторы все чаще закладывают сложные траектории для вскрытия удаленных объектов, разработки нескольких залежей из одной скважиной, проникновения вглубь пласта и преодоления разрывных нарушений. Сложность бурения подобных скважин компенсируется повышенной эффективностью извлечения углеводородов из них за счет увеличенной площади контакта с продуктивным пластом. Одной из перспективных технологии в наклонно-направленном бурении на сегодняшний день является применение роторных управляемых систем (РУС). Их использование значительно упрощает проводку скважин сложной траектории, в том числе с протяженным горизонтальным участком.

Последние десятилетия в большинстве случаев используется искусственное искривление с помощью управляемого двигателя, которое вполне удовлетворяет требованиям заказчика. В данной работе выделены ключевые параметры сравнения этих двух методов на примере нескольких скважин.

Исходя из практики бурения скважин, следующие критерии выбора метода искривления можно считать наиболее значимыми:

- механическая скорость проходки;
- качество ствола скважины;
- эффективная длина горизонтальной секции;
- безаварийность проходки;
- стоимость оборудования.

На большинстве скважин, где применялись роторные управляемые системы, отмечают увеличение механической скорости бурения по сравнению с забойным двигателем. Так, например, специалисты Департамента буровых работ ОАО «Верхнечонскнефтегаз» и Департамента по геологии и разработке месторождений

компания *Schlumberger* приводят следующие данные для Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения: средняя механическая скорость проходки с использованием РУС на четырех скважинах составила 16 м/ч (рекорд – 21,85 м/ч), что вдвое выше, чем при использовании винтовых забойных двигателей (ВЗД). Это позволило сократить цикл бурения горизонтальных секций на три дня – до 3,62 суток. Иными словами, на бурение 100 м с использованием РУС требуется вдвое меньше времени – 0,65 суток вместо 1,39 суток [3].

Также можно привести пример работы компании *Ultra Petroleum* на месторождении Марселлус. В 2010 году компания приступила к реализации ускоренной программы бурения, наметив несколько объектов бурения в рамках этого перспективного комплекса пород. Компания пробурила первую (контрольную) скважину на месторождении Марселлус с использованием управляемого объемного двигателя. Следующие 10 скважин были пробурены при помощи РУС *PowerDrive Archer*. В некоторых из них боковой ствол зарезали долгим поворотом на азимут 90° или более для выхода на уровень целевого горизонта при одновременном наращивании угла со скоростью до 8°/100 футов (8°/30 м) [1]. Возникновение геологических неопределенностей возле точки входа в пласт иногда требовало принятия корректирующих мер, например, часто было нужно увеличить темп набора кривизны. За одним исключением, скважины, пробуренные после первой, контрольной, обеспечили существенную экономию времени бурения. Кроме того, все колонны заканчивания были спущены без происшествий. Гибридная РУС также позволила глубже проникнуть в целевой объект, что привело к повышению дебитов добычи более чем вдвое.

При оценке механической скорости бурения также следует учитывать увеличение длины горизонтальной секции, обеспечиваемое применением РУС. Так, на упомянутом месторождении Марселлус, скорость набора кривизны составила 8°/100 футов (8°/30 м), что, по данным компании *Ultra Petroleum*, позволило оператору увеличить скорость проходки на 80% по сравнению со скважинами, пробуренными ранее при помощи объемных двигателей. После бурения гладкого ствола на всем изогнутом участке оператор смог перейти на РУС *PowerDrive X5*, которая пробурила боковой ствол длиной 4545 футов (1385 м) на проектную глубину всего за один проход. Высокая скорость проходки изогнутого интервала в сочетании с высокой скоростью набора кривизны и гладкостью пробуренного бокового ствола позволил сократить время бурения на 10 дней [1].

Другим немаловажным показателем является качество ствола скважины. Бурение управляемым двигателем характеризуется низким качеством ствола, волнообразными неровностями и резкими изгибами, при этом они являются практически неустраняемыми недостатками метода. Причиной этого является «скользящий» режим бурения. В этом режиме вращается только долото, а бурильная колонна просто следует за направляющей компоновкой. Основные сложности в этом случае вызваны недостатком вращения колонны труб. В процессе проходки бурильная колонна скользит по лежащей стенке скважины, промывочная жидкость движется вокруг нее неравномерно, что уменьшает выносящую способность раствора и способствует повышению риска прихвата колонны. Кроме того, повышается риск желобообразования и прихвата колонны. На рисунке 2 представлены изображения, полученные с помощью каверномера. Они показывают, что путем бурения с использованием объемного двигателя получается ствол скважины со спиралевидной канавкой (вверху на рис.), в то время как роторная управляемая система создает намного более гладкий ствол (внизу на рис.).

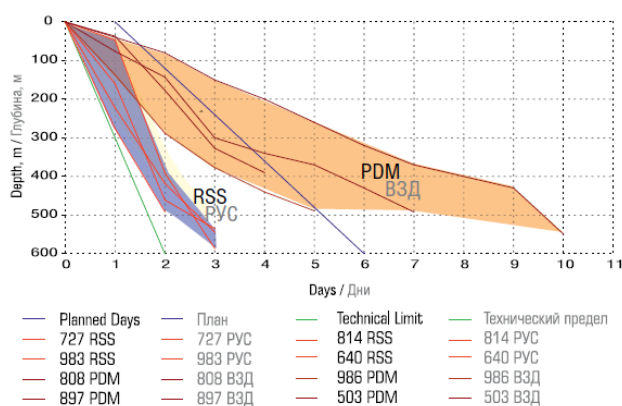


Рис. 1. График «глубина-день» для секции диаметром 152,4 мм (без времени на спуско-подъемные операции), по данным ОАО «Верхнечонскнефтегаз» для Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения [3]



Рис. 2. Сравнение качества ствола скважины, построенного по данным каверномера: сверху – забойный двигатель с кривым переводником, снизу – роторная управляемая система [1]

Что касается эффективной длины горизонтальной секции, то здесь также отмечено преимущество РУС, как в отечественном опыте бурения, так и за рубежом. Специалисты Департамента буровых работ ОАО «Верхнечонскнефтегаз» и Департамента по геологии и разработке месторождений компании *Schlumberger* приводят следующие данные: применение РУС позволило эффективнее проводить скважину с использованием КВБ и размещать ее в самых продуктивных зонах. При этом эффективная длина горизонтальной секции увеличилась до более чем 70 % (скв. 814 – 86%), в то время как на скважинах, пробуренных с использованием ВЗД, этот показатель составляет всего 30%. В результате, дебиты скважин увеличились вдвое – до 200-250 т в сутки (скв. 814 – 290 т в сутки) [3].

На рисунке 3 представлена трехмерная траектория скважины, пробуренной на месторождении сланцевого газа Марселлус. В этой скважине оператор использовал РУС PowerDrive Archer для отхода забоя от вертикали, бурения трехмерной дуги с изменением азимута более чем на 100° и последующего бурения наклонного участка. Неопределенность геологической модели заставила оператора изменить место вскрытия пласта более чем на 70 футов (21 м). После определения местоположения геологического маркирующего горизонта система РУС быстро увеличила угол до

16°/100 футов (16°/30 м) для достижения целевого объекта, после чего оператор переключился на интенсивность набора кривизны 2° для плавной проводки скважины в пласт-коллектор [1].

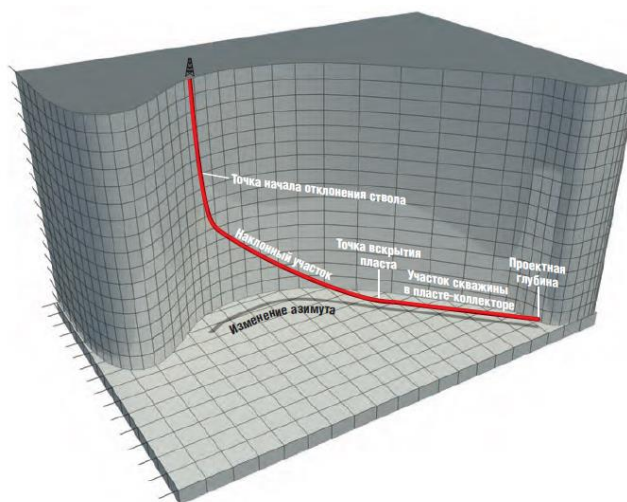


Рис. 3. Трехмерная траектория скважины

Безаварийность проходки является тем критерием, по которому сложно сделать определенные выводы. Причина аварии, в том числе с потерей инструмента, может быть не связана прямо с типом применяемого забойного оборудования. Тем не менее, исходя из условий применения забойного двигателя, можно сделать вывод о несколько большей опасности аварии. Это связано, в первую очередь, с уже упомянутым «скользящим» режимом бурения. Основной опасностью здесь является желобообразование и неравномерное движение промывочной жидкости вокруг колонны, что способствует возникновению прихвата.

Стоимостной критерий является наиболее существенным препятствием широкому внедрению роторных управляемых систем. Так, если РУС будет потеряна в скважине во время бурения, стоимость замены данного оборудования может превысить \$1 млн. А замена ВЗД обойдется примерно в \$200 тыс. Если главная проблема заключается в неустойчивости ствола, что может привести к потере КНБК, возможно, лучшим выбором станет именно забойный двигатель.

В заключении следует отметить, что сравнительный анализ практического применения РУС и забойного двигателя нельзя считать предельно объективным, так как объемы буровых работ с применением РУС на сегодняшний день несравнимо меньше, чем с применением забойного двигателя.

Литература

1. Фелцак Э., Торре А., Годвин Н., Мантл К., Нагнатан С., Хокинс Р., Ли Ке, Джонс С., Слейден Ф. Гибридная роторная управляемая система бурения – сочетание лучшего // Нефтегазовое обозрение. – 2012. – Т.23, №4. – С.60-52.
2. Шевченко И.А. Бурение скважин с большим отходом от вертикали с использованием роторных управляемых систем при контроле геофизических параметров в режиме реального времени // Естественные и технические науки. – 2014. – №1/2. – С.36-39.
3. Уилсон К., Шокарев И., Смолл Дж., Ахунжов Э. Результаты применения новых технологий в бурении при разработке сложного месторождения Восточной Сибири - Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения // Нефтегазовая вертикаль. – 2011. – № 2. – С.54-55.

4. Заикин И.П., Панков М.В., Исмаилов Н.А., Пушкарев С.В. Применение роторной управляемой системы PowerDrive и системы каротажа PeriScore при бурении горизонтальной скважины // Нефтяное хозяйство. – 2009. – №11. – С.2-4.
5. Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть. – 2012. – №9. – С. 36-41.
6. Kelly K. Rotary steerable. Enable extended-reach and precision control in tight zones // Oil&Gas. EURASIA. – 2012. - №6. – P. 44-46.
7. Matheus J., Ignova M., Hornblower P. A hybrid approach to closed-loop directional drilling control using rotary steerable systems // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 21-23 May, Maracaibo, Venezuela. – P. 84-89.

АНАЛИЗ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВИБРАЦИОННЫХ СИТ И ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Н.С. Плетнев, Н.В. Семенов

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Работа посвящена анализу типовых конструкций вибрационных сит для очистки бурового раствора. В работе приведена классификация существующих типов вибрационных сит, сформулированы их конструктивные особенности. Кроме того, проанализированы известные типы колебаний, используемых для очистки бурового раствора вибрационными ситами. Сделан вывод, что актуальным направлением развития конструкций вибрационных сит является работа с варьированием размеров и расположением конструктивных элементов, частот колебаний и их типов.

Abstract. The paper analyzes the typical structures shale-shakers to clean the mud. The paper shows the classification of the existing types of shale-shakers, formulated their design features. Furthermore, the known types of oscillation are analyzed, used to clean mud shale-shakers. It was concluded that the current direction of development of structures shale-shakers is to work with varying size and location of the structural elements, the oscillation frequencies and types.

Вибрационные сита, предназначенные для нефтяной промышленности, применяются для очистки бурового раствора от выбуренной породы т.е. шлама (10-25% шлама 75 мкм и выше). Кроме того, существуют специальные применения вибрационных сит, такие как восстановления кольматирующих добавок, утяжелителя бурового раствора и др.[1].

Классически, вибрационные сита являются первой ступенью очистки бурового раствора, находясь в самом начале технологической цепочки системы очистки бурового раствора (перед гидроциклонами (пескоотделителями и илоотделителями) и центрифугами); тем не менее, в некоторых случаях перед виброситами могут быть установлены сито-конвейеры, представляющие собой ленточные конвейеры с так называемой бесконечной цепью или бесконечной сеткой. Система очистки бурового раствора, таким образом, может состоять из различного набора технологического оборудования. При этом каждая последующая ступень очистки удаляет выбуренную породу меньшей фракции, чем предыдущая. Степень очистки каждой конкретной ступени зависит от большого количества факторов, но в среднем можно говорить о следующих «точках отсечки», (среднем размере удаляемых частиц выбуренной породы): вибрационное сито - очистка до 75 мкм, гидроциклон пескоотделителя - 45 мкм, гидроциклон илоотделителя - 25 мкм, центрифуга – 5...10 мкм.

При этом нужно учитывать, что точка отсечки конкретного технологического оборудования подчиняется закону нормального распределения, то есть утверждение,

что, например, пескоотделитель имеет точку отсечки - 45 микрон, может означать в том числе, что незначительное количество более крупных, чем 45 мкм, частиц могло пройти дальше по системе, не будучи отделенным от бурового раствора.

Вибрационное сито, чаще всего, рассматривается как основное оборудование очистки, а в некоторых случаях может являться единственным оборудованием очистки на буровой [4].

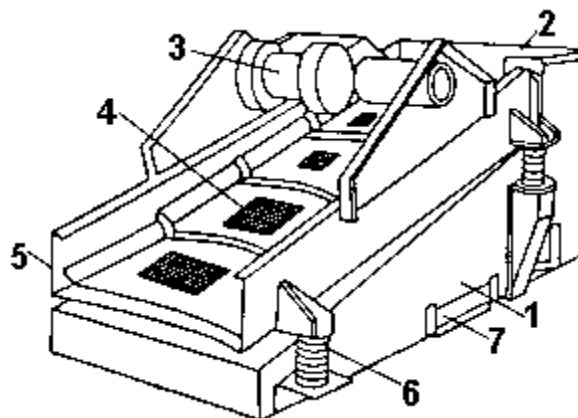


Рис. Вибрационное сито

На рисунке изображено схематическое изображение вибросита. Его основные элементы следующие: поддон для сбора очищенного раствора 7, приёмник с распределителем потока 2, вибрирующая рама 5 с сеткой 4, вибратор 3, амортизаторы 6.

Рама состоит из основания, двух боковин, скреплённых между собой болтами. Боковины дополнительно скрепляются распоркой, рамой привода, корпусом вибратора. В корпусе вибратора установлен вал с дисбалансами, обеспечивающими необходимую амплитуду колебания. На раме привода расположен электродвигатель, соединённый с вибратором клиноременной передачей. На противоположной стороне рамы привода установлены грузы, уравнивающие привод.

Вибросита при монтаже устанавливают на блоке очистки циркуляционной системы над ёмкостью и крепят болтами. Отклонения станины от горизонтального положения – не более 5 мм. Вокруг вибросита монтируют площадку с ограждением шириной не менее 0,75 м. Приёмный патрубок (желоб) вибросита соединяют трубой с устьем скважины. Для приведения в рабочее положение вибросита, отвинчивают транспортные болты, крепящие вибрирующую раму. Устанавливают электродвигатель и надевают клиновидные ремни. При установке кассет с сетками, проверяют наличие резиновых выступов на основании сетки и правильность их расположения. Кассеты устанавливают таким образом, чтобы с каждой стороны оставались равные промежутки, после чего прижимами затягивают болты до соприкосновения витков пружины [2].

Обрабатываемый буровой шлам, а также буровой раствор, выходящие на устье скважины, подаются в вибросито через воронку приема раствора и затем обрабатываются. Воронка приема раствора делится на три типа-водосливный, коробковый и ковшовый. Отличительной чертой коробковой и водосливной воронок является то, что они уменьшают скорость прибывающего раствора и равномерно падают его в вибросито, тем самым уменьшая повреждение сетки вибросита. Ковшовая воронка обычно используется для более «сухих» растворов [1].

Вначале буровой раствор при входе в специальную емкость для питания снижает скорость, после чего осуществляется его выдача на сетку вибрационную сетку сита.

Специальная рама, которая входит в устройство вибросита, начинает приводить его в движение, для получения колебаний. Сетка, при действии на нее виброрамы начинает совершать колебательные движения, которые таким образом воздействуя на раствор, выдают его через сеточное устройство, оставляя при этом наиболее крупные фракции раствора на поверхности сетки. Оставшийся на поверхности сетки шлам, транспортируется в конечную часть вибрационного сита.

Далее отобранный шлам выдается сквозь специальные шнековые устройства в шламоприемник сам раствор пройдя таким образом очистку выдается в специальную емкость, которая является емкостью очистительного блока. Уже после проведения дополнительных переливов буровой раствор выдается на дальнейшее использование в основной блок [1].

Самыми распространенными типами сит являются одноуровневые сита. Основное преимущество сит такой конструкции: наглядность процесса очистки на сите и удобный контроль износа сетки. Двухуровневые сита чаще всего применяются для того, чтобы увеличить площадь просеивания бурового раствора, не увеличивая площадь, занимаемую технологическим оборудованием. Трехуровневые сита могут применяться как для увеличения площади просеивания, так и для восстановления кольматирующих добавок в буровой раствор. При таком восстановлении обычно на верхнем (первом) уровне очистки происходит грубая очистка бурового раствора, на среднем (втором) уровне происходит восстановление кольматанта с его возвратом в активную растворную систему, на нижнем (третьем) уровне происходит тонкая очистка бурового раствора. При таком стиле работы, естественно, на всех трех уровнях устанавливаются сетки разного размера [3].

Различаются вибросита также по типу колебаний. В порядке внедрения в отрасли: с несбалансированно-эллиптическими колебаниями, круговыми колебаниями, с линейными колебаниями,

Несбалансированно-эллиптические колебания достигаются за счет установки одного вибродвигателя вне центра тяжести вибрационной рамы.

Круговые колебания - установкой одного вибродвигателя в центре тяжести вибрационной рамы. При этом получают равномерные гармоничные колебания (круговые) во всех точках виброрамы (по всей ситовой поверхности).

Линейные колебания:

а) установкой двух вибродвигателей, вращающихся в разные стороны наверху на виброраме. Считается, что ось, проходящая между вибродвигателями, должна проходить через центр тяжести для получения равномерных гармоничных колебаний (линейных) во всех точках виброрамы (по всей ситовой поверхности),

б) установкой двух вибродвигателей, вращающихся в разные стороны по бокам от виброрамы и наклоненных в одной плоскости.

Анализ существующих конструкций вибрационных сит позволил сделать выводы, что актуальной задачей для исследования является моделирование вибрационного сита, позволяющего проводить комплексную очистку бурового раствора, с максимальным коэффициентом полезного действия. Одним из актуальных направлений развития конструкций вибрационных сит является работа с варьированием размеров и расположением конструктивных элементов, частот колебаний и их типов.

Литература

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. М.: ООО «Недра - Бизнесцентр», 2001. - 676 с.
2. Вибрации в технике. Справочник в 6 т./ Т. 1. Колебания линейных систем/ Под ред. В.В. Болотина. М.: Машиностроение, 1978. - 352 с.

3. Мищенко В.И., Картунов А.В. Приготовление, очистка и дегазация буровых растворов. Краснодар: Арт Пресс, 2008. – 336 с.
4. Патент РФ № 2356648 С2, u1052 МПК В07В 1/40, В07В1/42, опуб. 27.05.2009.

ТИПЫ ПРОФИЛЕЙ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН И СПОСОБЫ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.А. Райхе

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В статье проанализированы основные типы профилей наклонно-направленных скважин и методические основы их проектирования. Показано, что для успешной проводки трассы скважины требуется сочетание графических и аналитических методов. Доказана важность учета опыта строительства скважин в данных горно-геологических условиях, что позволит существенно снизить себестоимость бурения.

Abstract. The article analyzes the main types of profiles directional wells and methodological foundations of their design. It is shown that for the successful posting runs well, a combination of graphical and analytical methods. It proved the importance of taking into account the experience of the construction of wells in these geological conditions, which will significantly reduce the cost of drilling.

Сложно переоценить значение наклонно-направленного бурения для современной нефтегазовой промышленности. Вскрытие продуктивной толщи направленными, в том числе горизонтальными и разветвленно-горизонтальными скважинами, позволяет повысить продуктивность скважины за счет увеличения площади фильтрации; продлить период безводной эксплуатации скважин; увеличить степень извлечения углеводородов на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки; повысить эффективность закачки агентов в пласты; вовлечь в разработку пласты с низкими коллекторскими свойствами и с высоковязкой нефтью; освоить труднодоступные нефтегазовые месторождения, в том числе морские; улучшить технологию подземных хранилищ газа.

Направленной следует называть такую скважину, которую пробурили вдоль запроектированной пространственной трассы и попали в заданную цель, а ее забой и фильтровая зона не только располагаются в заданной области горных пород, но и ориентированы в соответствии с проектом относительно простирания пласта.

Кроме совершенствования технологии разработки нефтяных и газовых месторождений, направленные скважины эффективны во многих других случаях: при бурении в обход осложненных зон горных пород; при бурении под недоступные или занятые различными объектами участки земной поверхности; при глушении открытых фонтанов; при вскрытии крутопадающих пластов и т.д.

Частными случаями направленной скважины являются вертикальная и горизонтальная. Горизонтальная скважина – это скважина, которая имеет достаточно протяженную фильтровую зону, соизмеримую по длине с вертикальной частью ствола, пробуренную преимущественно вдоль напластования между кровлей и подошвой нефтяной или газовой залежи в определенном азимутальном направлении. Основное преимущество горизонтальных скважин по сравнению с вертикальными состоит в увеличении дебита в 2-10 раз за счет расширения области дренирования и увеличения фильтрационной поверхности.

Первоочередными объектами использования направленных скважин являются:

- морские месторождения углеводородов;
- месторождения на территории с ограниченной возможностью ведения буровых работ;
- залежи высоковязких нефтей при естественном режиме фильтрации;
- низкопроницаемые, неоднородные пласты коллекторы малой мощности;
- карбонатные коллекторы с вертикальной трещиноватостью;
- переслаивающиеся залежи нефти и газа;
- залежи на поздней стадии разработки.

Основной недостаток направленных скважин – их сравнительно высокая стоимость. В начале 1980-х годов стоимость горизонтальной скважины превышала стоимость вертикальной скважины в 6-8 раз. В конце 1980-х годов это соотношение понизилось до 2-3 раз. По мере накопления опыта бурения в конкретном районе стоимость направленных скважин уменьшается и может приблизиться к стоимости вертикальных скважин. С позиций добычи нефти и газа экономически целесообразно, если извлекаемые запасы из направленной скважины во столько раз больше, во сколько раз дороже направленная скважина по сравнению с вертикальной, причем это количество нефти должно быть добыто в более короткие сроки [1, 2].

Разработанные в настоящее время виды профилей для наклонно-направленных скважин делятся на две группы: профили обычного (плоского) типа (представляющие собой кривую линию, лежащую в вертикальной плоскости) и профили пространственного типа (в виде пространственных кривых).

Типы профилей наклонно-направленных скважин обычного типа приведены на рисунке 1. Профиль типа А состоит из трех участков: вертикального 1, участка набора угла наклона ствола 2 и прямолинейного наклонного участка 3. Его рекомендуется применять при бурении неглубоких скважин в однопластовых месторождениях, если предполагается большое смещение забоя.

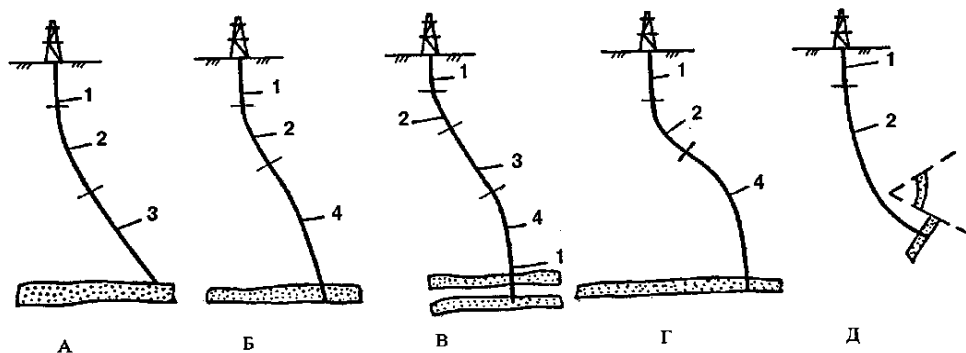


Рис. 1. Типы профилей наклонно-направленных скважин: 1 - наклонный участок; 2 - участок набора угла наклона ствола; 3 - прямолинейный наклонный участок; 4 - участок снижения угла наклона ствол [4]

Профиль типа Б отличается от предыдущего тем, что вместо прямолинейного наклонного участка имеет участок 4 естественного снижения угла наклона. Данный профиль рекомендуется применять при больших глубинах скважин.

Профиль типа В состоит из пяти участков: вертикального 1, участка набора угла наклона ствола 2, прямолинейного наклонного участка 3, участка снижения угла наклона 4 и снова - вертикального 1. Его рекомендуется применять при проводке глубоких скважин, пересекающих несколько продуктивных пластов.

Профиль типа Г отличается от предыдущего тем, что в нем участки 3 и 4 заменены участком самопроизвольного снижения угла наклона 4. Данный профиль рекомендуется применять при бурении глубоких скважин, в которых возможны отклонения в нижней части ствола скважины.

Профиль типа Д состоит из вертикального участка 1 и участка набора угла наклона ствола 2. Для него характерна большая длина второго участка. Профиль рекомендуется при необходимости выдержать заданный угол входа в пласт и вскрыть его на наибольшую мощность.

Как видно из рисунка 1, все типы профилей вначале имеют вертикальный участок. Его глубина должна быть не менее 40...50 м. Окончание вертикального участка приурочивают к устойчивым породам, где можно за один рейс набрать зенитный угол 5...6 градусов. Для отклонения скважины от вертикали применяют специальные отклоняющие приспособления: кривую бурильную трубу, кривой переводник, эксцентричный ниппель и отклонители различных типов.

Проект на каждую наклонно-направленную скважину составляют индивидуально. Расположение глубинной цели (например, коллектора), поверхностный ландшафт, экологические условия, геологические и технические препятствия, характеристика проходимых пород, потенциальные возможности оборудования – все это играет роль при создании проекта на сооружение направленной скважины.

Направленная скважина представляет собой сложное подземное сооружение, включающее вертикальную или наклонную выработку в глубь земной коры, переходящую в горную выработку любой направленности в продуктивной зоне, крепь в виде обсадных колонн и цементных оболочек, фильтр в зоне разрабатываемого нефтяного или газового пласта.

Сконструировать направленную скважину значит выбрать элементы ее конструкции такими, чтобы достичь глубинной цели и при этом обеспечить безаварийную проходку ствола, его крепление обсадными колоннами и тампонажным материалом, надежную гидродинамическую связь с продуктивным горизонтом, длительную безаварийную эксплуатацию.

Проект на сооружение направленной скважины включает все разделы стандартного проекта: геологическое и технико-технологическое обоснование координат места заложения и глубинной цели, конструкцию скважины и фильтра, поверхностное оборудование и бурильный инструмент, режимы бурения различных интервалов, технологию вскрытия продуктивных горизонтов и заканчивания скважины [3, 5]. Одним из самых ответственных этапов при проектировании скважины является правильный расчет и обоснование профиля проектируемой скважины, поэтому анализ способов расчета и построения элементов профиля наклонной скважины является актуальным.

Методика расчёта элементов траектории наклонно-направленных скважин

Профиль направленной скважины должен удовлетворять скоростному и качественному сооружению скважины при обязательном достижении поставленной цели. При этом следует иметь в виду применение трех основных типов профилей, описанных выше:

- тангенциальный, состоящий из трех участков – вертикального, набора зенитного угла и наклонного прямолинейного;
- S-образный, состоящий из пяти участков – вертикального, набора зенитного угла, наклонного прямолинейного, уменьшения зенитного угла и вертикального;

- J-образный, состоящий из двух участков – вертикального и набора зенитного угла.

Любые другие профили скважин являются либо промежуточными, либо комбинацией упомянутых трех типов.

Расчет профиля указанных типов сводится к определению зенитного угла ствола скважины, длин вертикальных и горизонтальных проекций профиля, радиуса кривизны участков набора и уменьшения зенитного угла.

При проектировании любого профиля направленной скважины необходимо располагать следующими исходными данными: глубина проектного забоя; отклонение проектного забоя от вертикали, проходящей через устье скважины; азимут цели по отношению к устью; конструкция скважины с поинтервальным указанием диаметров ствола и глубин спуска обсадных колонн.

Первый (вертикальный) интервал для 1-го и 2-го типов профилей должен быть по возможности коротким, что позволяет свести к минимуму затраты времени на ориентированный спуск бурильной колонны; для 3-го типа профиля длина вертикального участка должна быть максимальной, что позволяет минимизировать длину второго участка и тем самым сократить время работы в скважине с отклоняющимися устройствами.

Наиболее целесообразно начинать искривление скважины (КОР) и заканчивать его в устойчивых сравнительно твердых породах, причем траектория набора и уменьшения кривизны должна соответствовать окружности определенного радиуса. Это позволит свести к минимуму опасность образования желобов и силы трения при спускоподъемных операциях.

Интервалы набора и уменьшения кривизны ствола скважины должны быть по возможности минимальными, чтобы обеспечить минимальные затраты времени на их проходку. С этих позиций радиус искривления ствола должен быть как можно меньше, однако его значение часто ограничено снизу следующими требованиями:

- при спуске и подъеме бурильного инструмента в нем не должны возникать предельные напряжения;
- обсадные колонны должны быть спущены в скважину и зацементированы без осложнений;
- должны быть обеспечены спуск и нормальная работа как в открытом стволе, так и в обсадной колонне глубинных приборов и погружного оборудования [3, 4, 5, 6].

Методика построения профилей наклонных скважин

Приняв во внимание информацию о типе скважины, ее назначении, глубине вертикальной части ствола, горизонтальном расстоянии до цели, специалист по направленному бурению использует программное обеспечение для построения горизонтальных и вертикальных проекций, демонстрируя, как можно пробурить скважину с наименьшими затратами при соблюдении правил безопасности и сохранении окружающей среды. Среди других факторов, которые учитываются при окончательном выборе конфигурации скважины, основными являются: состав проходимых пород; подъемные, вращательные и гидравлические мощности буровой установки; тип бурового раствора и конструкция скважины; размеры ствола; потенциальные возможности оборудования.

На рисунке 2 показан план ствола скважины по 1-му типу. На плане изображены две проекции ствола: вертикальная и горизонтальная. Вертикальную проекцию вычерчивают на плоскости, проходящей через устье и точку, обозначающую

глубинную цель. Отклонение забоя – это горизонтальное расстояние от ротора до глубинной цели. Его вычерчивают в масштабе глубины. На рис. 2 отклонение составляет 900 м, а истинная вертикальная глубина (TVD) – 3000 м; измеренная глубина (MD) – длина ствола скважины – 3100 м. Значение MD всегда больше значения TVD, причем разность между ними зависит от угла наклона, скорости набора кривизны и выполаживания, незапланированных отклонений.

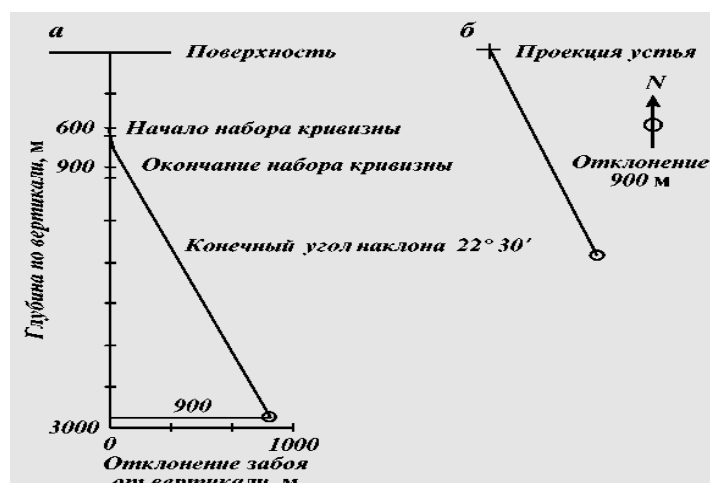


Рис. 2. Плановые проекции наклонно-направленной скважины: а – вертикальная; б – горизонтальная [6]

Вид в плане показывает расположение проекции скважины на горизонтальной плоскости с истинным направлением севера (географического) вверх листа. В прямоугольной системе координат горизонтальное направление ствола скважины указывают числом градусов на восток или запад по отношению к северу или к югу. Рассматриваемая скважина имеет ствол, направленный к юго-востоку под углом $20^{\circ}45'$. Это обозначается следующим образом: $S20^{\circ}45'E$. Направление скважины можно также обозначить азимутом – числом градусов по часовой стрелке от севера (север – 0, юг – 180, восток – 90, запад – 270). Азимут скважины $159^{\circ}15'$. На горизонтальном плане также показывают в масштабе величину отклонения, при этом горизонтальный масштаб может отличаться от вертикального (в данном случае горизонтальный масштаб больше вертикального в 2 раза).

Скважина, изображенная на рисунке 2, бурится вертикально до глубины 600 м, после чего ее забой отклоняют до конечного угла $20^{\circ}45'$ на юго-восток (точка начала отклонения обозначается аббревиатурой КОР – kick-off point). Этот угол отклонения набирают на длине 300 м в интервале 600-900 м и достигают его конечного значения $22^{\circ}30'$ на глубине 900 м. Среднюю скорость набора кривизны можно определить по формуле 10 (конечный угол – начальный угол)/(конечная MD – начальная MD). Для данной скважины $10(22,5-0,0)/(900-600) = 0,8^{\circ}/10$ м.

Дуга окружности, по сравнению с другими формами профиля, позволяет достичь минимального сопротивления участка скважины движению труб при одинаковом изменении ее зенитного угла на данном участке, поэтому целесообразно все искривленные участки профиля направленной скважины проектировать в виде дуги окружности. При этом длину каждого участка профиля, а также вертикальную и горизонтальную проекции, можно подсчитать по формулам, приведенным в таблице 1.

Дополнительные расчеты показывают, что нагрузка при подъеме колонны бурильных труб из скважины в случае бурения по 2-му типу скважин на 35 % выше,

чем при бурении по 3-му типу, и на 20 % выше, чем при бурении по 1-му типу скважин. Применение 1-го и 3-го типов направленных скважин взамен 2-го позволяет на практике: уменьшить суммарный угол охвата и связанные с ним нагрузки на буровое оборудование; минимизировать длину участка начального искривления [6].

Таблица 1
Формулы для расчета проекций и длин участков профиля скважины [5]

Вид участка профиля	Проекция участка		Длина участка
	горизонтальная	вертикальная	
Вертикальный	0	H_B	H_B
Начального искривления	$R(1 - \cos Z)$	$R \sin Z$	$ZR/57,296$
Увеличения зенитного угла	$R(\cos Z_2 - \cos Z_1)$	$R(\sin Z_2 - \sin Z_1)$	$(Z_2 - Z_1)R/57,296$
Уменьшения зенитного угла	$R(\cos Z_1 - \cos Z_2)$	$R(\sin Z_1 - \sin Z_2)$	$(Z_1 - Z_2)R/57,296$
Тангенциальный длиной L	$L \sin Z_L$	$L \cos Z_L$	L

Примечание. Обозначения: Z, Z_1, Z_2 – зенитные углы соответственно в конце участка начального искривления, в начале и конце искривленного участка; Z_L – зенитный угол тангенциального участка; R – радиус кривизны участка профиля.

В рамках работы были проанализированы основные типы профилей наклонно-направленных скважин и методические основы их проектирования. Показано, что для успешной проводки трассы скважины требуется сочетание графических и аналитических методов. Необходимо также учитывать опыт строительства скважин в данных горно-геологических условиях, что позволит существенно снизить себестоимость бурения.

Литература

1. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Бурение нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра 2000. – 448 с.
2. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М., Технология бурения нефтяных и газовых скважин., 2001 г.
3. Григорян Н.А. Бурение наклонных скважин уменьшенных и малых диаметров. - М.: Недра, 1974.- 240 с.
4. Калинин А.Г. Профили направленных скважин и компоновки низа бурильных колонн. – М.: Недра, 1995. – 305 с.
5. Калинин А.Г. Бурение наклонных и горизонтальных скважин. – М.: Недра, 1997. – 648 с.
6. Инструкция по бурению наклонно направленных скважин. - ВНИИБТ.М.: 1966.- 115с.

АНАЛИЗ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН «ИЗОЛЛАТ»

И.А. Рудов

Научный руководитель профессор Ю.Л. Боярко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В научной работе рассмотрен новый реагент для повышения адгезии на границе «цементный камень – обсадная труба» - «Изоллат». Изучены результаты его исследований, по которым был проведен анализ достоинств и недостатков данного реагента и перспективы его применения в цементировании скважин.

Abstract. The scientific work reviewed by a new agent to improve adhesion at the «cement stone – casing» - «Isollat». Examine the results of his research of which were analyzed the advantages and disadvantages of this reagent and the prospects for its use in well cementing .

Одно из главных звеньев эффективного заканчивания скважины – повышение качества крепления скважины. Раньше для повышения качества контакта «обсадная колонна – цементный камень» на практике применяли смолоспесчаное покрытие, которое наносилось на трубы [1]. В этом случае увеличение сцепления достигалось за счет повышения шероховатости поверхности труб. Однако из-за высокой хрупкости этого смолоспесчаного покрытия, способность к растрескиванию также повышена. При хранении, транспортировке обсадных труб, спуске их в скважину и перфорации прострелочно-взрывными методами в самом покрытии образуются трещины. В связи с этим снижается качество изоляции, что в свою очередь может привести к заколонному перетоку флюидов.

Переток пластового флюида в заколонном пространстве – основная причина ускоренного обводнения продукции нефтяных скважин[4]. Водоизоляционные работы крайне продолжительны, дорогостоящи и трудоемки. При этом успешность данных работ зависит от уровня защищенности металлических обсадных труб от агрессивной среды, а также от начального состояния цементной крепи. Исходя из этого, можно сделать вывод, что большое значение приобретают технико-технологические приемы по предупреждению водоперетоков на стадии крепления и цементирования скважины (на этапах заканчивания скважины).

Рассмотрим, каким образом можно повысить качество крепления скважины за счет покрытия, используемого на обсадных трубах, и какими необходимыми свойствами это покрытие должно обладать.

При проведении операций по опрессовке, ожиданию затвердевания цемента, цементированию и перфорации обсадная колонна растягивается и сжимается. Поэтому необходимо, чтобы используемое покрытие было способно упруго деформироваться в диапазоне деформации эксплуатационной колонны.

Довольно часто в скважины закачивается перфорационная жидкость, имеющая температуру окружающей среды. Из-за этого происходит охлаждение призабойной зоны пласта (ПЗП). Это приводит к выпадению асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), а также к снижению проницаемости коллектора в околоскважинной зоне. На основе этого, можно сделать вывод, что покрытие должно обладать теплозащитными свойствами. Теплозащитные свойства покрытия позволят уменьшить отрицательные последствия выпадения асфальтосмолопарафиновых отложений.

За последние годы было разработано большое количество различных покрытий. Наиболее перспективными в плане теплоизоляционных свойств оказались силикатные, керамические и стеклянные микросферы, заполненные воздухом. В тот же период

времени в России был произведен материал «Изоллат», представляющий из себя густую вязкую жидкость (водная эмульсия полимерных смол с микросферами). Одно из преимуществ данного материала заключается в том, что он удобно наносится на поверхность любой формы. Микросферы вследствие их особого расположения после высыхания полимерной композиции рассеивают, отражают и преломляют лучистое тепло [2]. С введением покрытия «Изоллат» в эксплуатацию были предложены некоторые технологические изменения в процессе крепления нефтяных скважин [3].

Рассмотрим процесс обычного прямого цементирования (рис.1). В скважину спускается двухсекционная обсадная колонна. Нижняя секция (напротив продуктивного пласта) снаружи и внутри покрыта слоем «Изоллат». Цементный раствор также закачивается двумя пачками. При этом во вторую пачку вводится расширяющаяся добавка. Помимо этого, перед продавочной пробкой закачивается гидрофобная смазочная жидкость [6].

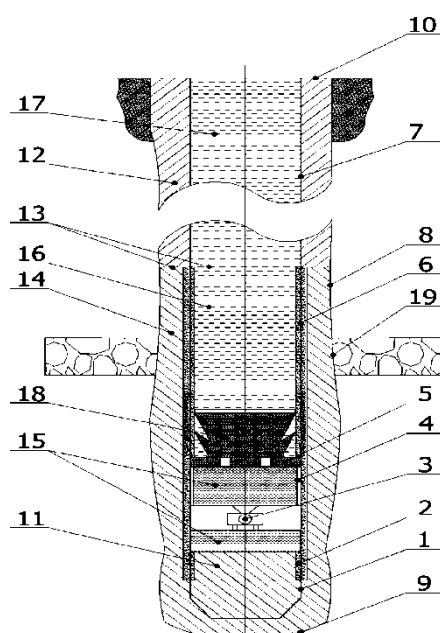


Рис. 1. Процесс цементирования: 1 – башмак, 2 – заливочный патрубок, 3 – обратный клапан, 4 – промежуточный патрубок, 5 – кольцо «стоп», 6 – первая секция обсадной колонны, покрытая внутри и снаружи материалом «Изоллат», 7 – последующие секции не покрытой обсадной колонны; 8 – ствол скважины, 9 – забой скважины, 10 – устья скважины, 11 – цементный стакан, 12 – первая пачка обычного цементного раствора, 13 – уровень между границами облагороженной и обычной перфорационной жидкости в скважине, двух пачек цементного раствора в заколонном пространстве и на границе раздела двух секций эксплуатационной колонны, 14 – вторая пачка цементного раствора расширяющей добавкой, 15 – гидрофобная смазочная жидкость, 16 – первая порция обычной перфорационной (или продавочной жидкости (тех. вода, водный раствор полимеров, солевой раствор, углеводородная жидкость и пр.), 17 – цементная пробка, 18 – разделительная (продавочная) цементная пробка, 19 – продуктивный пласт (призабойная зона пласта – ПЗП)

Новизна данного способа заключается в следующем: покрытие «Изоллат» предварительно наносят на нижнюю часть эксплуатационной колонны. Следует отметить, что данное покрытие помимо теплоизоляционных свойств также обладает звукоизоляционными и, главное, антикоррозионными свойствами. Антикоррозионная

защита данного материала заключается в способности блокировать доступ растворов минеральных солей, щелочей и кислот к покрытой поверхности.

Однако во время исследований было выявлено, что исследуемое покрытие обладает одним важным недостатком: водопоглощение покрытия в течение суток составляет 0,4%. Было установлено, что изоляционное покрытие способно эффективно выполнять антикоррозионные функции только на протяжении относительно короткого промежутка времени. В дальнейшем защитные свойства покрытия существенно ослабляются в результате пропитки агрессивной средой, начинается коррозия защищаемого материала. Необходимо учитывать, что от момента цементирования до перфорации на практике кустового разбуривания месторождений необходимо несколько месяцев, следовательно, покрытие в трубном пространстве в течение этого времени, пропитается агрессивной средой [6].

Для решения данной проблемы было предложено при цементировании закачивать смазочную гидрофобную жидкость перед разделительной пробкой. Благодаря этому, мы получаем двойной барьер для агрессивной среды, состоящий из покрытия «Изоллат» и нанесенного на него гидрофобного слоя. Свойства гидрофобной жидкости позволяют снизить пропускную способность водных (гидрофильных) растворов солей и кислот через пористое покрытие «Изоллат».

Так как ранее «Изоллат» не применялся для защиты обсадных труб от коррозии, то теперь обоснуем толщину покрытия, используемого на наружной поверхности труб. При проведении процесса спуска обсадных колонн в скважину используют специальные инструменты – элеваторы. Разница между внутренним диаметром элеватора для захвата труб и наружным диаметром трубы лежит в пределах от 4 до 7 мм. В частности для эксплуатационной колонны диаметра от 0,146 до 0,219 мм, эта разница равна 4 мм [5]. Поэтому толщина покрытия «Изоллат» не должна быть более 2 мм для того, чтобы элеватор закрылся.

После проведения исследований, направленных на изучение влияния толщины слоя «Изоллат» на величину сцепления данного покрытия с цементным камнем, установили, что при толщине слоя 0,5 мм и менее напряжение сдвига составляет менее 50% от напряжения сдвига цементного камня, непосредственно контактирующего с металлом [6]. Далее было установлено, что при увеличении толщины слоя сцепление покрытия с цементным камнем возрастает. Основываясь на этих данных, можно сделать вывод, что на наружной поверхности труб целесообразно использовать покрытие, имеющее толщину 0,5мм и более.

В ходе дальнейших лабораторных испытаний было смоделировано два процесса: цементирование с использованием раствора без расширяющих добавок и цементирование с использованием раствора, содержащего расширяющие добавки. При исследовании результатов моделирования первого процесса было установлено, что качество сцепления покрытия на колонне с цементным камнем незначительно отличается от качества сцепления при наличии непосредственного контакта между колонной и цементным камнем. Однако, необходимость использования покрытия «Изоллат» была научно обоснована. Несмотря на то, что покрытие не дает значительного увеличения качества сцепления, оно выполняет ряд других важных задач, таких как, защита от коррозии, тепло- и звукоизоляция.

По результатам моделирования второго процесса цементирования (с использованием раствора, содержащего расширяющие добавки) было установлено, что степень сцепления покрытия на колонне с цементным камнем значительно увеличивается, что, в свою очередь, повышает герметичность заколонной крепи.

Если же сравнивать «Изоллат» с используемым ранее смолоспесчаным покрытием на трубах [1], то следует отметить, что «Изоллат» не только увеличивает шероховатость поверхности, но и, имеет ряд других положительных качеств, несвойственных смолоспесчаному покрытию (не растрескивается, пластичное и т.д.).

Следует более подробно остановиться на описании свойств покрытия «Изоллат». В зависимости от марки плотность жидкого материала «Изоллат» изменяется в интервале 500 - 750 кг/м³. После высыхания плотность покрытия варьируется в интервале 300 - 410 кг/м³. Один слой высыхает за 24 ч с периодом полимеризации 12 ч при комнатной температуре. Покрытие следует наносить на поверхность, обладающую температурой от +7 до +120 °С. Готовое покрытие следует эксплуатировать при температуре от -45 до +150°С (кратковременно до +200 °С). Материал «Изоллат» необходимо перевозить в транспортных средствах при температуре не ниже +4°С и не выше +45 °С. Хранение должно происходить в герметичной металлической или пластмассовой таре. Материал «Изоллат» считается малотоксичным и относится к 4 группе опасности (ГОСТ 12.1.007). Не выделяет вредных химических веществ после высыхания [6].

Материал «Изоллат» следует наносить на обсадную колонну при помощи кисти (валика или краскораспылителя), как при использовании обычных красок. Слой сохнет на протяжении 24 часов, после чего наносится следующий. Эту операцию можно произвести непосредственно на буровой в летний период. Но поскольку материал «Изоллат» следует наносить на поверхность с определенной положительной температурой, то целесообразнее проводить работы по покраске заблаговременно в условиях завода-изготовителя или на крытой трубно-металлической базе, принадлежащей буровому предприятию. Также подобное решение может быть обусловлено тем, что для покрытия нескольких слоев с учетом просушки каждого слоя потребуется большое количество времени.

Исходя из лабораторных исследований и полевых испытаний, можно сделать вывод, что использование покрытия «Изоллат» способно обеспечить:

- длительную, безводную эксплуатацию скважины;
- уменьшение количества капитальных ремонтов скважин, нацеленных на изоляцию водопритоков, возникших по причине негерметичности заколонного пространства;
- увеличение эффективности обработки призабойной зоны;
- предотвращение выпадения асфальтосмолопарафиновых отложений в призабойной зоне пласта, что также позволит удлинить период эксплуатации скважины без ремонта.

Литература

1. Ашрафьян М.О. Технология разобщения пластов в осложненных условиях. М.: Недра, 1989. С. 14 - 23.
2. Беляев В.С. Надежное покрытие?.. конечно, «Изоллат»! // Новый уральский строитель (Екатеринбург). 2005. №2 (47). С. 50.
3. Патент РФ №2304697, Кл. Е 21В 33/13, заявка 2005138825/03 от 02.12.2005 г. Способ заканчивания скважины / Н.А. Петров, В.С. Золотоевский, М.Л. Ветланд и др.//Опублик. 20.08.2007. Бюл. № 23.
4. Калинин А.Г. Левицкий А.З. Технология бурения разведочных скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые: учебник для вузов. М.: Недра, 1988. С. 211 - 215.
5. Справочник бурового мастера /под ред. А.И. Тер-Григорян; Изд. второе, испр. и доп. Баку: Азербайджанское гос. изд-во нефт. и науч.-техн. лит., 1960. С.322 - 323.
6. Петров Н.А. Новое покрытие с полифункциональными свойствами для обсадных колонн [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ogbus.ru/authors/PetrovNA/PetrovNA_18.pdf

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ РАСШИРЕНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ. РАЗРАБОТКА ТАМПОНАЖНЫХ СОСТАВОВ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ РАСШИРЕНИЯ

И.А. Рудов

Научный руководитель профессор Ю.Л. Боярко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Работа посвящена изучению расширяющих свойств цементного камня. Изучены результаты исследований тампонажных материалов, обладающих расширяющими свойствами. Рассмотрены рецептуры, предлагаемые различными производителями и обладающие различной кинематикой действия. Сформулирован перечень требований к расширяющимся тампонажным материалам.

Abstract. The work is devoted to studying the properties of expanding cement stone. We examine the results of research of grouting materials with expandable properties. We consider the formulation offered by different manufacturers and having different kinematics action. Formulated a list of requirements to grouting materials with expandable properties.

Одной из самых важных задач при строительстве скважины, от решения которой зависит вся дальнейшая ее эксплуатация, является надежное разделение продуктивных и водоносных горизонтов. Технология цементирования обсадных колонн с применением расширяющихся тампонажных материалов (РТМ) предназначена для предупреждения возникновения межпластовых перетоков и заколонных газопроявлений при заканчивании, освоении и эксплуатации нефтегазовых скважин на месторождениях с горно-геологическими условиями, где применение стандартных материалов и технологических приемов цементирования не обеспечивает надежную изоляцию нефтяных, газовых и водоносных пластов. Согласно статистике, в последние годы нефтяные компании стали часто прибегать к использованию расширяющихся тампонажных материалов для увеличения надежности крепления нефтяных и газовых скважин. Идея использования РТМ зародилась и начала активно разрабатываться еще с 70-х годов прошлого века. Первооткрывателями в получении данных материалов были строители, которые опередили нефтяников на двадцать лет. Они разработали большое количество рецептов расширяющихся и напрягающихся цементов. Но в тот период времени РТМ не получили широкого распространения [1,2].

Технология получения любого расширяющегося материала достаточно проста. Внутри образующейся структуры цементного камня образуется соединение, имеющее объем больше первоначального. В результате увеличения объема расширяющей добавки происходит раздвижка кристаллов твердеющего цемента, выражающаяся в увеличении его объема [7].

Необходимо учитывать, что одним из главных факторов является согласования кинетики гидратации расширяющей добавки и кинетики гидратации базового цемента.

Можно найти источники, в которых отображены сведения о получении РТМ с различными значениями величин расширения, например, цемента с расширением 15%. Также можно встретить большое количество публикаций с описанием цементов с расширением 7–8%. Однако эти публикации, как правило, не содержат данных о методике проведения исследования и кинетике расширения. В общем случае между пределами прочности цементного камня при сжатии, изгибе и растяжении можно ввести следующее соотношение: 100:10:1. Исходя из этого, можно сделать вывод, что

цементный камень приблизительно в сто раз лучше сопротивляется сжимающим напряжениям по сравнению с растягивающими [7].

Следует отметить, что вероятность разрушения цементного камня находится в прямопропорциональной зависимости от величины расширения (в условиях свободного расширения). Таким образом, необходимо, чтобы расширение, создавая небольшое внутреннее напряжение, неспособное разрушить цементный камень, обеспечивало плотный контакт. Также необходимо чтобы микротрещины, образовавшиеся в камне, могли быть залечены во время продолжающейся гидратации цемента.

Исходя из исследований, был сделан вывод о том, что расширение 1,5–2,5% является наиболее оптимальным для расширяющихся тампонажных цементов. Однако в последнее время появилась необходимость в разработке тампонажных составов с высокой степенью расширения, способных при этом создавать небольшие внутренние напряжения, неспособные разрушить цементный камень.

В СПГИ (ТУ) разрабатываются составы, обладающие большим объёмным расширением на основе обычных портландцементов с расширяющимися полимерными добавками (РПД) [4].

Основным недостатком РПД является его высокая интенсивность расширения в пресной воде, а значит главная цель – найти эффективный способ регулирования скорости увеличения объема [3]. Технологическое регулирование скоростей увеличения объема напрямую связано со способностью регулировать интенсивность расширения системы под действием сил, инициирующих эти процессы [6]. Таким образом, получение раствора с высокой концентрацией РПД невозможно без использования специальных добавок, способных регулировать интенсивность расширения в пресной воде. В качестве добавок было предложено использовать различные гидрофобизирующие жидкости (ГФЖ). В результате экспериментальных исследований было установлено, что наибольшей эффективностью при решении поставленной задачи обладает ГФЖ на основе метилсиликонатов натрия.

Интенсивность расширения РПД в гидрофобизирующей жидкости изучалась путём визуального наблюдения и замеров текущих линейных размеров частиц под микроскопом. Результаты экспериментов представлены на рис. 1.

Из рисунка 1 видно, что при концентрации ГФЖ в пределах 16–20 % скорость расширения полимерцементной смеси можно целенаправленно регулировать, в широком диапазоне, применительно к технологическому регламенту цементирования конкретной обсадной колонны.

Так при увеличении концентрации ГФЖ в жидкости затворения интенсивность расширения частицы РПД заметно снижается и возникает возможность прокачивания тампонажной смеси по колонне обсадных труб до необходимой глубины.

Тампонажная система «Цементный раствор-РПД-ГФЖ» характеризуется определённым внутренним давлением водопоглощения. Чем большее давление при равной концентрации развивает рассматриваемая водополимерная система, тем активнее полимер способен поглощать воду.

Главный фактор, определяющий эффективность смеси - увеличение её объёма, происходящее во время процесса твердения. Увеличение объёма тампонажной смеси на основе портландцемента с добавлением РПД замерялось при помощи введения в готовую тампонажную смесь (при затворении которой использовалась вода с 20% ГФЖ) 0,5%-2,5% расширяющихся полимерных добавок. После чего, полученную смесь помещали в специальный прибор, измеряющий увеличение объема. Списание показаний происходило через определенные временные промежутки (рис.2).

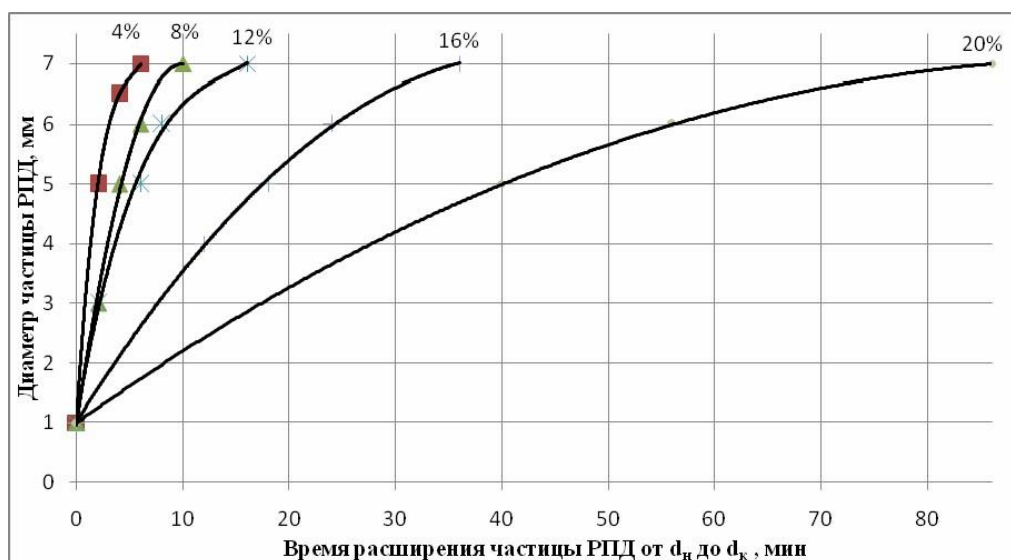


Рис. 1. Динамика изменения линейного размера частицы РПД во времени при различных концентрациях ГФЖ в жидкости затвердения [6]

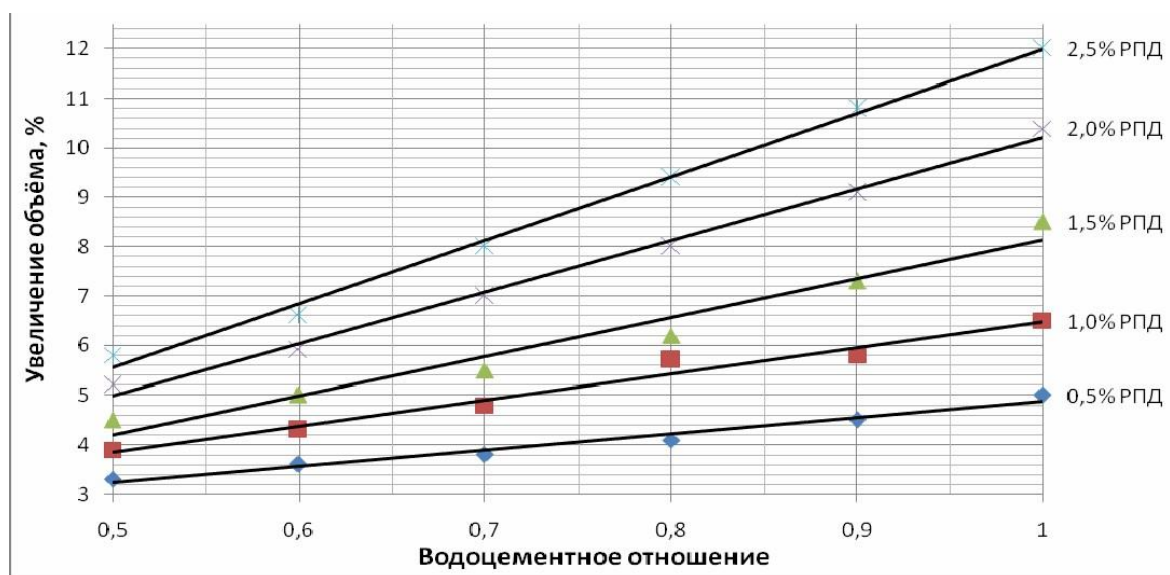


Рис. 2. Увеличение объёма тампонажной смеси на основе портландцемента с добавлением РПД [6]

Из графиков, изображенных на рисунке 2 можно отметить, что увеличение объёма смеси на основе портландцемента с добавлением РПД способно достигать 12%. Полученная смесь способна изолировать поглощающий пласт в процессе тампонирования.

Для определения влияния РПД на прочностные характеристики цементного камня исследовалась тампонажная смесь с содержанием РПД 0% – 2,5% при различном водоцементном отношении. На рисунке 3 и 4 представлена динамика изменения прочностных характеристик тампонажной смеси через 7 суток после затвердения.

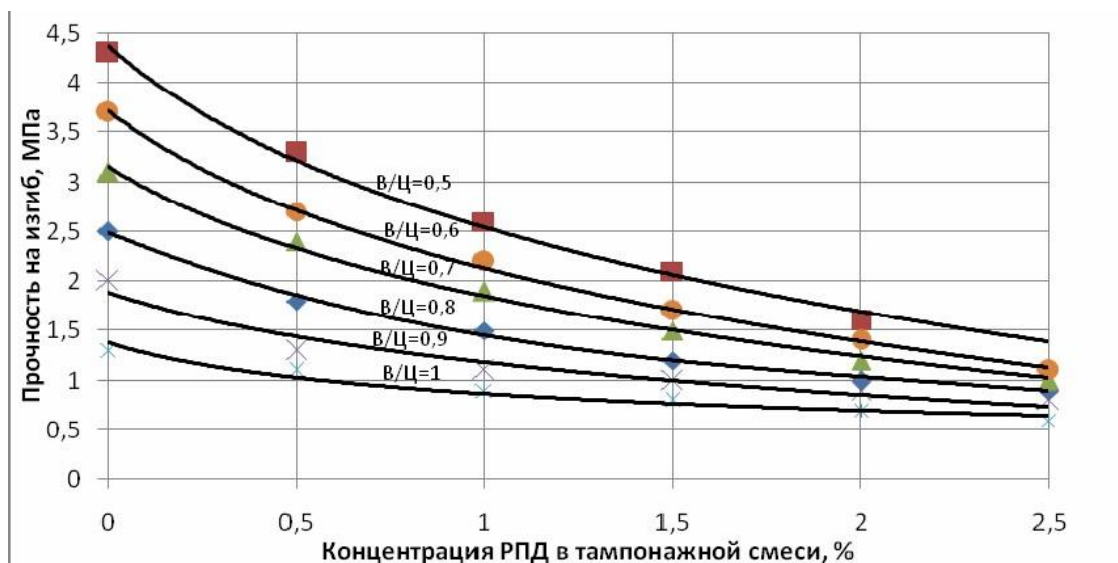


Рис. 3. Прочность тампонажной смеси на изгиб через 7 суток [6]

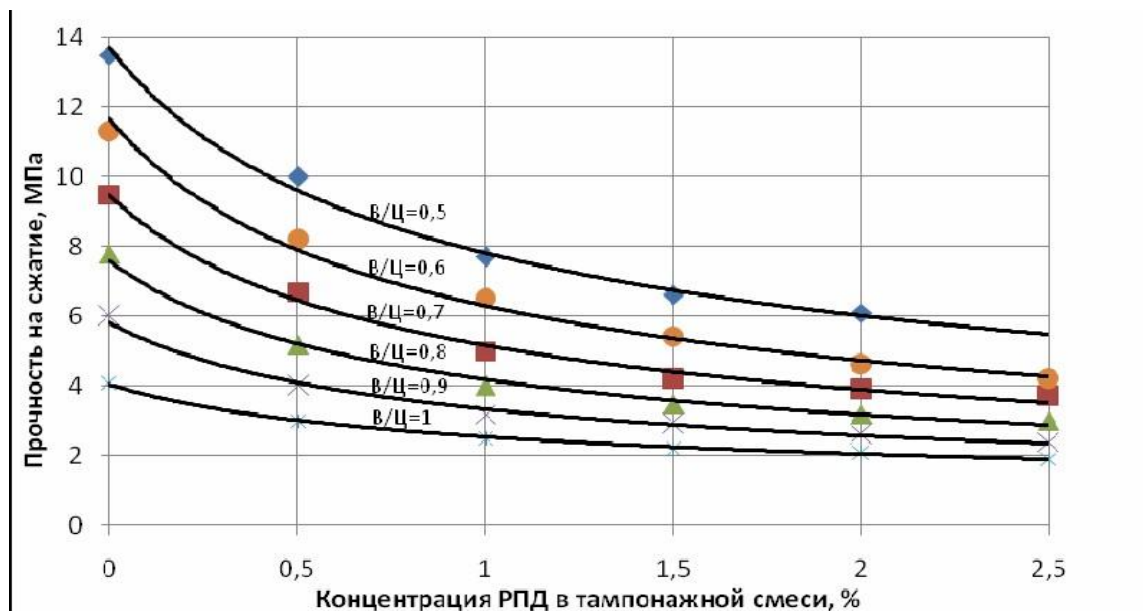


Рис. 4. Прочность тампонажной смеси на сжатие через 7 суток [6]

Из графиков, представленных на рисунках 3 и 4 видно, что при увеличении содержания расширяющихся полимерных добавок в составе тампонажной смеси её прочность уменьшается, но при этом она остаётся достаточной для образования цементного камня и тампонирующей зоны поглощения.

Полученные тампонажные смеси обладают значительным коэффициентом расширения, сохраняя при этом приемлемые физико-механические свойства. Таким образом, эти составы можно рекомендовать к промышленным испытаниям на действующих скважинах.

Один из лидеров на рынке по производству тампонажных растворов с высокой степенью расширения является ГК «СКС». Они используют индивидуальный подход при работе с заказчиками. Состав тампонажного материала подбирается специалистами ГК «СКС» в зависимости от конкретных горно-геологических условий и технологических особенностей строительства скважины. После чего рецептура

тампонажного материала передается на завод ГК "СКС", где РТМ изготавливается в требуемом количестве и доставляется заказчику. Кроме правильного выбора РТМ большое влияние на качество крепления скважины оказывает проведение процесса цементирования. С помощью передового программного обеспечения специалисты ГК "СКС" моделируют гидравлический процесс и рассчитывают наиболее оптимальные параметры процесса цементирования, а также оказывают научно-технологическую помощь при проведении работ непосредственно на скважине.

В зависимости от конкретных горно-геологических условий и технологических особенностей бурения скважины ГК «СКС» предлагает ряд рецептур расширяющихся тампонажных материалов. РТМ, разработанные ГК «СКС», обеспечивают расширение тампонажного раствора до 15 %. Предприятия ГК «СКС» одни из немногих, кто выпускает и поставляет РТМ с расширением более 5,0 %.

Согласно статистике, применение РТМ производства ГК «СКС» с расширением 8-15 % при цементировании в 2–3 раза повышает прочность контакта цементного камня с обсадной колонной и стенками скважины, при этом повышается прочность и снижается газопроницаемость цементного камня. Динамика расширения РТМ подбирается таким образом, чтобы при сохранении максимальной эффективности соблюдалось условие сохранения целостности и прочности цементного камня в течение периода эксплуатации скважины. Реологические свойства тампонажного раствора регулируются путем модификации сухого материала РТМ при его изготовлении.

Как показывает многолетняя практика компании, а также многочисленные исследования результатов применения различных способов цементирования эксплуатационных обсадных колонн, применение РТМ с высоким коэффициентом расширения позволяет достичь следующих целей:

- Улучшение показателей сцепления цементного камня с породой и колонной (по данным акустической цементометрии) за счет увеличения площади контакта цемента с колонной и породой.
- Предупреждение возникновения заколонной циркуляции за счет кратного уплотнения контакта цемента с колонной и породой. Указанный эффект особенно отчетливо проявляется в случае возникновения значительной гидродинамической нагрузки на цементную перемычку: перепады давлений между пластами, депрессия при вызове притока, гидроразрыв и т.п.
- Предупреждение заколонной циркуляции газа. Эффект может быть многократно усилен путем модификации РТМ газоблокирующим реагентом, который вводится в материал при изготовлении.
- Увеличение сроков эксплуатации скважины за счет создания надежной герметичной цементной перемычки между разобщаемыми интервалами.
- Снижение затрат на ремонт скважин за счет увеличения межремонтных периодов.

Литература

1. Данюшевский В.С., Алиев Р.М., Толстых И.Ф.. Справочное руководство по тампонажным материалам. – 2-е изд. – М.: Недра, 1987.
2. Каримов Н.Х., Данюшевский В.С., Рахимбаев Ш.М. Разработка рецептур и применение расширяющихся тампонажных цементов: Обзорная информация. – М.: ВНИИОЭНГ, 1980. – 50 с.
3. Николаев Н.И., Иванов А.И. Результаты аналитических и экспериментальных исследований закупоривающей способности полимерглинистых тампонажных составов при бурении нефтяных и газовых скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2009. - №5. – С. 8-11.
4. Николаев Н.И., Мелехин А.А., Сторчак А.В. Предварительные результаты исследований по созданию расширяющихся тампонажных составов для цементирования обсадных колонн в условиях

- поглощения цементного раствора // Инженер-нефтяник. Москва: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2010. - №4. – С.38-40.
5. Николаев Н.И., Николаева Т.Н., Иванов А.И. Технология ликвидации поглощений бурового раствора при строительстве нефтяных и газовых скважин // Инженер-нефтяник. М.: ООО «Ай Ди Эс Дриллинг», 2009.-№1. – С. 5-8.
 6. Николаев Н. И., Мелехин А. А. / Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-геологічна». Вип. 14(181). 2011 р. С. 218–221
 7. http://www.neftegas.info/upload/iblock/d6f/16_17.pdf

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД В СТЕНКАХ СКВАЖИНЫ

М.А. Сенченко

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты исследований по повышению устойчивости стенок скважины в процессе бурения. Показано, что это актуальная проблема, имеющая длительную историю и серьезное значение для буровой отрасли, поскольку невнимательное отношение к ней чревато серьезными авариями. Приведен перечень методов и технологических схем, позволяющих повысить контроль над устойчивостью стенок скважины в процессе бурения.

Abstract. The paper presents the results of research to improve the stability of the walls of the well during drilling. It is shown that this is an urgent problem that has a long history and great importance for the drilling industry as inattention to it is fraught with serious accidents. The list of methods and technological schemes that improve control over the resistance of the walls of the well during drilling.

Решение проблем по обеспечению устойчивости горных пород при бурении скважин ведутся на протяжении долгого времени. Уже в 1934 году Ф. Ф. Лаптев и Б. С. Шаров [6] на основе проведенных исследований делают заключение, что разрушение глинистых пород в стенках скважины происходит в результате капиллярного всасывания воды и неравномерного набухания глин, а это приводит к возникновению внутренних напряжений между набухшей и сухой породой.

А. А. Линеvский считал, что обвалы пород вызvваются проявлениями горного давления. По его мнению, тектоническая нарушенность способствует обвалам, но имеет второстепенное значение. Проявления горного давления в форме обвалов наблюдается при снижении удельного веса или уровня раствора в скважине.

Опытным путем было выявлено, что с увеличением давления скорость фильтрации по всему сечению опытных образцов набухающих глин уменьшалась [8]. Было выдвинуто предложение, что в соответствии с результатами исследований Р.И. Щищенко и А.М. Аванесова, этот факт можно объяснить сжимаемостью глинистой корки под действием давления. Следовательно, повышение устойчивости набухающих глин с увеличением гидравлического давления происходит не только вследствие противодействия напряжениям в стенках скважины, но и в результате замедления процессов физико-химического взаимодействия породы с буровым раствором. Повышение температуры интенсифицирует процесс, усиливает воздействие водных растворов на глинистые породы и увеличивает скорость их обвалообразования [7].

Л. К. Мухин, отмечает, что породы, слагающие стенки скважин, в процессе их вскрытия испытывают высокие напряжения в результате проявления горного давления и изменяют свои свойства под действием буровых растворов. Обработка буровых растворов на водной основе защитными коллоидами и электролитами, активно

взаимодействующими с глинистыми породами, позволяет несколько уменьшить интенсивность осложнений, но не предотвратить их.

В.Д. Городнов, исследуя физико-химические методы предупреждения осложнений в бурении, в качестве основной причины неустойчивого поведения глинистых пород в стенках скважины выделяет набухание. По его мнению, устойчивость малоувлажненных глинистых пород обеспечивается при использовании газообразных агентов и специальных промывочных жидкостей: растворов на нефтяной основе и инертных эмульсий. Среднеувлажненные глинистые породы целесообразно разбуривать с применением растворов, обладающих крепящим действием (гипсовые, хлоркальциевые, малосиликатные и др.) и имеющих минимальную водоотдачу. В сильно-увлажненных глинах наиболее рационально применять утяжеленные растворы с низкой водоотдачей, содержащих в фильтрате химические вещества, способствующие увеличению предельного напряжения сдвига, уменьшению структурно-адсорбционных деформаций.

Но использование тяжелых растворов приводит к увеличению гидродинамических нагрузок на стенки скважины, снижая устойчивость слагающих их горных пород, и есть вероятность гидроразрыва пласта. Кроме того, тяжелые растворы ухудшают работу породоразрушающих инструментов и требуют дополнительных затрат времени и материалов на их приготовление и обработку. Борьба с сужением ствола утяжелением раствора невозможно, если в разрезе скважины имеются поглощающие горизонты. Поэтому к утяжелению бурового раствора как методу управления проявлениями горного давления нужно прибегать только в тех случаях, когда исчерпаны другие возможности.

Большой интерес для понимания процессов в скважине, связанных с неустойчивым поведением пород, представляют исследования осмотических явлений в системе «скважина - околоскважинная зона».

Методика определения и прогнозирования проявлений осмоса в скважинах изложена в работе С.М. Гамзатова. Характер действия осмоса на устойчивость пород в стенках скважины зависит от коэффициента минерализации в пристволенной зоне α , представляющий собой отношение минерализации пластовой (поровой) воды C_n к минерализации фильтрата бурового раствора C_p :

$$\alpha = \frac{C_n}{C_p} \quad (1)$$

Из сущности осмотических процессов следует, что при $\alpha = 1$ в пристволенной зоне должно наступить осмотическое равновесие; если $\alpha > 1$, должен происходить переток воды из скважины в породу, а при $\alpha < 1$ в противоположном направлении.

Следовательно, когда $\alpha > 1$, будет происходить дополнительное увлажнение глинистых пород и, как следствие, их разупрочнение. При $\alpha < 1$ возможно при наличии полупроницаемой перегородки обезвоживание и уплотнение пород, что будет способствовать повышению их устойчивости.

При рассмотрении механизма проявления осмоса С. М. Гамзатов в околоскважинной зоне выделяет три слоя:

Первый слой взаимодействует непосредственно со всеми компонентами бурового раствора, находящимися в диссоциированном состоянии в дисперсной среде, а также с частицами дисперсной фазы, имеющими размеры, сопоставимые с размерами поровых каналов. Толщина этого слоя может колебаться от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

Второй слой не вступает во взаимодействие со многими компонентами бурового раствора. Толщина его может достигать нескольких десятков сантиметров. Между

породой и дисперсионной средой бурового раствора в этом слое могут идти диффузионные и осмотические процессы.

В третьем слое порода сохраняет свои естественные свойства в течение всего периода бурения. Она не вступает ни в какое взаимодействие с буровым раствором [1].

В связи с изложенным ценными являются способы, позволяющие осуществлять нормальную проводку скважины с применением буровых растворов, плотность которых регламентируется только пластовыми давлениями. При этом в первую очередь должны быть использованы физико-химические факторы воздействия на породу и развитие предельной области, т.е. выбран определенный тип бурового раствора с минимальным разупрочняющим действием, позволяющий сформировать около скважины защитную оболочку (зону динамического равновесия).

Одним из перспективных направлений поддержания устойчивости пород в стенках скважины является управляемое кольматирование. Были проведены исследования по определению возможностей и перспективы применения этого метода с учетом напряженно-деформированного состояния горных пород, их прочностных и фильтрационных характеристик [3].

В результате управляемого кольматирования создается слой в горной породе, обладающий пониженными фильтрационными и повышенными прочностными свойствами. Такой «экран» позволяет ограничить число факторов, влияющих на снижение устойчивости ствола скважины, в частности, в какой-то степени исключить физико-химическое взаимодействие горных пород с буровыми растворами. Одним из способов формирования экранизирующего слоя является способ целенаправленного воздействия струи бурового раствора на стенку скважины [3].

Создание защитного слоя (экрана) достигается применением целенаправленной управляемой струйной обработки стенок скважин, в результате которой происходит кольматирование горных пород. «Упрочнение» пород происходит вследствие закупоривания фильтрационных путей (трещин) и пор частицами твердой фазы бурового раствора [5].

По вопросу обработки (кольматации) стенок скважины были проанализированы известные технические решения, у которых было выявлено ряд недостатков, таких как неравномерная обработка стенки скважины, ведущая к появлению участков повышенной проницаемости и снижению изолирующих свойств кольматированного слоя горной породы.

При воздействии на стенку скважины сближающимися струями было предложено использовать струи разной интенсивности - разной скорости истечения из насадок (рисунок 1) и направлять их таким образом, чтобы точки пересечения осей струй со стенкой располагались одна за другой в порядке убывания интенсивности по следу струи наибольшей интенсивности. Были рассмотрены два варианта. В первом варианте, по крайней мере, две точки, расположенные по следу струи наибольшей интенсивности, смещают в разные стороны от оси этого следа. В другом варианте используют две струи максимальной интенсивности и направляют их таким образом, чтобы точка пересечения одной из струй со стенкой была смещена относительно оси следа другой [2].

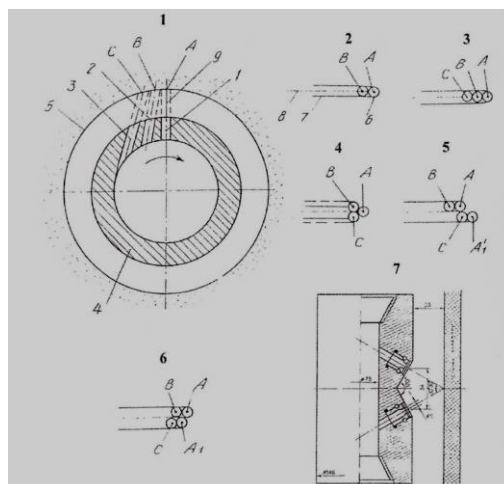


Рис. 1. Схема управляемого кольматирования стенок скважины: 1 - кольматор, поперечный разрез; 2-4 - линейное размещение точек пересечения осей струй с поверхностью стенки скважины; 5 и 6 - схема размещения точек при использовании двух струй максимальной интенсивности

Такие новые технологические приемы в каждой обрабатываемой точке поверхности скважины обеспечивают плавное падение давления, а не его скачок. Реакция стенки снижается. Стенка деформируется, в основном, в сторону ее механического уплотнения. Предотвращается откол породы и увеличивается время действия струй, т.е. время насыщения стенки глинистыми частицами, и улучшаются, таким образом, условия для этого процесса. Этому же способствует и снижение реакции стенки, предотвращение откола частиц породы. Расширяется зона воздействия струй на стенку. Что еще больше повышает равномерность ее обработки, следовательно, и качество этой обработки.

Кольматор представляет собой комплект гидромониторных насадок 1, 2 и 3, установленных, например, в наддолотном переводнике 4 (для упрощения показаны только отверстия насадок). Насадки рассчитаны на различную интенсивность струй. Наибольшая интенсивность - у насадки 1. Это легко может обеспечиваться, например, различной формой или длиной их каналов. Насадки могут располагаться как в одной плоскости, например, в плоскости поперечного сечения кольматора (вид 1), так и быть смещенными по высоте. Насадки устанавливаются таким образом, что оси их сближаются у стенки 5, не пересекаясь. Оси пересекаются со стенкой в точках, размещенных одна за другой по мере убывания интенсивности струй, подаваемых через насадки, за точкой оси насадки наиболее интенсивной струи. Для удобства ориентации осей и оптимизации процесса кольматации насадки могут быть регулируемы по положению их осей. Варианты направлений осей насадок демонстрируют точки А, А₁, В и С пересечения осей со стенкой 5 скважины. А и А₁ — точки осей насадок струй максимальной интенсивности, точки В и С - от осей насадок струй меньшей интенсивности. Каждая точка показана в центре зоны 6 (вид 2) взаимодействия кольматирующих струй, подаваемых через насадки, со стенкой 5 скважины. В этом взаимодействии образуется след 7 с осью 8 от струи 9 максимальной интенсивности.

При лабораторных экспериментах регулировали положение и направление насадок (вид 2, 3). В точку А направляли струю максимальной интенсивности. В точки В и С - струи меньшей интенсивности. В процессе вращения кольматора (по стрелке на рисунке) каждая точка обрабатываемой поверхности (стенки скважины) вначале

попадала под струю 9 (вид 2 с осью в точке А), воспринимала ее механическое ударное действие и отбирала глинистые частицы от струи. После прохода точки А оси этой струи обрабатываемая поверхность попадала под действие струй меньшей интенсивности (точки В и С). Это уменьшало упругую реакцию поверхности (стенки), уменьшало растягивающие напряжения, обусловленные снижением давления после воздействия струи максимальной интенсивности. Она уплотнялась, а прочность кольматированного слоя значительно возрастала. Одновременно увеличивалось время насыщения поверхности глинистыми частицами, что еще больше повышало качество обработки [2]. При дальнейших экспериментах оси насадок разместили таким образом (вид 4), что струи меньшей интенсивности подавали в точки В и С, смещенные относительно оси следа струи 9 максимальной интенсивности. Это расширило полосу взаимодействия струй со стенкой скважины, т.к. эта полоса (показана пунктиром) шире следа струи, проходящей через насадку 1. Эксперименты показали, что если мощность бурового насоса достаточна, возможно использование одновременно двух струй максимальной интенсивности (вид 5, 6 точка А и А₁) в сочетании со следующими за ними струями меньшей интенсивности (точки В и С). При этом интенсивность каждой струи (точки А и А₁) может быть меньше интенсивности аналогичной струи (вид 1, 2), но возрастает равномерность обработки стенки, а в результате и кольматационный эффект [1].

Использование данного способа позволило снизить проницаемость скважин при бурении на нефть и газ, уменьшить поглощение бурового раствора стенками скважины, предотвратить осложнения при бурении и увеличить нефте- и газоотдачу пласта.

На основе полученных зависимостей были выполнены расчеты и построена номограмма, которая позволяет оперативно проектировать технологические параметры струйной обработки для конкретных условий (рисунок 2).

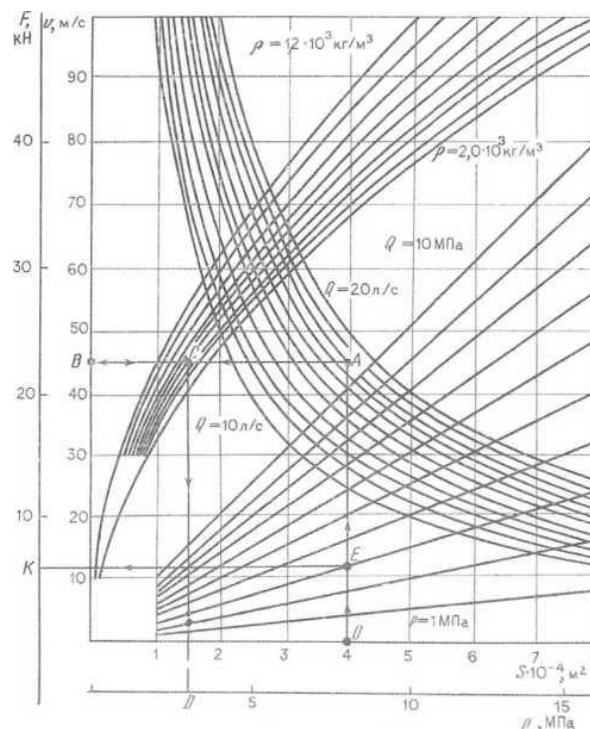


Рис. 2. Номограмма для расчета параметров струи

Реализация технологии по повышению устойчивости горных пород позволяет упростить конструкцию скважины, предотвратить осложнения, связанные с устойчивостью стенок скважины, бурить в режиме равновесия или в депрессионном режиме, повысить скорость проходки и качество вскрытия продуктивных горизонтов.

Значительное преимущество метода струйной обработки - совмещение с основным технологическим процессом бурения, кроме того, он не требует дополнительных затрат времени и средств и легко реализуется на практике [4].

Таким образом, даже далеко неполный перечень выполненных исследований позволяет сделать вывод о том, насколько сложная научно-техническая проблема стоит перед наукой и практикой бурения скважин на нефть и газ в районах, характеризующихся тяжелыми формами проявлений горного давления. Эти работы стали тем фундаментом, благодаря которому имеются более или менее ясные, хотя в большинстве своем качественные, представления о процессах и явлениях, происходящих в околоскважинной зоне при вскрытии горного массива. По крайней мере, понятно, что бороться с неустойчивостью слабых горных пород в стенках скважины необходимо, не только выбирая соответствующие технологические параметры буровых растворов, но и регулируя физико-химические процессы их взаимодействия с породами в призабойной области.

Литература:

1. Гамзатов С.М. Методика определения и прогнозирования осмотических явлений в скважинах//Бурение. – 1973. - №10
2. Киреев А.М. Особенности управления проявлениями горного давления при вызове и интенсификации притоков в сложных горно-геологических условиях//Бюллетень БГА. – 2001. - №1 (5).
3. Киреев А.М. Разработка и исследование технологий и технических средств управления горным давлением при строительстве скважин: Дис. канд. техн. наук; 25.00.15 – Защищена 13.12.2002; Утв. 14.02.2003; 088480 – М.,2003
4. Киреев А.М., Войтенко В.С. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин: Монография. Том 1. – Тюмень: Издательско-полиграфический центр «Экспресс». 2006. – 280с.
5. Кравченко Б.И. Современные методические приемы и технические решения при заканчивании скважин в условиях деформации и кольматации фильтрационных путей/ Б.И. Кравченко, А.М. Киреев//Бюллетень БГА. – Минск. – 2001.№1(5).
6. Лаптев Ф.Ф. Взаимодействие растворов силиката натрия с глинами//Борьба с отвалами при бурении нефтяных скважин. – ОНТИ НКТП СССР, 1973
7. Леонидов В.И. Влияние давления и температуры на взаимодействие промысловых жидкостей с шлинистыми породами//Нефть и газ: Изв. высш. учеб. заведений.-1962.-№5
8. Лопатин В.А. Влияние гидравлического давления на устойчивость глинистых пород при бурении скважин/Нефть и газ: Изв. высш. учеб. заведений. – 1964. №7.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАЗОБЩЕНИЯ ПЛАСТОВ И ИЗОЛЯЦИИ МЕЖПЛАСТОВЫХ ПЕРЕТОКОВ. НЕФТЕНАБУХАЮЩИЕ ПАКЕРА

И.А. Сугаков

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Рассмотрена актуальная проблема ликвидации и изоляции заколонных перетоков. В качестве одного из современных технических решений предложено использование нефтенабухающих пакеров. В работе детально рассмотрена их конструкция и принцип действия, приведен опыт применения в различных условиях бурения. Сделаны выводы о перспективах использования данного технического средства.

Abstract. Actual problems of the liquidation and the insulation casing flows. As one of the modern technical solutions proposed to use oil-swelable packers. The paper discussed in detail their design and function, given the experience of use in various drilling conditions. The conclusions about the prospects for the use of this technology.

Большая часть эксплуатационного фонда нефтяных скважин на месторождениях Западной Сибири, Урало-Поволжья и других регионов России эксплуатируется с обводненностью продукции 80% и выше. Нефтяными компаниями ежегодно затрачиваются значительные материальные и финансовые ресурсы для ее снижения. Одной из причин высокой обводненности продуктивных пластов являются некачественное крепление обсадных колонн в период строительства скважин и недостаточная эффективность технических средств для разобщения пластов и изоляции межпластовых перетоков [1].

В настоящее время за рубежом активно развивается технология разобщения пластов и изоляции межпластовых перетоков и другие виды работ при креплении скважин с применением так называемых набухающих пакеров, в которых уплотнительный элемент выполнен из эластомера, способного увеличиваться в объеме при контакте с определенными жидкостями (водой или нефтью). Существенными достоинствами таких пакеров являются:

- отсутствие в их конструкции подвижных частей, что позволяет обойтись без проведения специальных операций и приглашения квалифицированных специалистов по их установке в скважине или применения специального спускового инструмента;
- способность к самозалечиванию и восстановлению герметизирующих свойств;
- надежная и необратимая изоляция пластов при строительстве скважин.

В 2000 г. технология применения набухающих эластомеров на современном уровне была разработана исследовательским подразделением компании Shell и в дальнейшем, для развития и продвижения этой технологии на мировых рынках, была создана дочерняя компания Swellfix. Одновременно с этим технологию начала развивать норвежская компания Easywell, впоследствии приобретенная американской компанией Halliburton. Затем к развитию технологии подключились американские компании TAM International, Baker Oil Tools и другие [3].



Рис. 1. Устройство пакера Swellpacker® Lite

Пакер разбухающего типа Swellpacker® Lite представляет собой короткую (длиной до 1 м / 3,28 фута) втулку. Его устанавливают путем надевания со стороны ниппельного конца на НКТ или фильтровую трубу, которые выполняют роль ствола пакера. На обоих концах имеются замыкающие кольца для защиты и направления пакера при спуско-подъемных операциях. Уплотнительный элемент пакера Swellpacker® Lite разбухает при контакте с углеводородами и по всей своей длине герметизирует кольцевое пространство между стволом пакера и стенкой скважины или обсадной колонны. Может быть также предусмотрена специальная система замедления, позволяющая адаптировать скорость разбухания к условиям заказчика (Swellpacker® Lite OBM) [2].

На первом этапе были разработаны эластомеры с различной степенью набухания, проведены лабораторные исследования динамики объемного набухания образцов различной формы в разных растворах и условиях набухания. В результате были получены графические зависимости объемного набухания различных образцов от времени нахождения эластомера в той или иной жидкости.

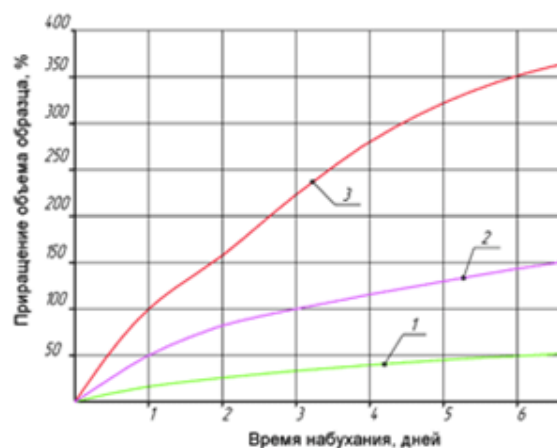


Рис. 2. Динамика свободного набухания цилиндрических образцов в пресной воде: 1- Образец из эластомера ВНР-1, 2- Образец из эластомера ВНР-2, 3- Образец из эластомера ВНР- 3

На рис. 2. представлена динамика объемного набухания в пресной воде при температуре 20°С некоторых типов разработанных эластомеров, выполненных в виде цилиндрических образцов диаметром 28 мм и высотой 7 мм. Образцы находились в условиях всестороннего доступа к воде и не имели ограничителей, препятствующих их объемному набуханию. В качестве примера показаны фотографии образца из водонабухающей резины ВНР-3 до начала набухания и после семи дней выдержки в пресной воде (рис. 3). Приращение его объема в течение семи суток набухания составило порядка 380%.

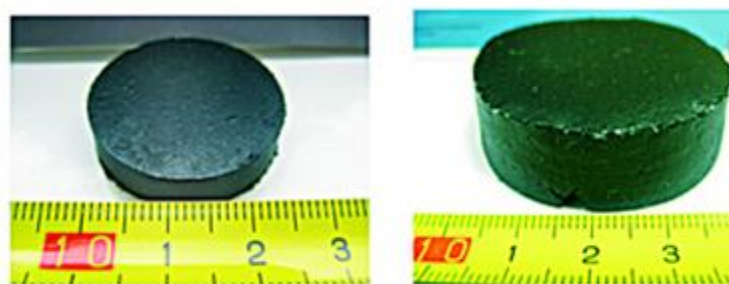


Рис. 3. Образец из эластомера ВНР-3 до и после семидневного набухания в пресной воде

Результаты лабораторных исследований различных образцов, а также проанализированная нами информация из зарубежных источников показывают, что скорость набухания эластомеров зависит от ряда факторов, основными из которых являются структурный состав эластомера, состав жидкости, в которой происходит его набухание, степень доступа жидкости к поверхности эластомера, а также температурные условия.

На втором этапе разработки пакеров были проведены стендовые исследования герметизирующей способности натуральных образцов уплотнительных элементов из набухающих эластомеров в зависимости от их конструкции и геометрических размеров, а также геометрических параметров сечения скважины (открытого ствола или обсадной колонны). Для этих целей был разработан и изготовлен специальный стенд (рис. 4), позволяющий испытывать на действие перепада давления уплотнительные элементы из водо- или нефтенабухающего эластомера длиной до 1,5 м.

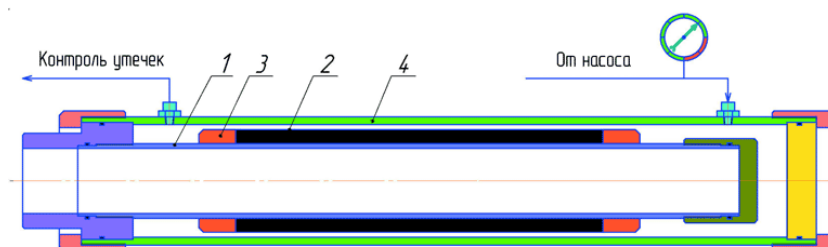


Рис. 4. Схема стенда для испытаний набухающих пакеров: 1 - базовая труба, 2 - уплотнительный элемент, 3- защитное кольцо, 4-имитатор обсадной трубы

При проведении стендовых испытаний установлено, что при достижении определенного перепада давления уплотнительный элемент из набухающего эластомера начинает интенсивно выдавливаться в зазор между защитным кольцом и обсадной трубой и затем теряет свою герметизирующую способность. На графике (рис. 5) такая область располагается между кривыми 1 и 2. Ниже кривой 1 располагается зона устойчивого равновесия и длительного сохранения герметизирующей способности пакера. Выше кривой 2 начинается зона полной разгерметизации уплотнительного элемента.

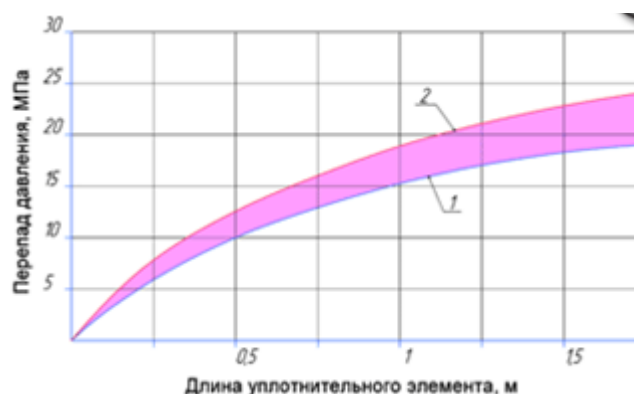


Рис. 5. Зависимость перепада давления от длины эластомера

Заметим, что процесс выдавливания эластомеров может наблюдаться и при незначительных перепадах давления в том случае, если давление на пакер создается раньше, чем эластомер достиг требуемого объемного набухания. В определенной степени это связано с тем, что у набухающих эластомеров при контакте с растворами на водной или нефтяной основе несколько снижаются механические свойства. Это необходимо учитывать при установке набухающих пакеров и последующих работах при креплении скважин.

В настоящее время на основании полученных результатов лабораторных исследований и стендовых испытаний, а также анализа областей наиболее эффективного применения набухающих эластомеров разработаны три базовые модели пакеров, схемы которых представлены на (рис. 6). [1]

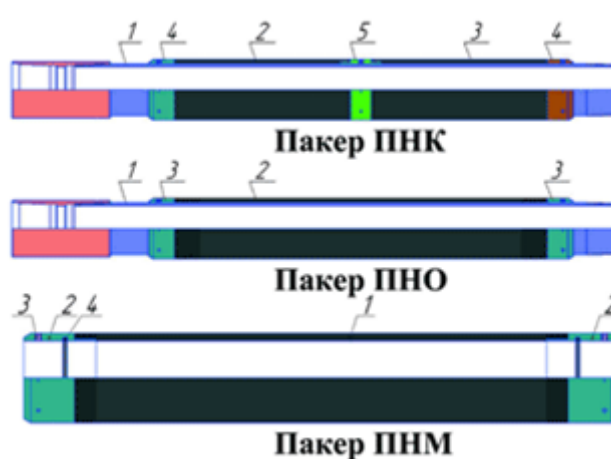


Рис. 6. Схемы базовых конструкций набухающих пакеров

Пакер комбинированный ПНК состоит из базовой трубы 1, на которой установлены уплотнительные элементы из водонабухающего 2 и нефтенабухающего 3 эластомера, между которыми размещено проставочное кольцо 5, а на концевых участках закреплены защитные кольца 4. Пакер модели ПНО отличается от пакера ПНК тем, что уплотнительный элемент 2 однородный и может выполняться из любого типа эластомера. Пакер муфтового типа ПНМ состоит только из уплотнительного элемента 1 с защитными кольцами 2 на концевых участках и может крепиться на обсадной трубе с помощью винтов 3 непосредственно перед его спуском в скважину. Данные пакеры могут устанавливаться как в обсадной колонне, так и в открытом стволе скважины и применяться на различных этапах строительства скважин, в том

числе и при креплении боковых стволов. Наиболее типичные сферы применения набухающих пакеров в боковых стволах показаны на рис. 10. Пакеры с уплотнительными элементами из набухающих эластомеров могут также применяться для эффективной и надежной изоляции пластов при строительстве горизонтальных и многоствольных скважин, повышения качества цементирования, в комплексах по регулируемому разобщению пластов с фильтрами ФСО или устройствами КРР и многих других операциях при креплении скважин и разобщении пластов. Использование набухающих пакеров позволило:

- предотвратить межпластовые перетоки;
- сохранить потенциальную продуктивность скважин.

Технологический эффект от применения рекомендуемой технологии выражается в отсутствии затрат на ремонтно-изоляционные работы, связанные с ликвидацией межпластовых перетоков [4].

Литература

1. Исхаков А.Р. Опыт применения водонефтенабухающих заколонных пакеров ТАМ [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.tatnipi.ru/upload/sms/2011/bur/003.pdf>.
2. Материалы компании Easywell [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://www.easywellwater.com/>.
3. Бурение и нефть. Журнал [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://burneft.ru/>.
4. Большая энциклопедия нефти и газа [Электронный ресурс]/ Режим доступа: <http://ngpedia.ru/>.

Технологическая оснастка потайных обсадных колонн (хвостовиков)

А.И. Трапезников

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа посвящена анализу технического устройства и принципов функционирования технологической оснастки потайных обсадных колонн. Приведены актуальные схемы подвески хвостовиков для различных условий бурения и технологических целей. Проанализированы достоинства и недостатки, сделаны выводы о перспективе развития данного оборудования.

Abstract. The scientific work is devoted to the analysis of the technical structure and operation of tooling hidden casing. Given current scheme liner hanger for different drilling conditions and technological purposes. The advantages and disadvantages, conclusions about the future development of this equipment.

Комплект инструмента и технологической оснастки предназначен для установки потайных обсадных колонн «хвостовиков» в вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах. Комплект состоит из установочного инструмента, многократно используемого для спуска «хвостовика», и набора элементов технологической оснастки для комплектации «хвостовика» и цементирования его с различными вариантами оснащения.

Технологическая оснастка предназначена для установки, цементирования затрубного пространства «хвостовика» и разъединения установочного инструмента.[2]

В комплект технологической оснастки входят:

- башмак (предназначен для направления обсадной колонны при спуске, промывки забоя и затрубного пространства, выхода бурового раствора в процессе спуска «хвостовика»);
- манжетный блок (предназначен для герметизации внутреннего пространства бурильных труб и «хвостовика»);
- фильтр – заглушка (Предназначена для разделения труб обсадной колонны и колонных фильтров, промывки затрубного пространства и проведения работ по цементированию «хвостовика»);
- клапан обратный с ловушкой (Предназначен для предотвращения самопроизвольного заполнения «хвостовика» буровым раствором или пластовой жидкостью, исключения возвратного перетекания цементного раствора из затрубного пространства внутрь «хвостовика»);
- муфта посадочная (Предназначена для посадки тандема продавочной и прочистной пробок в приемное гнездо, ее герметизации и фиксации);
- пакер заколонный (Устанавливается в составе обсадной колонны «хвостовика» в кровле пласта для предотвращения воздействия высокого гидродинамического давления на продуктивный пласт при продавке цементного раствора в затрубное пространство);
- муфта цементирующая (Предназначена для цементирования потайных обсадных колонн «хвостовиков». В м.ц. ЗХБ 10.20.00.000 предусмотрены резервные окна);
- пробка прочистная (Предназначена для посадки продавочной пробки, разделения цементного раствора от бурового, выдавливания цементного раствора из «хвостовика» в затрубное пространство, очистки внутренних стенок «хвостовика» от цементного раствора в процессе перемещения от установочного инструмента до седла);
- вертлюг;
- подвеска клиновья (Предназначена для подвешивания «хвостовика» в промежуточной обсадной колонне);
- пакер верхний (Предназначен для уплотнения межтрубного пространства между верхом «хвостовика» и обсадной колонной, вытеснения цементного раствора через верх колонны от давления задавливания, исключая миграцию газа и смещение «хвостовика» из установленного положения);
- пробка продавочная (Предназначена для разделения бурового и цементного растворов в бурильной колонне, перекрытия проходного отверстия в прочистной пробке и перемещения вместе с ней к посадочной муфте в процессе выдавливания цементного раствора в затрубное пространство «хвостовика»);
- переводники (предназначен для установки как в открытом стволе, так и в обсадной колонне с целью перекрытия затрубного или межтрубного пространства и предотвращения опускания цемента при креплении «хвостовика»).

Установочный инструмент предназначен для спуска в скважину, приведения в действие технологической оснастки «хвостовика», разъединения инструмента и «хвостовика» до цементирования или после.[1]

В комплект установочного инструмента входят:

- посадочный инструмент (предназначен для спуска «хвостовика» в скважину, приведения в действие технологической оснастки «хвостовика»);
- ниппель уплотняющий (манжетный блок) ;
- удлинитель (предназначен для соединения манжетных блоков, увеличения места установки нижнего манжетного блока, а также для создания канала управления подвеской гидравлической);

- наконечник посадочный (предназначен для посадки шара, при приведения в действие подвески гидравлической в не цементируемом хвостовике). (рис.1) [1].

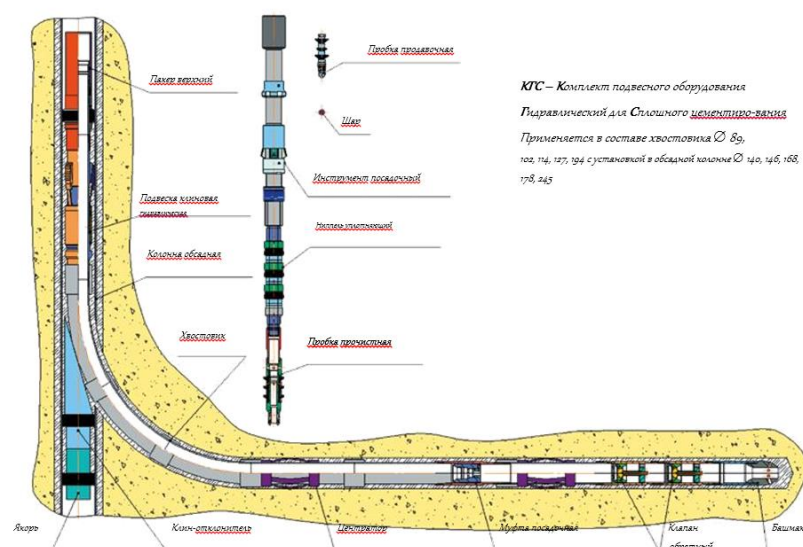


Рис. 1. Комплект подвешного оборудования КГС

Комплект для ликвидации скважин

Предназначен для установки постоянной мостовой пробки в необсаженном стволе скважины, отсечения пластовых вод.

Основные особенности представлены ниже. Применение для горизонтальных скважин является идеальным решением проблемы перемещения цементных пробок. Использование затрубного пакера, раздуваемого цементным раствором позволяет надежно герметизировать затрубное пространство. Излишне закаченный цементный раствор выходит поверх затрубного пакера, обеспечивая дополнительную надежность его фиксации. Цементное наполнение устраняет влияние изменений температуры и давления на надуваемую манжету пакера. Гидравлическое разъединение; для установки или отсоединения не требуется манипулирования бурильной колонной. Аварийное разъединение производится левосторонним вращением бурильной колонны, если это необходимо. Четкая индикация разъединения — после срабатывания гидравлического разъединителя приложенное давление стравливается. [3]

Комплект для ликвидации скважин 3,5" состоит из:

- Башмака ЗХБ 30.08.00.000;
- Соединителя ЗХБ 21.00.00.003;
- Клапана обратного с ловушкой ЗХБ 30.05.00.000А;
- Муфты посадочной ЗХБ 21.03.00.000;
- Пакера заколонного BAKER HUGHES CMXX - Isozone ;
- Разъединителя гидравлического ЗХБ 21.01.00.000;
- Пробки продажной ЗХБ 21.02.00.000;
- Тампона ЗХБ 21.00.00.002. (рис.2)

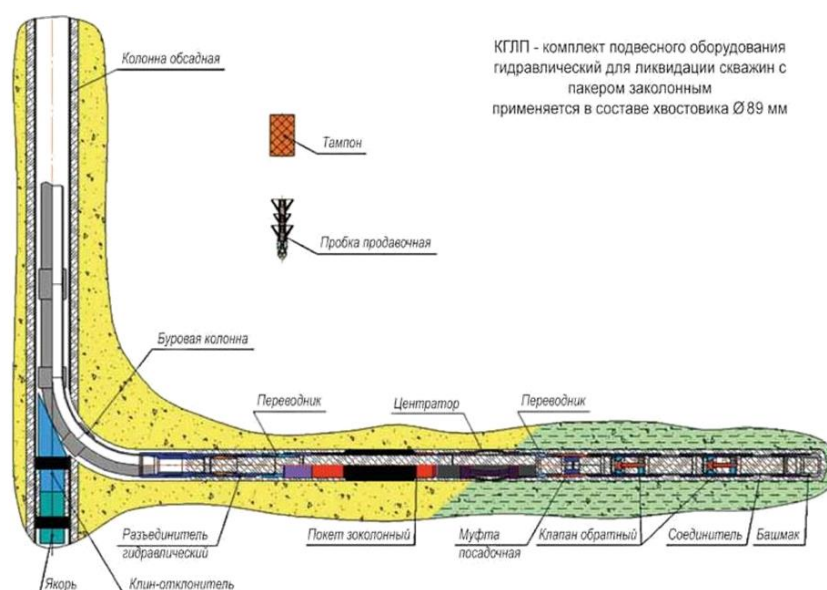


Рис. 2. Комплект подвеса гидравлического для ликвидации скважин с пакером заколонным

В работе проанализированы различные технологические схемы подвески и технологической оснастки потайных колонн. Изучены схемы монтажа и особенности эксплуатации, проанализированы достоинства и недостатки.

Литература

1. Булатов А.И., Просёлков Ю.М., Рябченко В.И. Технология промывки скважин.// Москва: Недра, 1981. — 303 с.
2. Рабаи Х. Технология бурения нефтяных скважин.// Москва: Недра. 1989. — 361 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО СКВАЖИН И ЭКОЛОГИЯ: ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Р.Э. Щербаков

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная статья посвящена изучению процесса бурения с позиции его влияния на экологию и окружающую среду. Приведены крупнейшие аварии в бурении, которые параллельно стали причиной серьезных экологических последствий. Кроме того, сформулирован перечень факторов, влияющих на экологию в процессе бурения. Определен перечень наиболее опасных отходов бурения и рассмотрены возможные схемы их утилизации.

Abstract. The article is devoted to studying the drilling process from the perspective of its impact on the ecology and the environment. Presents a major accident in the drilling, which simultaneously caused serious environmental consequences. Additionally, formulated a list of factors that affect the environment in the process of drilling. The list of most hazardous waste drilling and consider their recycling scheme .

Люди издавна проявляли интерес к богатствам земли, и одним из эффективных способов их получения стало бурение скважин. Так, первое упоминание о строительстве скважин относится к Древнему Китаю в 254-251 г. до н.э. Безусловно, первые скважины сооружались простейшим методом - методом ударного бурения. В

течение многих столетий люди осваивали данный способ добычи ископаемых и методично совершенствовали свое мастерство, оборудование и технологические подходы. Так в середине XIX века при бурении скважин стал применяться буровой раствор, позволяющий эффективно очищать скважину от разрушенной породы, а с начала XX века началось активное применение забойных двигателей, с середины XX века активно стало развиваться телеметрическое сопровождение процесса бурения. Все это позволило, в совокупности, достичь нового уровня строительства скважин и создать поистине внушительные сооружения (сверхглубокие скважины по всему миру глубиной от 7 до 12 тысяч метров).

В настоящее время область применения бурения разнообразна. Конечно, основная ее часть относится к добыче полезных ископаемых и исследованию недр земли, но не менее востребованными являются: строительство подземных переходов и прокладка коммуникаций методами горизонтально-направленного бурения, захоронение отходов с помощью строительства скважин специального назначения и т.д.

Развитие мировой экономики, увеличение спроса на природные ресурсы требуют расширения минерально-сырьевой базы и топливно-энергетических ресурсов, что неразрывно связано с увеличением объемов буровых работ, как эксплуатационных, так и поисково-разведочных. Однако, строительство скважин все чаще затрагивает природоохранные зоны и области с возможностью возникновения серьезных экологических последствий в случае аварии. В принципе, строительство скважины – это технологический процесс, который, так или иначе, приведет к нарушению экологического равновесия. Поэтому проблема мониторинга влияния буровых работ на экологию, методов контроля и мер профилактики по защите окружающей среды является актуальной и приоритетной задачей.

Чтобы оценить масштаб проблемы достаточно вспомнить ряд крупнейших аварий в бурении, которые возникали по причине несоблюдения технологии бурения и правил безопасности ведения буровых работ и повлекли за собой серьезнейшие экологические последствия. Одна из крупнейших катастроф в бурении произошла в 23 июня 1985 года в Казахстане, на территории Тенгизского месторождения. Из-за потери контроля над технологическим процессом бурения, на скважине №37 с глубины более 4 километров произошел выброс нефти и газа в атмосферу, перешедший в открытое фонтанирование. Данный выброс сопровождался столбом огня, поднимающимся на высоту до 200 метров. Работы по глушению пожара продолжались больше года и завершились в июле 1986 года только благодаря направленному ядерному взрыву, произведенного из специально пробуренной соседней скважины. За время работ по ликвидации аварии в атмосферу было выброшено до 3,4 млн. тонн нефти, 1,7 млрд кубометров газа и до 900 тысяч тонн сажи.

21 ноября 1980 года в Соединенных Штатах Америки произошла еще одна крупная экологическая катастрофа. На озере Пенёр работала команда бурильщиков корпорации Wilson Brothers Corporation, нанятая нефтегазовой компанией Техасо для разведывательного бурения под дном озера. Во время работы, на глубине около 400 метров была пробита стенка соляной шахты, располагавшейся под озером. Вода размывала отверстие, диаметром 35 сантиметров и начала стекать вниз. В озере сформировался водоворот, диаметром 55 метров, в который засосало буксир, буровую установку, 11 барж, док, остров с ботаническим садом, дома, грузовики. Всего за 3 часа из озера ушло 13 миллиардов литров воды.

А еще одно происшествие, случившееся на территории Туркменистана, не дает забыть о себе до сих пор. В 1971 году возле деревни Дарваза советские геологи обнаружили скопление подземного газа. В результате раскопок и бурения разведочной

скважины геологи наткнулись на подземную каверну, в результате чего произошел выброс, перераспределение давления в каверне и ее провал. Буровая вышка со всем оборудованием и транспортом провалилась в образовавшийся провал. Чтобы вредные для людей и скота газы не выходили наружу, их решили поджечь. Геологи предполагали, что пожар через несколько дней потухнет, но ошиблись. С 1971 года природный газ, выходящий из кратера, непрерывно горит днём и ночью.

Помимо серьезных последствий от аварий в процесс бурения высокую значимость и опасность для экологического равновесия несут сами буровые работы, используемые технологии и материалы. Например, бурение скважин невозможно без использования значительных объемов промывочных и технологических жидкостей (буровой и тампонажный растворы, буферная и продавочная жидкости, нефть и кислоты), свойства которых регулируются с помощью разнообразных химических реагентов. Приводы буровой установки часто работают на дизельном топливе, что является причиной образования множественных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Резюмируя, можно сделать вывод, что основными источниками образования загрязненных стоков на буровых являются: рабочая площадка буровой вышки, дизельный блок, насосная группа, блок очистки буровых растворов, узел приготовления бурового раствора, блок хранения и приготовления химических реагентов, блок емкостей для запаса бурового раствора. В результате функционирования данных систем при буровых работах все источники загрязнения могут быть подразделены на группы:

- 1 Эксплуатационные, возникающие в результате образования сточных вод от мытья оборудования, полов, очистки желобов, выбросит от шлама, слива воды из системы охлаждения и т. п.
- 2 Технологические - сток бурового раствора с поднимаемых бурильных труб и сброс воды после их обмыва, появление излишка бурового раствора в результате его наработки при бурении и сброс этого излишка, выбросы раствора из скважины при выполнении спускоподъемных операции и т.п.
- 3 Аварийные – излив пластового флюида из скважины во время нефтегазопроявлений, открытое фонтанирование; потери технических жидкостей при прорывах трубопроводов или вследствие поломки запорной арматуры и т. П.
- 4 Природные – ветровой вынос с буровой технических жидкостей, горючесмазочных материалов при обильных атмосферных осадках, снос с буровой площадки веществ тальми водами и т.п.

Основное влияние буровых отходов, в том числе нефти сводится к снижению биологической продуктивности почвы и фитомассы растительного покрова. Вследствие разрушения почвенных структур и диспергирования почвенных частиц снижается водопроницаемость почв. В загрязненных почвах резко возрастает соотношение между углеродом и азотом за счет углерода нефти. Это ухудшает азотный режим почв и нарушает корневое питание растений, к тому же снижается регенеративная способность почвы.

Изучение последствий загрязнения наземного растительного покрова отходами бурения показало, что на всех пораженных участках наблюдается лишь незначительное восстановление растительного покрова. Даже по истечении 15 лет растительность восстанавливается менее чем наполовину. Во всех случаях сразу после разливов отходов бурения, особенно содержащих нефть, растительный покров почти полностью уничтожается. Так, например, период самовосстановления растительного покрова

после загрязнения его нефтесодержащими отходами бурения зависит от климатических условий: для южных районов он составляет 1,4-2,0 года, а для северных – 10-15 лет.

Следует заметить, что в отличие от средней полосы, загрязнение воздуха выбросами буровых установок в районах Крайнего Севера при прочих равных условиях оказывает более сильное воздействие на природу вследствие ее пониженных регенерационных способностей.

В процессе освоения нефтегазоносных северных районов наносится ущерб и животному миру (в частности, диким и домашним оленям). В результате развития эрозионных и криогенных процессов, механического повреждения растительного покрова, а также загрязнения атмосферы, почв и т.п. происходит сокращение пастбищных площадей, а, следовательно, происходит вынужденная миграция оленей.

Таким образом, можно сделать вывод, что процессы строительства скважин оказывают серьезное влияние на экосистему. При нынешнем развитии техники и технологии отсутствует возможность нивелирования влияния рассмотренных вредных факторов, поэтому актуальной становится проблема разработки мер профилактики и повышения ресурсоэффективности процесса бурения.

В комплексе мер по защите природы большое место отводится разработке и внедрению технологических процессов, позволяющих значительно уменьшить количество отходов производства и максимально их утилизировать, разработке и внедрению систем использования технической воды по замкнутому циклу, повышению эффективности и надежности очистных устройств и систем, предназначенных для снижения токсичности отходов и т.п.

В последние годы буровые организации все возрастающее внимание уделяют совершенствованию системы циркуляции и повышению ее надежности, а также сбору, обработке и захоронению остатков промывочной жидкости и шлама. В области промывки скважины наблюдаются следующие тенденции:

- отказ от использования земляных амбаров и замена их металлическими резервуарами большой емкости;

- применение циркуляционной системы усовершенствованной конструкции с надежными закрытыми трубопроводами для перепуска бурового раствора;

- освоение на практике транспортирования бурового раствора со скважины на скважину для многократного его использования (в первую очередь это относится к растворам на нефтяной основе и эмульсионным); если транспортировка не рентабельна, то используется метод распылительной сушки обработанных химическими реагентами глинистых растворов для получения вторичных глинопорошков;

- обработка и обезвреживание остатков бурового раствора, и захоронение их в специально отведенных местах;

- для регенерации технических вод применяют специальные установки, в которых реализован метод химической коагуляции и покаскадного отстаивания, а после очистки вода пригодна для использования в системе оборотного водоснабжения.

Отдельным крупным направлением является переработка нефтешламов различными методами, которые можно разделить на следующие категории:

- термические - сжигание в открытых амбарах, печах различных типов, получение битуминозных остатков;

- физические - захоронение в специальных могильниках, разделение в центробежном поле, вакуумное фильтрование и фильтрование под давлением;

- химические - экстрагирование с помощью растворителей, отверждение с применением (цемент, жидкое стекло, глина) и органических (эпоксидные и полистирольные смолы, полиуретаны и др.) добавок;

- физико-химические - применение специально подобранных реагентов, изменяющих физико-химические свойства, с последующей обработкой на специальном оборудовании;

- биологические - микробиологическое разложение в почве непосредственно в местах хранения, биотермическое разложение.

Снижение экологического влияния на окружающую среду со стороны бурового оборудования достигается за счет применения нового поколения фильтров и специальных защитных механизмов.

В совокупности, перечисленные методы и технологии позволяют существенно уменьшить вредность процесса бурения для экосистемы, но это не исключает возникновения внештатных аварийных ситуаций с человеческим фактором в главной роли. Поэтому важно давать себе отчет в том, что экологическая безопасность строится не только на высоких технологиях, но и на жесткой дисциплине, соблюдении всех норм и предписаний. Таким образом, параллельно с развитием методов снижения вредного влияния на окружающую среду со стороны оборудования и технологии бурения важным направлением для исследований является: системный анализ и разработка жестких норм экологической безопасности в бурении с четким контролем их исполнения.

МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА

РАСТВОРЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИАМУРЬЯ

М.И. Афанасьева

Научный руководитель доцент А.П. Неудачин

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы поступления органического вещества в водоемы Приамурья. Рассмотрены результаты антропогенного влияния на химический состав вод.

Органическим веществом природных вод называют комплекс истинно растворенных и коллоидных веществ органических соединений. По происхождению органические вещества природных вод могут быть разделены на поступающие извне (с водосборной площади) и образующиеся в самом водном объекте. К поступающим извне относятся главным образом гумусовые вещества, вымываемые водой из почв, торфяников, лесного перегноя и других видов природных образований, включающих остатки растений, и органические вещества, поступающие с промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами. Из гумусовых веществ для гидрохимии наибольший интерес представляют, как правило, гуминовые и фульвокислоты. Обе эти группы кислот характерны для гумуса (гумусовые кислоты), они не содержатся в живых растительных и животных тканях. Соотношение между ними в разных торфах и почвах неодинаково. В черноземных почвах преобладают гуминовые, а в подзолистых – фульвокислоты [5].

Существует достаточное количество путей, по которым естественные загрязнения (или примеси) разного происхождения постоянно попадают в водоемы. Однако в естественных условиях количество примесей в воде большинства рек остается в некоторой степени стабильным в течение продолжительного времени. Очевидно, это происходит потому, что в любом длительно существующем водоеме устанавливается равновесие между поступлением и удалением примесей. При постоянном в среднем поступлении загрязняющих примесей уровень их содержания в воде, «точка равновесия», зависит от эффективности природных систем удаления этих примесей, самоочистки водоемов [5].

В системах самоочистки любого водоема взаимодействуют физико-химические и биологические процессы. Так, оседание минеральных частиц на участках реки с замедленным течением или насыщение кислородом холодных бурных горных рек – чисто физические процессы. Регуляция ионного состава природных вод происходит как по физико-химическому, так и биологическому пути. Образование нерастворимых соединений, постоянный проток, ионообменные процессы, прямое окисление органических веществ растворенным кислородом – в основе своей физико-химические процессы. Вместе с тем водная растительность активно поглощает ионы фосфатов и нитратов, осуществляет активный газообмен, поглощает из воды многие биогенные элементы, вводя их в трофические сети водных экосистем. Ведущую роль в окислении органических примесей играют микроорганизмы [4].

Неоднородность химического состава речных вод наиболее сильно выражена по длине и по ширине реки (влияние притоков, поступление грунтовых вод и т.п.), в

меньшей степени – с глубиной. Изменчивость состава органического вещества (ОВ) речных вод наиболее четко прослеживается в разных климатических зонах в зависимости от типа почв.

Объектом исследования является озеро Петропавловское. Самое большое озеро Хабаровского района Хабаровского края. В настоящее время на озере промышленное рыболовство отсутствует, поэтому для хабаровчан эти места являются местом отдыха круглый год. На берегах озера расположено несколько населенных пунктов (поселения Константиновка, Свечиное, Петропавловка), туристические базы отдыха, детские оздоровительные лагеря.

Озеро Петропавловское вытягивается в меридиональном направлении на 14 км, ширина различна, наибольшая ширина около 6 км, наименьшая составляет 1,3 км. Площадь зеркала озера в меженный период 59 км², в паводок – 177 км², площадь водосбора составляет 3600 км² [2]. Озеро расположилось в долине реки Сита; в озеро впадает более 30 небольших рек. Сообщается протоками Малышевская, Кривая, Чепчики с рекой Амур. Максимальная глубина – 8 метров – встречается в северо-восточной части озера, в южной части не превышает 1 метра. Озеро Петропавловское имеет ярко выраженную ассиметрию в строении берегов [1]. По происхождении котловины объект относится к экзогенной группе озер, а по режиму водного питания – плотинному типу. Водный режим пойменных озер с момента вскрытия ото льда определяется рекой Амур (за исключением редких маловодных лет) [2]. Характерной чертой такого водного режима является большая амплитуда колебания уровня воды, достигающая в отдельные годы 5-7 метров. Водообмен в озере осуществляется ветровыми, стоковыми и компенсационными течениями. Зимой озеро почти сплошь промерзает до дна, остаются лишь небольшие изолированные ямы с подледной водой. Реки, впадающие в озеро, особой роли в его водном режиме не играют, т.к. и сами также местами промерзают до дна.

Для изучения химического состава вод были отобраны пробы в разных точках акватории озера, протоках Малышевская и Чепчики. В ходе исследования определялись: содержание макроэлементов, биогенных микроэлементов, величина рН. Содержание растворенного органического вещества определялось по химическому потреблению кислорода (ХПК) и перманганатной окисляемости (ПО). Также для изучения качественного состава РОВ, определялось содержание органических кислот, гуминовых и фульвокислот.

В конце августа – начале сентября, когда прошел пик паводка на Амуре, и уровень воды начал постепенно снижаться, озеро Петропавловское можно было условно разделить на три большие области, не имеющие четких границ, но различающиеся особенностями химического состава. Воды северной области в основе своей представлены незначительно метаморфизированной амурской водой, на юге состав растворенных веществ обуславливается рекой Сита с притоками, центральная часть озера имела свое качественное отличие от двух вышеуказанных гидрохимических составляющих. Особенно заметны различия между областями по таким параметрам как: содержание растворенного кислорода, водородный показатель, количество и качество РОВ [3].

Воды озера богаты РОВ: 20,6-126,7 мгО/дм³ (по величине ХПК), при этом органические лиганды в большинстве случаев выполняют разницу между суммами катионов и анионов. Величина ПО в воде озера изменяется незначительно: 11,1-12,3 мгО/дм³, поэтому отношение ПО/ХПК по акватории озера непостоянно, наименьшее значение отмечено для проб воды центральной части озера, более высокие значения в приустьевой зоне, в районе села Петропавловка. Также следует заметить, что они

близки к отношению ПО/ХПК в воде протоки Малышевская. Разница в значениях отношения ПО/ХПК северного и центрального участков озера дает причины предположить, что РОВ на данных участках качественно отличаются.

Фракционный состав ОВ в пробах озера показал (таблица 1), что содержание гуминовых и фульвокислот в воде разных участков находится в одинаковых пределах. Также обращает на себя внимание тот факт, что содержание ФК в озерной воде в 2-3 раза ниже, чем в реках Сита и Черная. В реке Амур их содержание, как правило, также выше (24,0-67,5 мг/дм³). Если при этом учесть то, что минимум в содержании низкомолекулярных органических кислот приходится на центральную часть озера, зону сильного цветения воды, то можно сделать предположение: процессы евтрофикации озерных вод ведут к «утилизации» этих классов РОВ.

Таблица 1

Содержание органических веществ в воде озера Петропавловское и его притоков

Определяемые компоненты	Озеро у с.Константиновка (центральная часть)	Озеро у с.Петропавловка (северная часть)	р.Сита у с.Благодатное (южная часть)	р. Черная у с. Ровное
ПО, мгО/дм ³	12,3	11,1	27,5	18,4
ХПК, мгО/дм ³	126,7	20,6	155,2	50,7
ПО/ХПК	0,1	0,54	0,18	0,36
ГК, мг/дм ³	2,77	2,06	2,09	1,4
ФК, мг/дм ³ :				
истинно-растворенные	9,8	8,4	21,2	-
коллоидные	3,6	1,7	4,8	-
сумма	13,4	10,1	26	23,1
низкомолекулярные кислоты, мг·экв/дм ³	0,053	0,159	0,198	0,172

Примечание: прочерк (-) означает, что компоненты не определялись.

Процентное соотношение углерода изученных классов веществ к общему углероду представляет (таблица 2), что доля всех кислот в воде центральной части озера составляет всего 30,6%, причем на долю фульвокислот приходится 20,3%. Значительно выше доля ФК в воде приустьевой части озера – 59,7%, что соответственно отражается на увеличении отношения ПО/ХПК. Возрастают и доли гуминовых и низкомолекулярных кислот [3].

Таблица 2

Содержание органического углерода гуминовых (ГК), фульво- (ФК) и низкомолекулярных кислот (НК) в воде озера Петропавловское и его притоков, %

Место отбора пробы	ГК	ФК	НК
озеро у с. Константиновка	2,1	20,3	8,2
озеро у с. Петропавловка	15,6	59,7	24,7
р. Сита у с. Благодатное	3,4	12,8	2,6
р. Черная у с. Ровное	4,2	55,0	21,6

Следовательно, органическое вещество вод северной части озера состоит из трех изученных классов веществ, что является типичным и для вод реки Амур. Пониженная

степень окисления перманганатом вод центральной части озера присуща органическим соединениям алифатического ряда, к которым в поверхностных водах причисляют малоокрашенные креновые кислоты, характеризующиеся пониженной ароматизацией, и вещества планктонного генезиса. Низкое процентное содержание низкомолекулярных и фульвокислот в водах центральной части озера дает причины предполагать, что основная часть РОВ данного участка имеет планктонный характер. Появление значительного количества вещества данной природы определено цветением вод центральной и южной частей озера, а также низовьев р. Сита, где доля соединений планктонного генезиса составляла около 4/5 всего РОВ [3].

Таким образом, можно сказать, что воды озера Петропавловское богаты органическим веществом гумусового и планктонного рядов, они кислородного типа, несмотря на низкое (меньше ПДК) содержание O_2 в период ледостава. По кислотно-щелочным условиям и величине минерализации наблюдается ярко выраженная сезонная динамика: зимой воды становятся более кислыми и минерализованными. Из анионов в воде озера преобладают гидрокарбонаты, катионный состав непостоянен.

В зависимости от фаз паводочного цикла реки Амур в озере образуется несколько зон, отличающихся по содержанию растворенного кислорода, величине рН, количеству и качеству органического вещества. Кроме зон, химический состав которых определяется водами рек Амур и Сита, в паводочный и постпаводочный периоды появляется участок со своеобразным составом органического вещества.

Антропогенное влияние на химический состав вод озера и его притоков проявляется в повышении концентраций биогенных веществ, способствующих сильному евтрофированию водоемов.

Литература

1. Аваряскин Л.П. Устья притоков Нижнего Амура // Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск, 1975. Сб. 16.
2. Главацкий С.Н. О роли пойменных озер в режиме Нижнего Амура // Амурский сборник. Хабаровск, 1959. Вып.1.
3. Неудачин А.П., Неудачина И.И. Биогеохимическая характеристика озера Петропавловское // Биогеохимическая экспертиза состояния окружающей среды. Владивосток: Дальнаука, 1993.
4. Скрипко Т.В., Котова Л.Н. Практикум по прикладной экологии: учеб. пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007.
5. Парфенова Г.К. Антропогенное изменение гидрохимических показателей качества вод – Томск: Аграф-пресс, 2010.

ОЗЕРО ГУСИНОЕ КАК ИСТОЧНИК ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Э.М. Батуева

Научный руководитель доцент Н.Г. Наливайко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: erzhenamunkuevna@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены проблемы озера Гусиное, как единственного источника питьевого водоснабжения г. Гусиноозерск. Несмотря на это в озеро сбрасываются сточные воды населённых пунктов и промышленных предприятий, таких как Гусиноозерская ГРЭС и угольные разрезы. Это приводит к заметному негативному влиянию на качество поверхностных вод.

Abstract. The problems of Goose lake as the only source of drinking water supply Gusinoozersk. Despite this the lake is discharged in the waste water of the "Gusinoozerskaya GRES", municipal water Gusinoozersk, which negatively affect water quality in the lake.

Гусиное озеро является единственным источником питьевого водоснабжения г. Гусиноозерска и окрестных поселений республики Бурятия. Поэтому проблема сохранения качества озёрной воды является весьма актуальной.

Гусиное озеро это один из самых крупных водоемов в Центральной Бурятии. Площадь его водосборного бассейна составляет 924 км². Речная сеть хорошо развита и имеет суммарную длину 312 км.

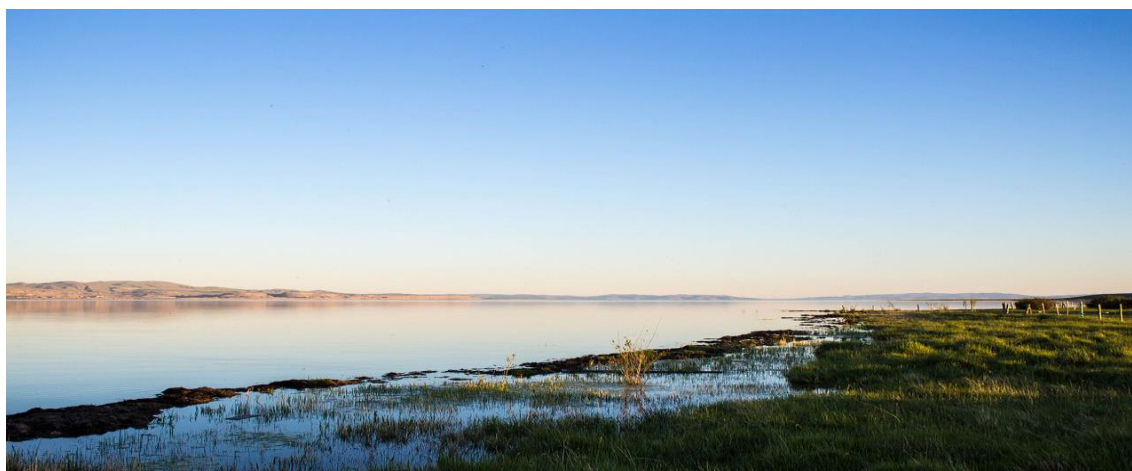


Рис. 1 - Восточный берег озера Гусиное

Химический состав воды озера и её качество формируются под влиянием природных и антропогенных факторов, причем, в последнее время заметной является техногенная составляющая.

Из природных факторов на качество воды озера большое влияние оказывают многолетние засухи. Это привело к значительному уменьшению объема воды и повышению её минерализации.

Антропогенные факторы формирования химического состава поверхностных вод на площади водосборного бассейна связаны, прежде всего, с деятельностью промышленных предприятий и населённых пунктов. Основными источниками потенциального загрязнения в районе исследований являются Гусиноозерская ГРЭС, угольные разрезы, коммунальное хозяйство г. Гусиноозерска и п. Гусиное озеро [4].

По масштабам и степени влияния как крупный источник загрязнения поверхностных вод озера выделяется Гусиноозерская ГРЭС. Загрязняющими компонентами, связанными с её функционированием, являются: теплые воды, поступающие после охлаждения агрегатов ГРЭС на сброс, промливневые стоки и дренажные воды золоотвалов.

Использованные воды в подогретом состоянии поступают по открытому каналу в северо-восточную часть озера, вызывая периодически нарушения естественного температурного режима и воздействуя на многие природные процессы, состав и структуру биоценозов. Одним из негативных последствий такого теплового загрязнения является увеличение температуры воды в районе сбросного канала, уменьшение прозрачности воды и отсутствие ледяного покрова в зимний период времени [5].

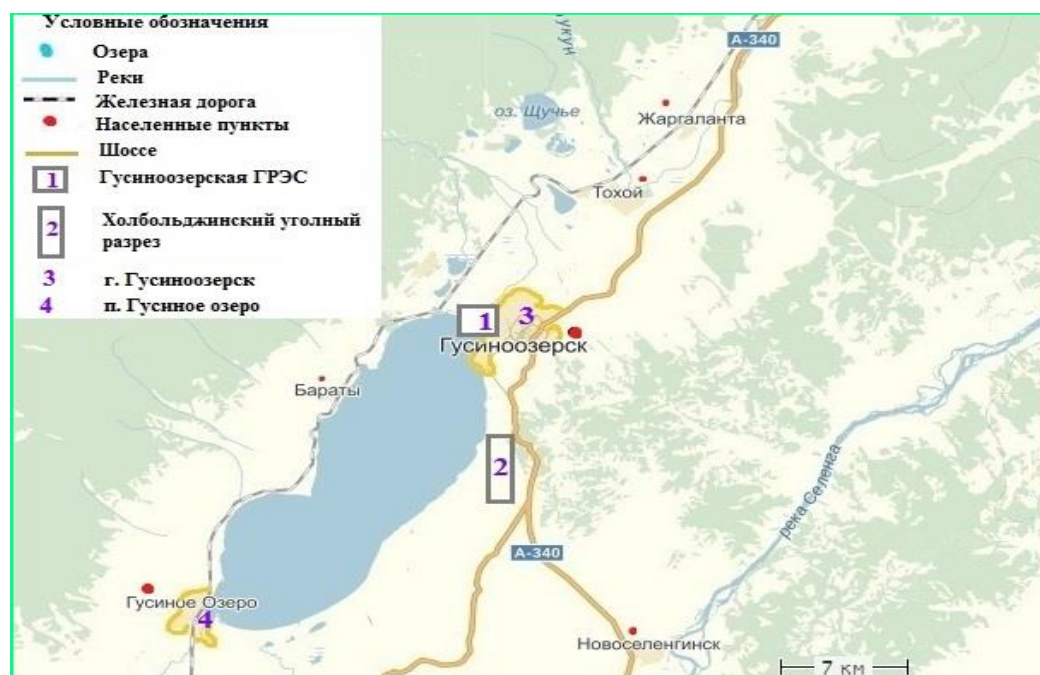


Рис. 2 - Карта-схема Гусиноозерского промышленного узла

Химический состав поверхностных вод отличается непостоянством во времени. По многолетним наблюдениям, за период с 2001 по 2012 годы зафиксировано изменение минерализации, количества органического вещества, микроэлементов, жесткости и кислородного режима. Минимальная величина индекса загрязнения природных вод (ИЗВ) наблюдалась в 2001 году, который по всем показателям был наиболее благополучным. В последующие годы зафиксировано ухудшение по всем показателям химического состава. В настоящее время, по классификации Алекина О.А., минерализация озера на протяжении гидрологического года была средней, наибольшее значение регистрировалось в период закрытого русла. Общая жесткость воды изменялась от мягкой до умеренно жесткой. За весь период наблюдений кислородный режим был удовлетворительным. Реакция среды слабощелочная. В воде озера в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), обнаружены железо общее, легко- и трудноокисляемые органические вещества. По повторяемости случаев превышения ПДК, загрязненность воды озера железом общим, цинком и фенолами определяется как устойчивая, а нефтепродуктами как неустойчивая [2].

Характеристика загрязняющих веществ воды озера по ранжированию их превышения нормативов представлена в таблице 2.

Таблица 2

Ранжирование веществ, загрязняющих воду о. Гусиное, по кратности превышения ПДК (по данным 2012 г.)

№	Элемент	Количество	СанПиН 2.1.4.1074-01	Кратность превышения ПДК
1	Медь	4 мг/л	1мг/л	4,0 ПДК
2	Нефтепродукты	0,32 мг/л	0,1мг/л	3,2 ПДК
3	ХПК	63 мгО ₂ /л	15 мгО ₂ /л	2,1 ПДК
4	Железо общее	0,48 мг/л	0,3 мг/л	1,6 ПДК
5	БПК ₅	6 мгО ₂ /л	2 мгО ₂ /л	1,5 ПДК
6	Цинк	6,5 мг/л	5мг/л	1,3 ПДК

Максимальные концентрации характерны для трудноокисляемых органических веществ (бихроматная окисляемость составляла 2,1 ПДК); для легкоокисляемых органических веществ (величина БПК5 - 1,5 ПДК); для железа общего – 1,6 ПДК; меди – 4,0 ПДК, цинка – 1,3 ПДК, нефтепродуктов – 3,2 ПДК (табл. 2, рис. 12) [2].

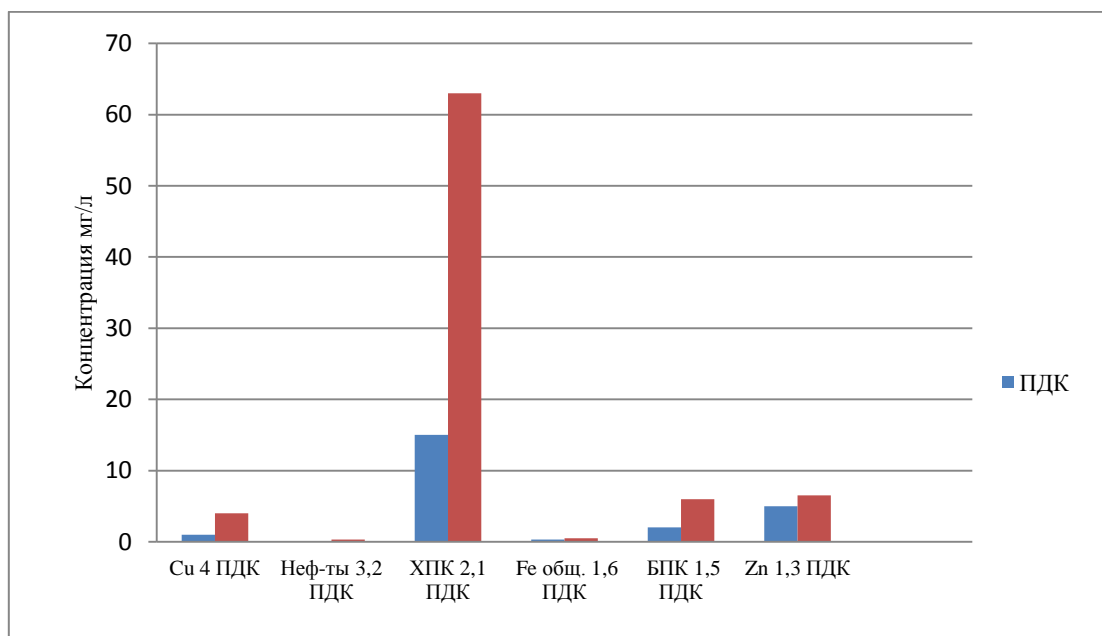


Рис. 3 – Загрязняющие компоненты в воде о. Гусиное (по данным 2012 г)

Превышение ПДК среднегодовыми величинами показателей загрязнения наблюдалось для органических веществ (по БПК5 и ХПК). Содержание железа в среднем было около 4 ПДК, при максимальном значении до 10 ПДК. Загрязнение воды медью в течение периода наблюдений в среднем было на уровне 5 ПДК (80% от общего числа проб) при максимальном значении 6 ПДК. Тенденция увеличения загрязнения воды озера установлена по росту величины ИЗВ от 1,01 до 1,36.

В составе загрязняющих компонентов присутствуют микроэлементы. Особенно высокая концентрация характерна для меди.

Важнейшей экологической проблемой является охрана качества поверхностных вод озера Гусиное, которое до настоящего времени является крупным источником питьевой и технической воды. Размещение на берегах озера мощных промышленных предприятий топливно-энергетического комплекса приводит к биологическому, техническому и тепловому загрязнению водоема. Вдоль восточного берега озера протягиваются подземные горные выработки для добычи угля и карьеры Холбольджинского угольного разреза. Полувековая разработка месторождений угля в Гусиноозерском бассейне привела к существенным нарушениям геологической среды. Сотни миллионов кубометров горных пород вынуты из земных недр и размещены практически на всем восточном побережье озера. Шахтные воды стекают непосредственно в озеро. Тенденция ухудшения качества воды наблюдается по результатам мониторинга. Низкое качество воды озера балансирует между двумя категориями «загрязненная» (в 2007, 2009, 2011 гг.) и «очень загрязненная» (в 2008, 2010, 2012 гг.), что устанавливается по существенному превышению ПДК рыб содержанием загрязняющих веществ.

Загрязнению озера способствуют так же и загрязненные подземные воды. Источниками загрязнения подземных вод являются промплощадка ГРЭС, золоотвалы, подсобное хозяйство ГРЭС. Подземные воды здесь загрязнены повсеместно нефтепродуктами (3 - 8 ПДК), имеют повышенную жесткость (до 3 ПДК) и минерализацию (до 2 ПДК). В химическом составе вод преобладают хлориды и натрий. В районе подсобного хозяйства подземные воды имеют высокую окисляемость и загрязнены азотистыми соединениями. Концентрация нитритов достигает 15 мг/л (ПДК - 3 мг/л) и аммония -13 мг/л (ПДК - 2 мг/л) [3].

Анализ данных режимных наблюдений показывает, что назрела необходимость внедрения современных технологий очистки стоков на объектах промышленного и коммунального хозяйства. Результаты мониторинга могут быть использованы более рационально, если включить в его программу наблюдения, позволяющие оценивать эффективность работы существующих и проектируемых очистных сооружений.

Литература

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Республики Бурятия в 2012 году».
3. Материалы водного кадастра Министерства природных ресурсов Республики Бурятия.
4. Ульзетуева И.Д, Хахинов В.В, Намсараев Б.Б, Звонцов И.В. Гусиное озеро как индикатор загрязнения акватории Байкала. // Ж. Экология и промышленность России. № 9. 2001. С.30-313. Государственный доклад.
5. Цибудеева Д.Ц. Геоэкологические условия водопользования в речных бассейнах Республики Бурятия. Автореф. Кандидат географических наук. Барнаул 2014.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД РЕКИ ВАСЮГАН ПО ОСНОВНЫМ ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

А.Ю. Волженина

Научный руководитель доцент Н.Г. Наливайко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: nnaassttyaa92@mail.ru*

Аннотация. Дана оценка экологического состояния р.Васюган по основным гидрохимическим показателям. Выявлено, что основными загрязняющими компонентами являются соединения железа, марганца, нефтепродукты и органические вещества.

Abstract. The ecological status of waters in the Vasyugan river basin assessed on the main hydrochemical indices. It revealed that the main pollutants are compounds of iron, manganese, petroleum and organic substances.

Река Васюган протекает по территории Каргасокского района Томской области, расположена на юге Западно-Сибирской равнины. Свое начало берет в Большом Васюганском болоте на высоте 125 м над уровнем моря и впадает в р. Обь на уровне 48,3 м. Длина реки — 1082 км, судоходна на расстоянии 886 км от устья, площадь её водосборного бассейна — 61 800 км². [3]

В пределах Томской области более десяти нефтяных месторождений расположено в бассейне реки Васюган. Поэтому загрязненность речных вод исследуемой территории, прежде всего, связывают с негативным воздействием объектов нефтедобычи.

По химическому составу (табл.1) воды реки Васюган относятся к гидрокарбонатным магниево-кальциевым. По величине рН воды относятся в основном к нейтральным и слабокислым. По величине минерализации характеризуются как ультрапресные и пресные. По величине общей жесткости воды являются мягкими и умеренно жесткими. Запись формулы М. Г. Курлова имеет следующий вид:

$$M_{0,2} \frac{HCO_3 83}{Ca 57 Mg 26} pH 7,2$$

Таблица 1

Основные показатели химического состава р. Васюган

Показатели	ПДК р/х. [1]	Номер пробы						Средние значения
		1	2	3	4	5	6	
рН, ед.рН	6,5-8,5	7,4	7,3	6,5	7,0	7,5	7,4	7,2
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³		163,0	110,5	159,0	109,5	164,9	198,3	150,9
Cl ⁻ , мг/дм ³	300	5,62	4,51	5,70	3,10	7,6	1,00	4,59
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	100	45,7	38,7	2,0	11,1	10,4	2,5	18,4
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	40	0,50	0,50	2,30	0,12	1,39	3,48	1,38
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,02	0,014	0,026	0,010	0,010	0,030	0,010	0,017
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,2	0,355	0,377	0,370	0,190	0,050	0,160	0,250
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,5	1,58	1,74	0,10	0,95	1,30	0,46	1,02
Ca ²⁺ , мг/дм ³	180	35,27	25,45	40,00	28,50	34,10	52,10	35,90
Mg ²⁺ , мг/дм ³	40	9,48	8,26	9,80	6,00	15,80	9,70	9,84
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	120	28,76	18,28	3,10	12,10	6,50	6,00	12,46
Об. жесткость, ммоль/дм ³	10	2,54	1,95	2,80	1,91	3,00	3,40	2,60
Fe _{об} , мг/дм ³	0,1	3,98	4,58	3,00	1,06	1,89	1,14	2,61
Mn ²⁺ , мг/дм ³	0,01	0,15	0,15	0,09	-	0,03	-	0,10
Минерализация, мг/дм ³		287,8	205,7	219,6	170,3	239,3	269,6	232,1
Перм.окис-ть, мг/дм ³	5-10	53,49	59,88	-	-	-	-	56,69
ХПК, мг/дм ³	15	100	104	-	-	-	-	102
БПК ₅ , мг/дм ³	3	-	1,6	-	-	-	2,7	2,2
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	0,237	0,117	-	-	0,020	0,03	0,101
Cd, мг/дм ³	0,005	0,0005	0,0005	0,0003	-	0,001	-	0,0006
Pb, мг/дм ³	0,006	0,003	0,003	0,003	-	0,002	-	0,003
Cu, мг/дм ³	0,001	0,028	0,014	0,002	-	0,001	-	0,011
Zn, мг/дм ³	0,1	0,109	0,071	0,023	-	0,005	-	0,052
Si, мг/дм ³	10	-	-	4,4	2,65	5,6	9,1	5,4
C _{орг} , мг/дм ³		-	-	11,2	24,9	16,9	-	17,7

Существуют различные методы оценки влияния антропогенных факторов на изменение качества вод. Метод комплексной оценки степени загрязненности, описанный в РД 52.24.643-2002 [2], позволяет однозначно скалярной величиной

оценить загрязненность воды одновременно по широкому перечню ингредиентов и показателей качества воды, классифицировать воду по степени загрязненности.

Наиболее информативными комплексными оценками, получаемыми по данному методу, являются удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) и класс качества воды. Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса и большому номеру класса соответствует худшее качество воды.

Для расчета комбинаторного индекса загрязненности воды по каждому ингредиенту проводились вычисления, представленные в таблице 2.

В графу 2 таблицы 2 заносятся данные по числу определений. В графу 3 помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК. Результаты помещаются в графу 4. По значениям повторяемости согласно методическим указаниям [2] определяют частный оценочный балл $S(\alpha(ij))$ (графа 5). Далее рассчитывается кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7). По значениям средней кратности превышения ПДК согласно методическим указаниям определяют частный оценочный балл $S(\beta(ij)_{ср})$, который помещаются в графу 8. Далее определяют обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту. Значения обобщенного оценочного балла помещают в графу 9. Значения комбинаторного индекса загрязненности воды SA определяется как сумма обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту.

По значениям обобщенных оценочных баллов и условию $S_{ij} \geq 9$ число критических показателей загрязненности равно $F=4$ (железо общее, марганец, ХПК, медь). Тогда коэффициент запаса $k=0,6$.

Согласно методическим указаниям [2] воды реки Васюган можно классифицировать как «грязные» (4 класс, разряд «б»).

По повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам определяется как «неустойчивая», «устойчивая» и «характерная».

Превышение ПДК наблюдалось по 9 ингредиентам химического состава воды из 18 определяемых показателей. Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По соединениям железа, марганца и меди наблюдался «высокий» уровень загрязненности воды. Для фосфатов, аммонийного азота, ХПК и нефтепродуктов характерен «средний» уровень загрязненности. Для нитритов и соединений цинка характерен «низкий» уровень загрязненности вод.

Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят соединения железа, марганца, ХПК и меди. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 13,6, 12,1, 10,4 и 12,5 соответственно, что превышает критические показатели загрязненности воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохраных мероприятий.

По результатам расчетов качество вод реки Васюган в большинстве случаев не соответствует нормативным требованиям по содержанию нефтепродуктов, соединений железа, марганца и меди, органических веществ по величине ХПК.

Такое низкое качество поверхностных вод определяется высокой заболоченностью водосборной площади реки Васюган (более 30%), вследствие

высоких содержаний железа и марганца, органических веществ в болотных водах, питающих реку.

Таблица 2

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки Васюган

Показатели загрязненности (мг/дм ³)	$n_{(ij)}$	$n'_{(ij)}$	$\alpha_{(ij)}$	$\beta_{(ij)cp}$	$S_{(\alpha_{(ij)})}$	Хар-ка загрязненности воды по повторяемости случаев	$S_{(\beta_{(ij)cp})}$	Хар-ка уровня загрязненности по кратности превышения ПДК	S_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хлориды	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Сульфаты	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Нитраты	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Нитриты	6	2	33,3	1,4	3,17	Характерная	1,4	Низкий	4,4
Фосфаты	6	3	50	3,8	4	Устойчивая	2,2	Средний	8,9
Аммоний	6	4	66,7	2,8	4	Устойчивая	2,1	Средний	8,4
Кальций	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Магний	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Натрий	6	0	0	0	0	-	0	-	0
Железо об.	6	6	100	26,1	4	Устойчивая	3,4	Высокий	13,6
Марганец	4	4	100	10,5	4	Устойчивая	3,0	Высокий	12,1
ХПК	2	2	100	6,8	4	Устойчивая	2,6	Средний	10,4
БПК ₅	2	0	0	0	0	-	0	-	0
Нефтепродукты	4	2	50	3,5	4	Устойчивая	2,2	Средний	8,8
Кадмий	4	0	0	0	0	-	0	-	0
Свинец	4	0	0	0	0	-	0	-	0
Медь	4	3	75	14,7	4	Устойчивая	3,1	Высокий	12,5
Цинк	4	1	25	1,1	2,75	Неустойчивая	1,1	Низкий	3,0
Значения комбинаторного индекса загрязненности воды S_A									82,04
Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды S'_A									4,56

Наиболее специфическим компонентом природных вод региона является железо, содержание которого повсеместно превышает предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов. Повышенные значения железа обусловлены природными гидрогеохимическими особенностями территории и имеют размах 1,06 – 4,58 мг/дм³, что является превышением ПДК для рыбохозяйственных водоемов в 10,6 – 45,8 раз.

Содержание нефтепродуктов по требуемым нормам не должно превышать 0,05 мг/дм³ для рыбохозяйственных водоемов. В водах реки Васюган, питание которых происходит преимущественно за счет болотных вод, значения нефтепродуктов колеблются в пределах от 0,02 до 0,237 мг/дм³. Это может быть связано как с природными источниками поступления нефтепродуктов в воды, так и с воздействием на водные экосистемы антропогенных факторов, таких как добыча нефти.

Повышенные значения биогенных элементов, таких как азот и фосфор, могут служить индикаторами загрязнения речных вод в результате неправильного

применения минеральных и органических удобрений или загрязнения органическими веществами животного происхождения, привносимых с поверхностным стоком. Содержание азота аммонийного в исследуемых водах в среднем в 2 раза превышает нормативные значения и составляет 0,1 – 1,74 мг/дм³. Содержание фосфатов колеблется в пределах 0,05 – 0,377 мг/дм³.

По данным специалистов медь и другие тяжелые металлы поступают в реки, в основном, с поверхностным стоком, при этом происходит накопление данных элементов в водных ландшафтах. [4] Значения концентраций меди колеблются в пределах от 0,001 до 0,028 мг/дм³. По содержанию меди качество речных вод в среднем в 11 раз хуже нормативного.

Таким образом, воды реки Васюган по величине УКИЗВ характеризуются как «грязные», 4 класс, разряд «б». Приоритетными загрязняющими веществами реки Васюган являются соединения железа, марганца, меди, нефтепродукты и органические вещества.

Литература

1. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения / Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 №20
2. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям / Росгидромет. - СПб.: Гидрометеиздат, 2003 г.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 15. Алтай и Западная Сибирь. Выпуск 2. Средняя Обь. Монография. - Л.: Гидрометеиздат, 1972 г.
4. Петрухин В.А. «Фоновое загрязнение тяжелыми металлами природных сред в бассейне Верхней Волги» // Мониторинг фонового загрязнения природной среды. - JL, - Гидрометеиздат, 1982. - С. 147-165.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ШАДРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Е.А. Ворожейкина, В.В. Дребот
Научный руководитель доцент О.Г. Токаренко

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: drebotVV@sibmail.com*

Аннотация. Для подземных минеральных вод Шадринского месторождения по данным химического состава представлена их характеристика согласно действующему стандарту. Приведена формула химического состава, на основании которой был установлен аналог рассматриваемых вод. Дана сравнительная характеристика минеральных вод, в результате чего были выявлены их типичные особенности.

Abstract. For underground mineral waters Shadrinsk field according to the data of chemical composition are presented their characteristics according to the current standard. The formula of the chemical composition on the basis of which was established the analog of the considered waters. Comparative characterization of the mineral waters, the result of which revealed their typical features.

Благодаря особому ионному и газовому составу, а также повышенному содержанию биологически активных компонентов, оказывающих положительное лечебное воздействие на организм человека, минеральные воды считаются наиболее ценным и полезным природным ресурсом. Отнесение тех или иных подземных вод к

минеральным, а также их использование для внутреннего применения осуществляется согласно национальному стандарту Российской Федерации ГОСТ Р 54316-2011.

Так, согласно стандарту, минеральные природные питьевые воды – это подземные воды, добытые из водоносных горизонтов или водоносных комплексов, защищенные от антропогенного воздействия, сохраняющие естественный химический состав и относящийся к пищевым продуктам, а при наличии повышенного содержания отдельных биологически активных компонентов (бора, брома, мышьяка, железа суммарного, йода, кремния, органических веществ, свободной двуокиси углерода) или повышенной минерализацией, оказывающее лечебное профилактическое действие [3].

Целью настоящей работы является сравнение химического состава эксплуатационных скважин Шадринского месторождения минеральных вод.

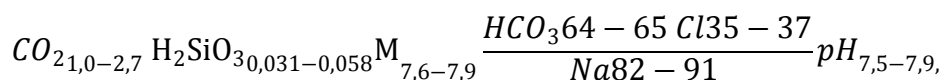
Согласно ГОСТ Р 54316-2011, минеральные воды Шадринского месторождения показаны к применению при заболеваниях кишечника, печени, желчного пузыря, желчевыводящих путей, обмена веществ.

Шадринское месторождение расположено в западной периферийной части Тобольского артезианского бассейна. Углекислые воды в районе г. Шадринска Курганской обл. впервые выделены в 1970 г. при проведении в долине р. Исети разведочных работ на пресные подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения города [2]. Особенностью инъекционных месторождений в артезианских бассейнах является многопластовость водоносной системы, представленной здесь этажно залегающими водоносными горизонтами, разделенными слабопроницаемыми пластами. Минеральная вода «Шадринская» выводится на поверхность земли из скважины № 315 самоизливом с глубины 285 метров, что обуславливает экологическую чистоту продукта. В настоящее время отбор углекислых минеральных вод ведется на нескольких относительно небольших водозаборных участках с общими утвержденными запасами 207,5 м³/сут (в том числе 63,5 м³/сут — по кат. В и 144 м³/сут — по кат. С1) [1].

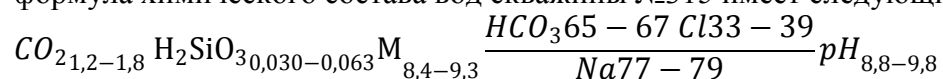
Месторождение минеральных вод приурочено к верхнемеловому (камышловско-зайковскому) горизонту и выявлено только в этой водопроницаемой толще многопластовой водоносной системы района.

На Шадринском месторождении имеется около 30 скважин, но только единицы из них являются эксплуатационными, то есть скважинами, из которых осуществляется добыча минеральной воды с целью её дальнейшей переработки. Большая часть скважин месторождения являются наблюдательными и разведочными [1]. В настоящее время эксплуатационными являются скважины №№315 и 319 [6]. В данной работе приведен сравнительный анализ химического состава минеральных вод именно этих скважин (табл.).

Формула ионно-солевого состава вод скважины №319 выглядит следующим образом:



тогда как формула химического состава вод скважины №315 имеет следующий вид:



Воды Шадринского месторождения можно отнести к среднеминерализованным лечебно-столовым водам, углекислым, хлоридно-гидрокарбонатным натриевым. Воды отличаются повышенной концентрацией кремниевой кислоты и низким или полным отсутствием сульфат-иона. В воде наблюдаются невысокие концентрации относительно установленных ГОСТом кондиций относительно бора 3,8-4,4 мг/л и йода

Таблица

Химический состав углекислых минеральных вод Шадринского месторождения, мг/л

Год отбора	pH*	CO ₂	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Минерализация	NH ₄	H ₂ SiO ₃
Скважина 319												
1999	7,6	1628,0	4087,0	1342,0	2	1989,0	56,5	160,0	107,0	7775,5	0,08	32,0
	7,8	1258,4	4076,0	1364,9	–	1952,0	42,3	150,0	116,6	7737,2	8,4	35,4
	7,5	1205,6	4063,8	1364,9	–	1977,1	42,6	162,8	109,7	7775,93	8,2	55,03
	7,6	1267,2	4088,2	1347,2	–	1921,4	42,3	156,5	118,4	7727,1	5,7	33,1
	7,8	16223	4039,3	1311,8	–	1997,1	41,5	165,4	113,3	7726,6	7,8	58,2
2000	7,5	1140,0	4063,8	1347,2	–	1950,2	14,5	155,4	117,6	7702,5	8,2	53,8
	7,9	1587,2	4076,0	1347,2	–	1959,5	40,7	164,8	113,3	7756,2	7,6	54,7
	7,6	1188,0	4112,6	1347,2	–	2052,1	41,3	163,1	115,5	7887,2	7,0	55,4
	7,8	1091,2	4088,2	1311,8	–	1937,5	42,2	154,9	111,0	7693,1	12,5	47,5
2001	7,9	2706,0	4051,5	1294,0	–	2163,8	42,2	74,8	53,7	7711,0	7,6	31,0
Скважина 315												
1998	8,8	1672,0	4904,4	1455,5	–	2254,5	43,5	250,9	158,8	9097,7	9,5	30,07
	9,1	1760,0	4966,8	1506,7	–	2155,6	42,2	221,6	189,4	9082,3	9,5	–
1999	9,7	1537,6	4910,5	1473,3	4,1	2156,9	42,3	222,8	163,3	9006,8	7,3	33,6
	9,5	1535,0	5125,5	1453,6	1,2	2218,8	40,0	223,4	164,7	9262,2	0,96	35,0
	8,9	1837,0	5003,4	1524,5	–	2268,5	45,2	231,3	162,5	9235,4	11,7	–
	9,1	1735,8	4896,6	1489,0	2,5	2125,0	43,5	222,6	159,9	9000,4	9,4	61,3
	9,1	1760,0	4844,8	1506,8	–	2275,0	42,4	228,8	161,4	9120,0	10,6	60,8
2000	8,9	1214,4	4893,6	1524,5	–	2148,1	43,4	212,8	161,1	9035,8	12,6	52,3
	9,2	1311,2	4698,3	1506,8	–	2157,9	40,6	212,7	153,5	8784,9	11,6	15,08
	9,5	1284,8	4881,4	1524,5	–	2282,2	10,6	228,7	165,1	9152,01	10,2	59,51
	8,8	1204,0	4893,6	1524,5	–	2148,1	43,4	212,8	161,1	9035,8	12,6	52,3
2001	9,4	1364,0	4979,0	1524,5	–	2225,7	43,3	233,9	158,3	9227,3	11,7	62,6

* – пределы pH взяты из [1]

0,8-1,9 мг/л. Содержания лития и фтора, которые ГОСТом не регламентируются, варьируют в пределах 0,2-0,4 и 0,3-0,5 мг/л, соответственно. Надо отметить, что содержание последнего является невысоким по сравнению с термальными водами, например, Байкальской рифтовой зоны [5], где его содержание достигает 47 мг/л.

Видно, что воды скв. №315 являются более минерализованными и более щелочными, в отличие от скв. №319 (рис.). Вероятнее всего, это связано с глубиной залегания водоносного горизонта минеральных вод. В обеих скважинах наблюдаются схожие концентрации углекислого газа, однако, pH раствора при этом разные.

В работе [1] показано, что минеральные воды образуются с участием вод верхнемелового водоносного горизонта в результате их насыщения углекислым газом. Считается, что источником углекислотного флюида являются осадочные карбонат-содержащие породы девона и карбона, слагающие фундамент Западно-Сибирской плиты. В районе г. Шадринска фундамент плиты погружается под более древние архейско-протерозойские породы под углом примерно 30°. Здесь глубина погружения карбонат-содержащих пород достигает 20 – 30 км, а пластовая температура – до 300 – 450 °С. Это приводит к выделению из погружающихся осадочных пород девона и карбона метаморфогенного углекислого газа. Последний поступает в верхнемеловой водоносный горизонт по зонам разрывных нарушений. Подобная модель формирования углекислых минеральных вод представлена в работе [4] на примере Терсинского месторождения, где углекислый газ поступает по региональному разлому.

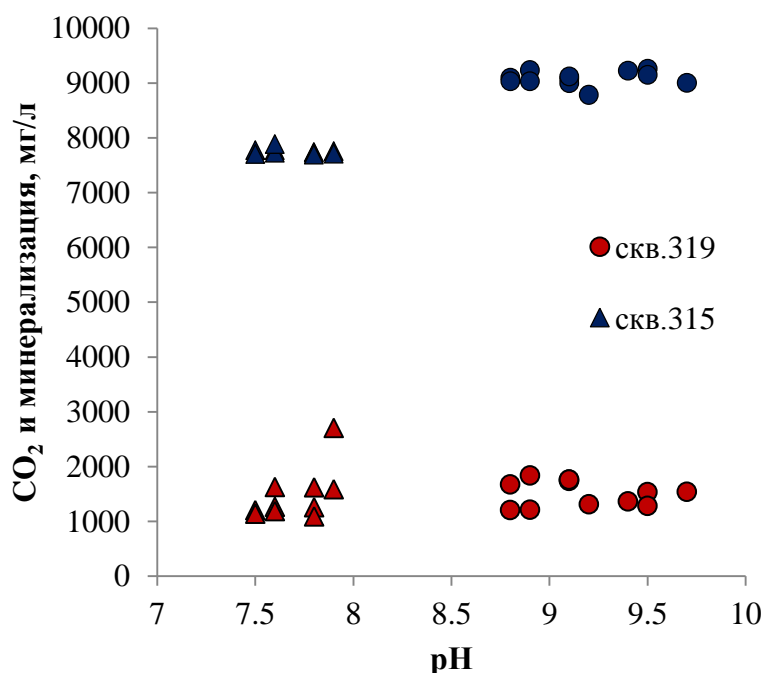


Рис. Содержание углекислого газа, pH и минерализации в минеральных водах Шадринского месторождения (красным обозначено содержание углекислого газа, синим – минерализация)

Месторождение является удивительным еще и потому, что выделяется неоднородностью химического состава вод. Анализ данных указывает на то, что пробы со скважин на исследуемой территории различны. Уникально Шадринское месторождение минеральных вод тем, что на небольшой площади (около 60 кв. км.), которое занимает месторождение, выведены минеральные воды различных типов, аналогичные Боржоми, Ессентуки № 4, Ессентуки № 17. Согласно современному стандарту ГОСТ Р 54316-2011 выделяется шадринский тип минеральных вод [1, 3].

Таким образом, минеральные воды, представленные верхнемеловым (камышловско-зайковским) водоносным горизонтом, отличаются своим неоднородным химическим составом. Это позволяет добывать воды одной водопроницаемой толщи с различным химическим составом. Следовательно, данный водоносный горизонт является уникальным по своей структуре. Эксплуатационные скважины имеют свои оригинальные показатели по химическому составу, что в конечном итоге определяет качество и вкусовые характеристики минеральной воды.

Литература

1. Вишняк А.И., Четверкин И.А., Новиков В.П., Плотникова Р.И. Гидрогеологическая модель Шадринского месторождения углекислых минеральных вод как основа оценки его запасов // Разведка и охрана недр. – 2011. – №. 11 – С. 35–43
2. Вечканова Е.И. Гидрогеохимические условия Курганской области // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 150-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 130-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 518-521.
3. ГОСТ Р 54316-2011 Воды минеральные природные питьевые. – М.: Стандартинформ, 2011.
4. Копылова Ю.Г., Лепокурова О.Е., Токаренко О.Г., Шварцев С.Л. Химический состав и генезис углекислых минеральных вод месторождения Терсинское (Кузбасс) // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 436 – №. 6. – С. 804–808.
5. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О. Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54 – №. 5. – С. 647–664.
6. <http://milk45.ru/product/mineralnaya-voda/shadrinskaya-319/data//2015/1022.html> (дата обращения: 22.10.2015).

ПОСТУПЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В РЕКУ УШАЙКУ

А.С. Гейвус

Научный руководитель доцент Е.Ю.Пасечник

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: nastyavo4ka@mail.ru*

Аннотация. Формирование целостных представлений об антропогенном воздействии на экосистему бассейна реки Ушайки (в пределах г. Томска) требует, в первую очередь, чтобы в системе оценок геоэкологического состояния района особое внимание было уделено антропогенным изменениям гидросферы. В связи с чем, весьма актуальной научно-практической задачей является расчет количества загрязняющих веществ, поступающих в реку Ушайку с поверхностным стоком с водосборной территории в пределах г. Томска в условиях интенсивного хозяйственного использования, и степени антропогенного воздействия на гидросферу города.

Abstract. Formation of a holistic view of the human impact on the ecosystem of the river basin Ushaika (within the city of Tomsk) requires, first of all, to the ratings system in the state of geo-environmental area, special attention was paid to human-induced changes in the hydrosphere. In this connection, a very important scientific and practical task is to calculate the amount of pollutants released into the river Ushaika with surface runoff from the catchment area within the city of Tomsk in the intensive economic use and the extent of human influence on the hydrosphere city.

Степень и характер загрязнения поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий различны и зависят от санитарного состояния бассейна

В соответствии с РД 52.24.643-2002, определен примерный состав поверхностного стока для данного случая.

Таблица 2
Количественная характеристика поверхностного стока, мг/л [3]

Площадь стока	Дождевой сток			Талый сток		
	ВВ	БПК ₂₀	НП	ВВ	БПК ₂₀	НП
Участки селитебной территории с высоким уровнем благоустройства и регулярной механизированной уборкой дорожных покрытий	400	40	8	2000	70	20

Примечание: НП – нефтепродукты; ВВ – взвешенные вещества

Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод, образующихся на данной (селитебной, рекреационной или просто городской) территории, складывается из среднегодовых объемов дождевых, талых и поливочных вод.

Таблица 3
Расчетные характеристики для определения среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

F	площадь водосборной территории [1]	42 км ² = 4200 га
h _д	слой осадков за теплый период года [4]	377 мм
h _т	слой осадков за холодный период года [4]	171 мм
ψ _д	общий коэффициент стока дождевых вод (для средних городов) [5]	0,4
m	удельный расход воды на мойку дорожных покрытий [5]	1,2 л/м ² на одну мойку
k	среднее количество моек в году [5]	для средней полосы России около 150
ψ _м	коэффициент стока для поливочных вод [5]	0,5
ψ _т	коэффициент стока талых вод [5]	0,5

Для водосборной территории р.Ушайка это значение на основе данных таблицы 3 будет составлять:

$$W_{\Gamma} = W_{\text{д}} + W_{\text{т}} + W_{\text{м}} = W_{\Gamma} = 63336 + 35910 + 37800 = 13704600 \text{ м}^3$$

где $W_{\text{д}}$ – среднегодовой объем дождевых вод:

$$W_{\text{д}} = 10h_{\text{д}} \cdot \psi_{\text{д}} \cdot F = 10 \cdot 377 \cdot 0,4 \cdot 42 = 6333600 \text{ м}^3,$$

где: $W_{\text{т}}$ – среднегодовой объем талых вод:

$$W_{\text{т}} = 10h_{\text{т}} \cdot \psi_{\text{т}} \cdot F = 10 \cdot 171 \cdot 0,5 \cdot 42 = 3591000 \text{ м}^3,$$

где: $W_{\text{м}}$ – среднегодовой объем поливочных вод:

$$W_{\text{м}} = 10 \cdot m \cdot k \cdot \psi_{\text{м}} \cdot F_{\text{м}} = W_{\text{м}} = 10 \cdot 1,2 \cdot 150 \cdot 0,5 \cdot 42 = 3780000 \text{ м}^3$$

Составляющими площади стока могут быть кровли, твердые покрытия, участки озеленения, мощные дорожки и т.д.

В соответствии с РД 52.24.643-2002 принимается коэффициент дождевого стока равный 0,4 [3].

Расчет количества поступающих загрязняющих веществ с ливневыми и талыми водами

Расчет массы загрязняющих веществ, поступающих в реку Ушайку с дождевыми и тальми водами проводился на основе СП 32.13330.2012; СП 131.13330.2012, РД 52.24.643-2002.

Масса сброса загрязняющего вещества (М, т/год) с неорганизованным стоком с территории (водосбора) объекта определяется по формуле:

$$M_i = S_T (W_D \cdot m_{iD} + W_T \cdot m_{iT}) 10^{-6} + S_{ВП} \cdot W_{П} \cdot m_{iH} \cdot 10^{-6}$$

Таблица 4

Расчетные характеристики для определения количества поступающих загрязняющих веществ с дождевыми и тальми водами

S_T	площадь территории (водосбора)	4200 га
$W_D, W_T, W_{П}$	объем стока дождевых, тальных и поливомоечных вод	м ³ /га
m_{iD}, m_{iT}, m_{iH}	концентрация i -го загрязняющего вещества в стоке соответственно дождевых, тальных и поливомоечных вод	мг/л
$S_{ВП}$	площадь водонепроницаемых покрытий, подвергающихся мокрой уборке [1]	1500 га
H_T	слой осадков за теплый период [4]	377 мм
$K_{ВП}$	коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока [5]	0,9
K_q	коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для данной местности продолжительностью 20 мин [5].	0,75

Площади водонепроницаемых покрытий (дороги, площадки и т.п.) и общая площадь территории, на которой формируется загрязненный поверхностный сток, определяются по данным генерального плана землеустройства.

Объем стока дождевых вод (W_D , м³/га) для водосборной площади р.Ушайка будет равен:

$$W_D = 2,5 \cdot H_T \cdot K_q \cdot K_{ВП} = 2,5 \cdot 377 \cdot 0,75 \cdot 0,9 = 636,2 \text{ м}^3/\text{га}$$

Таблица 5

Расчетные характеристики для определения объема стока дождевых вод

H_X	слой осадков за холодный период года [4]	171 мм
K_T	коэффициент, учитывающий объем стока тальных вод в зависимости от условий снеготаяния [5]	0,56
K_B	коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории [3]	0,5

Коэффициент $K_{ВП}$ изменяется в зависимости от степени распространения водонепроницаемых поверхностей $P_{ВП}$ (значение $P_{ВП}$ в процентах определяется как отношение площади водонепроницаемых поверхностей – $S_{ВП}$ (га), к которым относятся кровли зданий, дороги, площадки, тротуары и т.п., к общей площади территории – S_T (га).

$$P_{ВП} = S_{ВП} : S_T \cdot 100\% = 1500 : 4200 \cdot 100\% = 35\%$$

Объем стока тальных вод (м³/га):

$$W_T = H_X \cdot K_T \cdot K_B = 171 \cdot 0,56 \cdot 0,5 = 47,88 \text{ м}^3/\text{га}$$

Таблица 6

Концентрации основных загрязняющих веществ в поверхностном стоке

Ингредиенты	Значение	
	2008 г.	2011 г.
ВВ, мг/дм ³	24,3	13,3
НП, мг/дм ³	0,04	0,04
БПК _{ПОЛН} , мг О ₂ /дм ³	1,8	2,5
ХПК, мг О ₂ /дм ³	26,1	13,1
	2009 г.	2012 г.
ВВ, мг/дм ³	8,8	18,8
НП, мг/дм ³	0,04	0,04
БПК _{ПОЛН} , мг О ₂ /дм ³	3,6	7
ХПК, мг О ₂ /дм ³	16,5	19,1
	2010 г.	2015 г. (3 квартала)
ВВ, мг/дм ³	59,7	16,78
НП, мг/дм ³	0,04	0,04
БПК _{ПОЛН} , мг О ₂ /дм ³	1,6	5,78
ХПК, мг О ₂ /дм ³	22,3	16,04

Томская область, согласно СП **32.13330.2012**, входит в район 2 – к северу от района 1 до устья р. Мезень и далее на восток, примерно по Северному полярному кругу; сюда относится Северо-Западная территория Европейской части России. Концентрации загрязнений в поверхностном стоке следует принимать по данным физико-химических анализов. Нами использованы данные Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области и ОГУ «Облкомприрода» (табл.6). При отсутствии необходимых данных о концентрациях нефтепродуктов в поверхностных стоках для предварительных расчетов следует принимать концентрацию равную 0,04 мг/л.

Таким образом нами получены данные по количеству загрязняющих веществ (М_г), поступающих в .р.Ушайка с территории водосбора (табл.7).

Таблица 7

Количество загрязняющих веществ в ливневых и талых водах

Ингредиенты	Значение, т/год					
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	3 квартала 2015 г.
ВВ	69,8	25,3	171,5	38,2	54,01	48,2
НП	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
БПК _{ПОЛН}	5,2	10,4	4,6	7,2	20,1	16,6
ХПК	74,9	47,4	64,1	37,6	54,8	46,08

Заключение

В ходе исследовательской работы был проанализирован химический состав реки за 2008-2012 гг., 3 квартала 2015г. Качество воды оценивалось по 13 ингредиентам. Превышение значений ПДК было установлено по ХПК, БПК₅, железу общему, фенолам, фосфатам. Также был произведен расчет массы сброса загрязняющего вещества (М, т/год) с неорганизованным стоком с территории водосбора р. Ушайка.

Значительную долю в общей оценке количества загрязняющих веществ поступающих с поверхностным стоком в реку составляют взвешенные вещества и ХПК.

Литература

1. Генеральный план г. Томска. Комплексный градостроительный анализ: [Электронный ресурс]: URL: http://map.admin.tomsk.ru/pages/gp_pub/2tom/p0212.html, свободный. Дата обращения: 22.08.2015 г.
2. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области [Электронный ресурс]: URL: <http://www.green.tsu.ru>, свободный. Дата обращения: 22.08.2015 г.
3. РД 52.24.643-2002 «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты».
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Дата введения 01. 01. 2013. С изменениями от 21.05.2015. – М.: Минрегион России, 2012. – 104 с.
5. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 29 декабря 2011 г. N 635/11). – М.: Минрегион России, 2012. – 97 с.
6. СП 33-101-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 72 с.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТУТУЯССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ КУЗБАСС)

А.Г. Гридасов

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: gridasov@tpu.ru*

Аннотация. Описаны условия формирования запасов подземных вод Тутуяского месторождения при дефиците гидрогеологических данных на участке водозабора. Выполнен анализ картографических материалов, климатических условий и геологического строения региона. Построена численная геофильтрационная модель бассейна реки Тутуяс. Проанализирована приходная составляющая водного баланса нижнетутуяской площади.

Abstract. Conditions of groundwater resource formation at Tutuyas field are described at the lack of data of hydrogeological research. Relief, climate and geological data analysis are provided. The numerical geofiltration model of Tutuyas river basin is created. The inflow component of water balance at Lower Tutuyas square is analyzed.

Тутуяское месторождение подземных вод расположено в центральной части Подобасско-Тутуяской депрессии и приурочено к долине реки Тутуяс. Месторождение локализовано при изыскании источников водоснабжения для города Новокузнецка в 50-60 г.г. XX века. В ходе этих работ выявлена высокая перспективность нижнетутуяской площади для добычи подземных вод, проведена разведка Тутуяского месторождения и произведён подсчёт его запасов. Известно, что суммарные запасы Тутуяского МПВ, подсчитанные по категориям А, В, С1 и С2, составляют 100 000 м³/сут [3]. Поскольку изыскание дополнительных источников водоснабжения велось на перспективу развития региона, месторождение так и не было введено в эксплуатацию, а является в настоящее время резервным. Природные условия нижнетутуяской площади уникальны: распространённым здесь мезозойским отложениям присуща высокая проницаемость, при этом открытый характер их залегания обеспечивает благоприятные условия восполнения запасов подземных вод. Вкупе с низкой антропогенной нагрузкой на площади водосбора, это обеспечивает высокую ценность месторождения подземных вод на данной территории.

Долгое время потенциал техногенного воздействия на подземные воды Тутуяского месторождения отсутствовал. Однако в начале двухтысячных годов ОАО «Газпром» приступило к реализации проекта по оценке возможности промышленной добычи в Кузнецком бассейне метана из угольных пластов [2]. В результате проведённых работ выявлен высокий метаносный потенциал пермских отложений в районе Подобасско-Тутуяской депрессии, а Тутуяское месторождение подземных вод оказалось в пределах площади, перспективной для добычи угольного метана.

Ввиду планируемой добычи угольного метана, возникла необходимость прогноза взаимодействия углеметановых скважин и водозаборных сооружений, а также оценки влияния нового промысла на подземные воды региона. Для этого требуются данные как о формировании запасов подземных вод Тутуяского месторождения, так и о характере влияния водоотбора на нижнетутуяской площади, а в распоряжении исследователей этой проблематики необходимые материалы отсутствуют. Таким образом, целью настоящей работы является оценка условий формирования запасов подземных вод Тутуяского месторождения на основе обобщения доступной информации о природных условиях региона и анализа гидрогеологической модели, разработанной для данной природно-технической системы. Задачи: собрать и обобщить информацию о природных условиях, определить границы водосборного бассейна реки Тутуяс, построить геофильтрационную модель в границах бассейна, проанализировать условия формирования запасов подземных вод нижнетутуяской площади, оценить обеспеченность ранее подсчитанной величины запасов Тутуяского месторождения.

Природные условия. Район исследований расположен в южной части Кузнецкого бассейна, на правом берегу реки Томь, между городами Новокузнецк и Междуреченск (Рис.1).

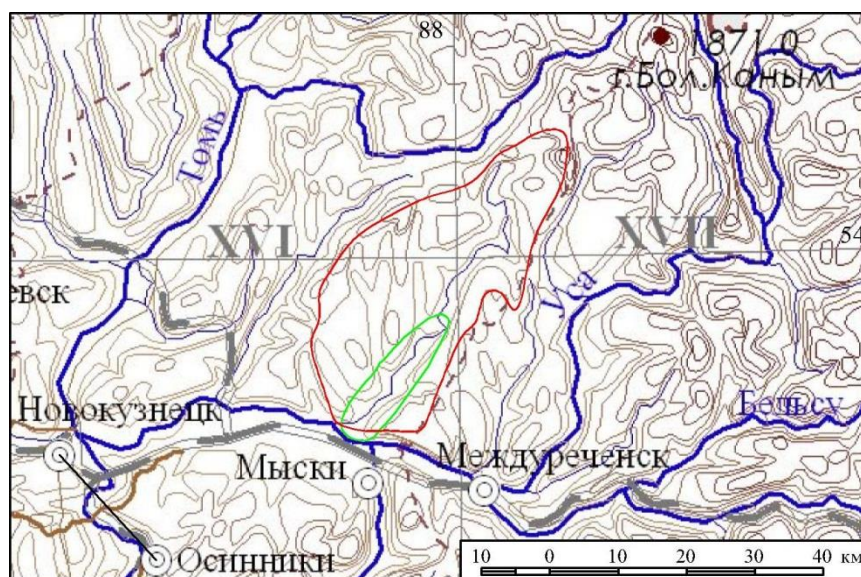


Рис. 1. Схема расположения исследуемых объектов. Красный контур – бассейн водосбора реки Тутуяс, зелёный контур – нижнетутуяская площадь

Нижнетутуяская площадь соответствует долине реки Тутуяс в её нижнем течении. Поскольку участок месторождения приурочен к реке, а перспективный водоносный комплекс гидродинамически связан с поверхностными водами, то область формирования запасов подземных вод является вся площадь водосбора.

Климат района резко континентальный с продолжительной холодной зимой и относительно коротким, но жарким летом. Согласно наблюдениям Новокузнецкой метеостанции [7], среднегодовая температура воздуха здесь составляет $+0,7^{\circ}\text{C}$ при крайних среднемесячных значениях от $+35^{\circ}$ в июле до -50° в январе. В течение года выпадает в среднем 500 мм осадков, минимум составляет 367, а максимум не превышает 767 мм.

Исследуемая площадь находится в области предгорий Кузнецкого Алатау. Здесь развит пологосклонный рельеф низкогорного типа. Общий уклон с северо-востока на юго-запад соответствует направлению стока реки Тутуяс. Абсолютная высота поверхности от 200 м в пойме реки Томь до 1200 м на водораздельных площадях.

Главной водной артерией региона является река Томь, которая образует южную границу изучаемой площади. Основная дрена исследуемой площади - река Тутуяс имеет протяженность русла около 75 км. Она берёт начало в отрогах Кузнецкого Алатау на отметках выше 1000 м абсолютной высоты. Бассейн реки сформирован многочисленными притоками, среди которых преобладают правобережные.

Водовмещающие породы представлены конгломератами с прослоями песчаников и пропластками бурых углей юрского возраста (J1-2). Породы поражены региональной системой трещин экзогенного, диагенетического и тектонического происхождения. По условиям циркуляции воды юрских отложений относятся к трещинным и трещинно-жильным. Проницаемость пород зависит от интенсивности дробления и открытости трещин. Высокая проницаемость свойственна верхней части разреза, соответствующей зоне активного водообмена, нижняя граница которой проходит на глубинах до 150 м [1].

Моделирование гидродинамических условий. Границы водосборного бассейна реки Тутуяс определены путём анализа цифровой модели рельефа с помощью гидрологического набора инструментов из модуля Spatial Analyst в программном комплексе ArcGIS [5]. Там же выполнено моделирование сети водотоков. Площадь бассейна составляет 884,2 км².

Для определения условий залегания подземных вод в бассейне реки Тутуяс, построена региональная гидродинамическая модель. Моделирование выполнено с помощью модуля MODFLOW в программном комплексе GMS [6]. Площадь бассейна представлена равномерной конечно-разностной сеткой 250×250 м, в ячейках которой заданы значения абсолютной высоты рельефа, коэффициента фильтрации и интенсивности инфильтрационного питания, определены параметры русла водотоков. Значение коэффициента фильтрации варьируется от 1 м/сут для водораздельных площадей до 20 м/сут для долины р. Томи и нижнего течения р. Тутуяс. Интенсивность инфильтрационного питания соответствует средней величине для района исследований и задана для всех ячеек одинаковой: 0,0002 м/сут. Благодаря относительно простым гидрогеологическим условиям, разрез упрощён до однослойной модели, которая соответствует зоне свободного водообмена. Южная граница области фильтрации, проходящая по реке Томь, задана граничными условиями 1-го рода с постоянным значением напора. Остальной периметр модели, определяемый водоразделами речных бассейнов, задан границами 2-го рода с нулевым расходом. Русло реки Тутуяс и притоки определяют положение внутренних границ с условиями 3-го рода.

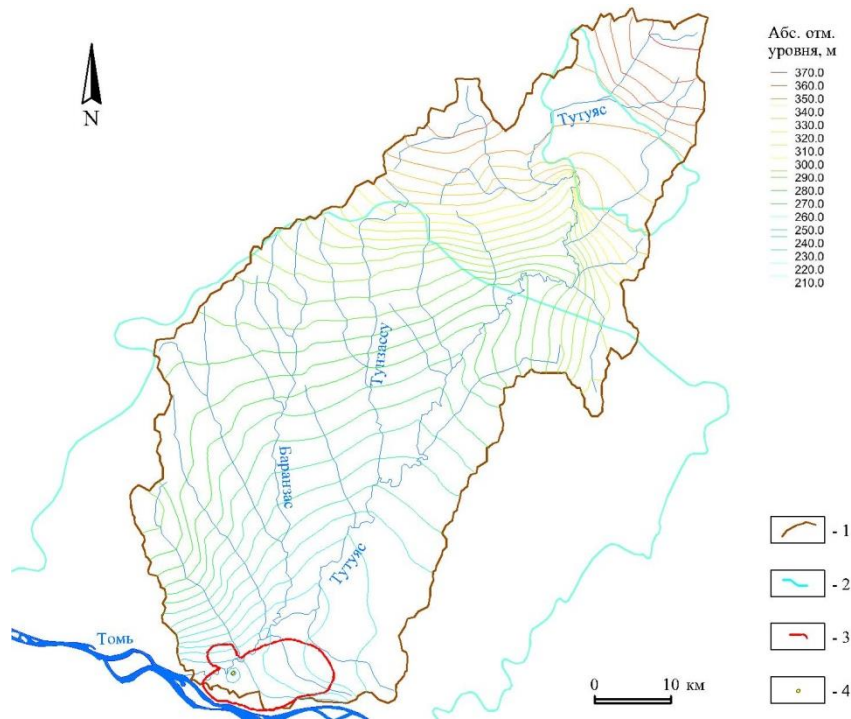


Рис. 2. Модель поверхности подземных вод в нарушенных условиях.
 1 – границы бассейна реки Тутуяс; 2 – контур мезозойских отложений; 3 – область влияния месторождения подземных вод; 4 – водозаборный участок

Обсуждение результатов

Собранные данные о природных условиях региона в достаточной степени характеризуют условия формирования запасов подземных вод Тутуяского месторождения. Полученная модель поверхности подземных вод (Рис.2) позволяет выполнить оценку влияния водоотбора на нижнетутуянской площади. Характер влияния свидетельствует о тесной связи подземных вод с поверхностными водотоками. Следовательно, значительная доля запасов Тутуяского месторождения обеспечивается привлекаемыми ресурсами, которые формируются на всей площади водосборного бассейна реки Тутуяс.

Граница области влияния Тутуяского водозабора (красный контур, Рис.2) проведена по изолинии понижения уровня подземных вод на 0,1 м за расчётный период 10 000 сут. Форма депрессионной поверхности отражает тесную гидравлическую связь водозабора с рекой Тутуяс, при этом прослеживается взаимодействие и с рекой Томь, хотя она находится на значительном расстоянии. Область влияния водозабора вытянута в восточном направлении, поскольку в этой части отсутствуют крупные водотоки.

Величина инфильтрационного питания подземных вод на площади бассейна составляет около 180 000 м³/сут, что превышает ранее подсчитанные суммарные запасы Тутуяского месторождения практически в два раза. В сочетании с высокой проницаемостью водовмещающих пород это создаёт благоприятные условия для восполнения запасов подземных вод.

Заключение

В результате проведённых исследований определены условия формирования запасов Тутуяского месторождения подземных вод для обобщённой системы водозаборных скважин. Решение поставленной задачи основано на анализе доступной информации о природных условиях региона, картографических и геологических данных. На основании собранных материалов построена геофильтрационная модель

бассейна водосбора реки Тутуяс, проведена имитация водоотбора на нижнетутуянской площади и получена расчётная поверхность уровня подземных вод для нарушенных условий (Рис. 2). Показатели баланса геофильтрационной модели подтверждают обеспеченность ранее подсчитанных запасов подземных вод Тутуянского месторождения.

В ходе данной работы подготовлены материалы для анализа взаимодействия водозабора подземных вод и планируемого углеметанового промысла. Гидрогеологическая модель позволяет перейти к следующему этапу исследований изменения подземной гидросферы Подобасско-Тутуянской депрессии под влиянием природных и техногенных факторов.

Литература

1. Гридасов А.Г. Гидрогеологические условия Подобасско-Тутуянской депрессии в связи с перспективой добычи метана из угольных пластов (Южный Кузбасс) // Труды XIX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова, Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – С.372-374.
2. Калинин А.В., Новиков В.И. и др. Результаты и перспективы реализации инновационного проекта по добыче метана из угольных пластов в Кузбассе // Газовая промышленность, 2012. №672: С.6-8.
3. Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Томск: Изд-во ТГАСУ, 2003. – 217 с.
4. Рогов Г.М., Попов В.Г. Гидрогеология и катагенез пород Кузбасса // Томск: Изд-во Томского ун-та, 1985. – 191 с.
5. J. McCoy, K. Johnston & others. Using ArcGIS Spatial Analyst // ArcGis Tutorials. ESRI, 2010. – 60 p.
6. Modflow – conceptual model approach // GMS Tutorials. Aquaveo, 2011. – 23 p.
7. Интернет-ресурс <http://meteo-kuzbass.ru/pogoda/climate/>

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БОЛОТ БАСЕЙНА Р.ЧАЯ

Т. И. Грифинштейн, ¹А.А.Синюткина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,

E-mail: tatyana.grifinshtein@mail.ru

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются закономерности пространственной структуры болот бассейна р.Чая, на примере ключевого участка. Выделены следующие типы местности: пойменный тип, три надпойменные террасы р.Чая, междуречная равнина, долины малых рек. Рассчитанная заболоченность участка составляет 18,31%.

Abstract. In the article consider spatial distribution powered by marshiness river basin Chaya. There are allocated following district types: floodplain, three terraces river Chaya, interfluve, valley small rivers. The certain marshiness of a site is 18,31%.

Актуальность изучаемой темы заключается в уникальности изучаемых природных ландшафтов. Прежде всего это связано с высокой заболоченностью территории Томской области, и большими площадями занятыми этими ландшафтами.

Развитию процесса заболачивания способствуют несколько факторов [2]. К ним относятся климатические показатели, количество тепла и влаги, и в следствии переувлажнённости, также важное место занимают геоморфологические, гидрогеологические и тектонические особенности. Географическое положение Томской области соответствует благоприятным природным условиям для развития болотообразовательного процесса.

Целью исследования является выявление закономерности пространственной дифференциации болот бассейна реки Чая в зависимости от геоморфологических условий на примере ключевого участка.

С использованием методов геоинформационного картографирования составлена карта, на которой выделены типы местности и болота, находящиеся на них [1]. На основе составленной карты были сделаны расчёты соотношения площадей типов местности. На данном ключевом участке выделены следующие типы местности: пойменный тип, три надпойменные террасы р.Чая, междуречная равнина, долины малых рек.

Пространственный анализ карты показал, что самым распространённым типом местности является междуречная равнина, занимающая более 70% площади ключевого участка. Первая, вторая и третья надпойменные террасы р.Чая занимают не более 10% каждая. Более двух процентов заняты долинами малых рек, 2 % занимает пойма реки Чая.

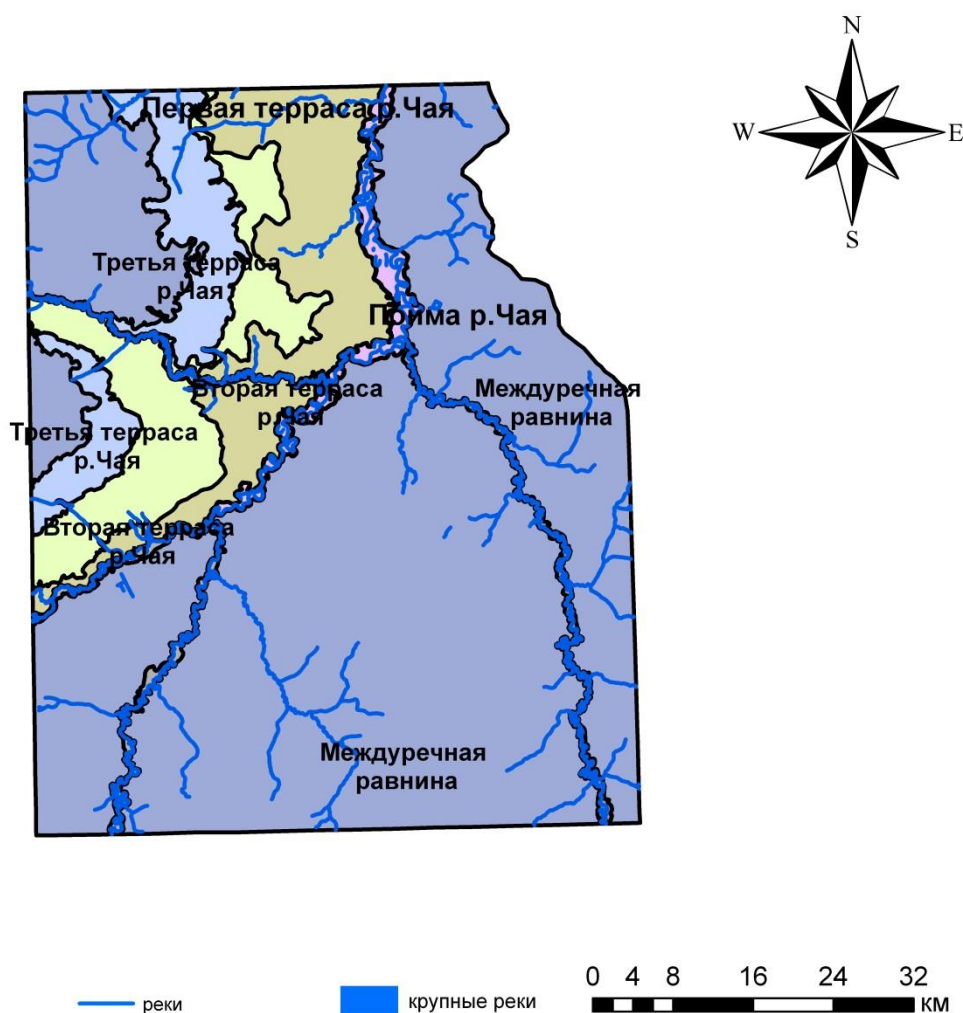


Рис.1. Карта типов местности ключевого участка бассейна р.Чая

В бассейне реки Чая расположены семь групп болотных фаций: низинные древесные и топяные; переходные древесные и топяные; верховые древесные, топяные и комплексные. Наибольшую площадь занимают верховые древесные болота, они

расположены на 42% от площади всех болот. Меньше всего распространены переходные топяные и верховые, комплексные группы болотных фаций.

Заболоченность ключевого участка составляет 18,31%. Здесь представлены все типы болот, но в разном соотношении в зависимости от расположения в пределах разных типов местностей.

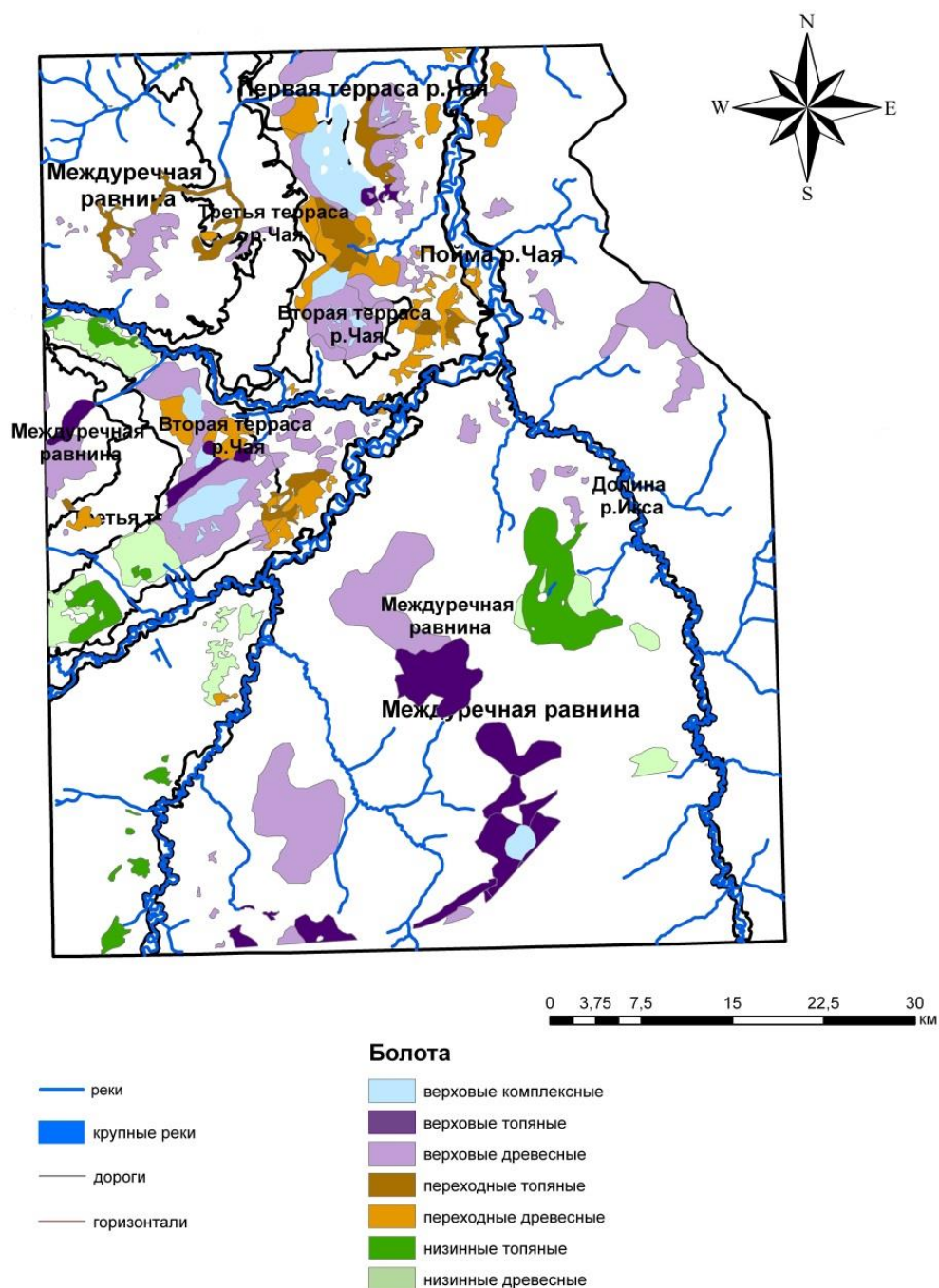


Рис.2. Карта типов болот ключевого участка бассейна. р.Чая

Следуя из таблицы, наиболее заболоченными являются вторая и первая надпойменные террасы, заболоченность которых составляет 44,3% и 34,77% соответственно.

Заболоченность поймы небольшая и составляет 1,94%. Лишь на левобережье находятся небольшие топяные переходные болота. На первой террасе три преобладающих групп болотных фаций болот: переходные древесные, переходные топяные и верховые древесные. Все они расположены на левом берегу реки Чая. Вторая надпойменная терраса отличается высокой заболоченностью, на ней представлены все группы болотных фаций. Наибольшие верховые древесные и верховые комплексные, также достаточно много низинных болот. Третья терраса слабо заболочена, всего 4,43%. Здесь лишь небольшими пятнами встречаются переходные топяные, переходные древесные и верховые древесные болота.

Таблица 1

Соотношение заболоченности территории и типов местности

Тип местности	Площадь, км ²	Площадь болот, км ²	Заболоченность, %
Пойма р.Чая	86,00	1,67	1,94
I надпойменная терраса р.Чая	426,06	148,15	34,77
II надпойменная терраса р.Чая	336,22	227,47	44,3
III надпойменная терраса р.Чая	253,99	11,25	4,43
Междуречная равнина	2909,30	419,36	14,41
Долины малых рек	21,66	0,029	0,148
Сумма:	4033,2	2807,9	100

На междуречной равнине как и на второй террасе представлены все группы болотных фаций, но они занимают разную площадь. Наиболее часто встречаются верховые топяные и верховые древесные болота. На правобережье реки встречаются и низинные древесные и низинные топяные болота. В долинах малых рек болота практически не встречаются.

Заболачиванию территории способствуют оптимальные условия для этого процесса. Это, прежде всего, выровненная поверхность, избыточное увлажнение и гидрографические особенности местности. Так наиболее заболоченными типами местности являются вторая и первая надпойменные террасы, с долей заболоченности 34% и 44% соответственно. Доминирующими группами болотных фаций являются верховые древесные (42%) и верховые топяные (13,4%). Все переходные и низинные болота менее распространены, их доля от общей заболоченности в среднем составляет по 10%.

Литература

1. Ландшафты болот Томской области / [Н. С. Евсеева и др.] ; Том. гос. ун-т; Рос. акад. сельскохоз. наук, Сиб. науч.-исслед. ин-т сельского хоз-ва и торфа ; [под ред. Н. С. Евсеевой]. — Томск : Издательство научно-технической литературы, 2012. — 399 с.
2. Классификация болотных систем Томской области / А.А. Синюткина: Вестник Томского государственного университета, 2012. № 357. С. 192-194.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

О.Н. Грязнов¹, А.Н. Гуляев², Н.В. Рубан¹, И.А. Савинцев¹, С.А. Черкасов³

1 – ФГБОУ ВПО «Уральский государственный горный университет», 620144. Екатеринбург, Россия, ГСП, ул. Куйбышева, 30. E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru

2 – Институт геофизики УрО РАН

3 - ООО «Комплексные инженерные изыскания»

Аннотация. Охарактеризованы: геологическое строение, метаморфизм, вещественные инженерно-геологические комплексы, природные и техноприродные геологические процессы, гидрогеологические условия г. Екатеринбурга.

Abstract. Here were described: geological structure, metamorphism, material engineering-geological complexes, technogenic and natural geological processes and hydrogeological condition of Yekaterinburg.

Инженерная геология – раздел геологии, изучающий инженерно-геологические условия (ИГУ) территорий с целью строительства и других видов хозяйственного освоения. ИГУ, в свою очередь, определяются взаимодействием региональных геологических, зональных, а на освоенных территориях и техногенных факторов [5, 6]. Рассмотрим основные факторы, определяющие ИГУ города Екатеринбурга [1].

Геологическое строение. Территория города располагается в пределах юго-западного окончания Свердловского синклиория. Наиболее древними комплексами стратифицированных горных пород являются основные эффузивы, их брекчии и туфы, метаморфические породы нейвинской свиты O_3 , разнообразные сланцы с участием метаморфизованных основных эффузивов невьянской свиты ландоверийского яруса S_1 и базальтоиды Кировградской свиты венлокского яруса S_1 . Более молодыми стратифицированными образованиями являются диабазы, диабазовые порфириды, их туфы, туффиты, туфопесчаники с прослоями известняков D_{2-3} . Интрузивные горные породы представлены дунит-пироксенитовой ассоциацией Уктусского массива (D_{2-3}), гипербазитами (серпентинитами), апогипербазитовыми тальк-карбонатными породами (D_{2-3}), габбро Балтымского массива (D_{2-3}), гранитоидами Верх-Исетского (C_{1-3}), Шарташского (C_{1-3}), Большеистокского (C_{1-3}) массивов, а также серией даек и малых тел гранитоидов (C_{2-3}). Тектоническая позиция территории города обусловила широкое развитие субмеридиональных, диагональных и близширотных разломов. Мезозойские коры выветривания и четвертичные образования (делювиальные, аллювиальные, озерно-болотные) формируют чехол покровных отложений, перекрывающих коренные горные породы на всей территории города.

Региональный метаморфизм представлен образованиями зеленокаменного, зеленосланцевого, дислокационного и контактового типов. Региональный зеленокаменный метаморфизм зеленосланцевой фации проявился в вулканогенных горных породах и гипербазитах. Он выразился в актинолитизации, эпидотизации, хлоритизации эффузивов и их туфов, серпентинизации гипербазитов, их отальковании и карбонатизации. Региональным зеленосланцевым метаморфизмом фации зеленых сланцев вулканогенные горные породы преобразованы в эпидот-актинолит-хлоритовые сланцы, а терригенные – в альбит-хлорит-серицитовые, хлорит-серицит-кварцевые сланцы. Дислокационный метаморфизм фации зеленых сланцев обусловил образование в зонах разломов хлоритовых, хлорит-серицитовых, кварц-серицитовых сланцев. В экзоконтактах гранитных массивов вмещающие горные породы метаморфизованы в

условиях амфибол-роговиковой и амфибол-эпидот-роговиковой фаций до образования биотитовых, мусковитовых, амфиболовых, полевошпатовых роговиков.

Вещественные инженерно-геологические комплексы – массивы горных пород коренной основы и перекрывающие их покровные отложения различных генетических типов со свойственными им инженерно-геологическими характеристиками: составом, структурой, текстурой и свойствами. Коренные горные породы определяют ИГУ массивов и, как следствие, ИГУ строительства. В то же время ИГУ наземного строительства в значительной степени зависят от инженерно-геологических характеристик покровных отложений, а в них – от количественных соотношений связных грунтов (глин, суглинков, супесей) и грубообломочных фракций.

Природные и техноприродные геологические процессы – важный компонент ИГУ г. Екатеринбурга. К ним относятся: из природных – сейсмические процессы и выветривание, из техноприродных – гидrolитогенные, субтерральные процессы, антропогенный литогенез.

Сейсмические процессы. Уральский складчатый пояс на современном этапе характеризуется редко происходящими ощутимыми землетрясениями силой от 3-4 до 5-6 баллов по шкале MSK-64, большая часть эпицентров которых локализована в пределах Среднего Урала и прилегающих к нему частей Северного и Южного Урала. Екатеринбург располагается в пределах Средне-Уральской области редко происходящих ощутимых землетрясений, названной в работе [3] Средне-Уральским сейсмодоменом. На территории Екатеринбурга ощутимые сейсмические сотрясения за период продолжительностью 225 лет отмечались три раза: 23.05.1798 г. силой 3-4 балла, 10.07.1892 г. силой в 3 балла, 17.08.1914 силой порядка 4-5 баллов по шкале MSK-64. В 2007 году А.Н. Гуляевым выполнено схематическое районирование территории Екатеринбурга по величине расчетной силы сейсмического воздействия на инженерные сооружения [2].

Выветривание – многофакторный процесс, активно протекающий повсеместно на территории г. Екатеринбурга. Проявляется как процесс физического и химического выветривания. Дезинтеграция горных пород и минеральные замещения являются основой образования рыхлых отложений всех генетических типов. Первая сводная характеристика элювиальных грунтов выполнена Л.И. Подкорытовой [4]. Ею выделены три морфологических типа кор выветривания: площадной, трещинно-площадной и контактово-площадной. В разрезе коры выветривания гидрослюдистомонтмориллонитового профиля обособлены трещинная, обломочная и дисперсная зоны, разделенные, в свою очередь, на горизонты. Наиболее мощные коры сформировались на сланцах невянской свиты с дисперсной зоной 10-18 м и эффузивах кировградской свиты с дисперсной зоной от 1-15 до 50 м. На габбро Балтымского массива кора выветривания неполного профиля имеет меньшую мощность при дисперсной зоне 3-8 м супесчаного и суглинистого состава. На гранитах кора выветривания сложена в основном обломочным материалом при мощности дресвяного горизонта до 40 м и дисперсной зоне 0-5 м супесчаного состава.

Гидролитогенные процессы связаны с понижением – повышением уровня подземных вод (УПВ). Понижение УПВ и образование воронок депрессии при дренажных работах сопровождается строительством метро в г. Екатеринбурге, высотное строительство с многоуровневыми подземными сооружениями, на водозаборах подземных вод районного водоснабжения и промышленных предприятий. При водопонижении вдоль трассы метро, на отдельных относительно крупных водозаборах длительного действия активизировались процессы суффозии, просадки поверхности, деформации зданий и инженерных сооружений. Повышение УПВ обусловлено

строительством плотин 4 прудов в городской черте, утечками водонесущих коммуникаций. Это провоцирует процессы суффозии, подтопление подвальных помещений, деформации зданий вследствие изменения свойств обводненных грунтов оснований фундаментов.

Субтерральные процессы при подземном строительстве проявляются осыпанием, вывалами, обрушением горных пород, прорывами подземных вод и пливунов. *Антропогенный литогенез* – широко распространенный процесс в ходе освоения городских территорий. Насыпные грунты – постоянный компонент городского строительства, санкционированного и не санкционированного складирования отходов.

Гидрогеологические условия территории города обусловлены широким развитием подземных вод зоны экзогенной трещиноватости и трещинно-жильных вод, гидравлически взаимосвязанных и образующих единый водоносный горизонт. Воды безнапорные. Глубина залегания УПВ от 0 до 5-10 м в пониженных частях рельефа и до 20-50 м в элювиальных ландшафтах. Режим подземных вод нарушенный под влиянием городской застройки, эксплуатацией групповых и одиночных водозаборных скважин. По составу воды сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные кальций-магниевые, нередко с примесью натрия. В большинстве скважин загрязнены и непригодны для питьевых целей.

Приведенный краткий обзор основных факторов свидетельствует о достаточно сложных ИГУ г. Екатеринбурга, которые приходится учитывать при проектировании и строительстве инженерных сооружений различного назначения, особенно при подземном (метро) и высотном строительстве.

Литература

3. Грязнов О.Н., Гуляев А.Н., Савинцев И.А., Черкасов С.А. Инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга как основа разработки и совершенствования Генерального плана развития города // Сергеевские чтения. Вып. 17. М.: РУДН. 2015. С. 17-24.
4. Гуляев А.Н. Оценка потенциальной сейсмичности территории города Екатеринбурга // Известия вузов. Горный журнал. № 6. Екатеринбург, 2009. С. 91-97.
5. Кашубин С.Н., Дружинин В.С., Гуляев А.Н., Кусонский О.А., Ломакин В.С., Маловичко А.А., Никитин С.Н., Парыгин Г.Н., Рыжий Б.П., Уткин В.И. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург, УрО РАН. 2001. 124 с.
6. Подкорытова Л.И. Инженерно-геологическая характеристика элювия района г. Свердловска: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 1984. 17 с.
7. Попов И.В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ. 1961. 178 с.
8. Трофимов В.Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ. 2002. 348 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗЕРА ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

З.А. Евтюгина^{1,2}, Ю.Г. Копылова³, Н.В. Гусева³, И.С. Мазурова³, Т.А. Русинова³,
Д.А. Воробьева³

¹Апатитский филиал ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»,
Апатиты, Россия, E-mail: zina_evt@mail.ru

²Кольский филиал Геофизической службы РАН, Апатиты

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: guseva24@yandex.ru

Аннотация. Изучение современного химического состава природных вод на территории восточной и западной частях водосборной части оз. Имандра выполнено с использованием методов ионной хроматографии, потенциометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Выяснено, что содержание ряда микрокомпонентов в поверхностных водах существенно выше, чем в подземных водах. Их контрастности относительно фоновых значений в подземных водах достигают для никеля–19, а для меди –2, а в поверхностных водах – для никеля 175, а меди–61. Эти данные свидетельствуют о негативном воздействии выбросов комбината Североникель на атмосферу и поверхностные воды.

Abstract. Study of the current chemical composition of natural waters in the eastern and western parts of the catchment of Lake Imandra has been performed using ion chromatography, potentiometry and inductively coupled plasma mass spectrometry. It was found that the content of trace elements in the surface water is considerably higher than that in the groundwater. The nickel and copper concentrations exceed the background levels over 19 and 2 times respectively in groundwater, and 175 and 61 times in the surface waters. These data show that the Severonikel influences negatively on air and surface water.

В меридиональной впадине, которая считается естественной границей между Кольским полуостровом и материковой частью, расположено озеро Имандра, состоящее из трех частей: Большая Имандра, Иокостровская и Бабинская Имандра. Большая Имандра, протяженностью около 55 км, с 30-х годов прошлого века испытывает наибольшее техногенное давление: сюда сбрасываются сточные воды предприятий Кольской горно-металлургической компании (КГМК) (площадка Мончегорск), ОАО «Апатит» (гг. Апатиты и Кировск), а также поступают стоки с водосборной территории. Восточную часть территории водосбора занимает Хибинский массив, откуда в озеро впадают горные ручьи и реки. В районе Хибин добывают и перерабатывают апатит-нефелиновую руду – сырье для фосфорных удобрений. Западная часть территории водосбора Большой Имандры, исключая горный массив Мончетундра, вблизи г. Мончегорск, представляет собой холмисто-увалистую равнину, на которой сформированы озерно-речные системы (почти все реки имеют проточные озера). Многолетнее воздействие выбросов КГМК соединений серы, меди, никеля привело к деградации лесных ландшафтов вплоть до полного разрушения лесов и образования техногенных пустошей.

Техногенный фактор неизбежно приводит к изменению качества природных вод на территории водосборов. Вместе с тем почвы Кольского Севера выступают биогеохимическим барьером для химических элементов (прежде всего, меди и никеля), поступающих в экосистемы из техногенно загрязненной атмосферы. Деградация почв приводят к снижению их сорбционной способности, что потенциально создает угрозу загрязнения подземных вод тяжелыми металлами.

В результате поисковых работ, проводившихся в 2008-2010 гг. Центрально-Кольской экспедицией (ОАО "ЦКЭ"), было показано, что на территории локального

воздействия выбросов комбината «Североникель» подземные воды защищены от проникновения аэротехногенных меди и никеля на участках с неразрушенным почвенным покровом [2].

Резкое сокращение объемов выбросов никеля, меди, а также SO_2 : с 287 тыс. тонн в 1990 г. до 45,8 тыс. в 1999 г. и постепенно снижающимися объемами выбросов в последующие годы (до 36,6 тыс. тонн в 2013 г.) [5] привели к снижению техногенной нагрузки на природную среду, в том числе и на природные воды. В этой связи целью наших исследований явилось изучение современного химического состава природных вод на территории водосборной части оз. Имандра, что предполагает решение следующих задач:

- опробование объектов природных вод на восточной и западной частях водосборной площади озера;
- определение концентраций компонентов химического состава вод с использованием методов ионной хроматографии, потенциометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, обладающих низким пределом обнаружения химических элементов;
- изучение распространенности химических элементов в природных водах бассейна оз. Имандра.

В западной части водосборной территории озера геологическая структура представлена основными и ультраосновными породами, перекрытыми моренными озерно-ледниковыми и флювиогляциальными отложениями. В восточной части преобладают щелочные породы.

В окрестностях озера Большая Имандра в июле 2014 г было отобрано 24 пробы поверхностных и подземных вод (рис.1). В период, предшествующий времени опробования, (в течение более 20 дней) не было дождей. Отбор проб был произведен в

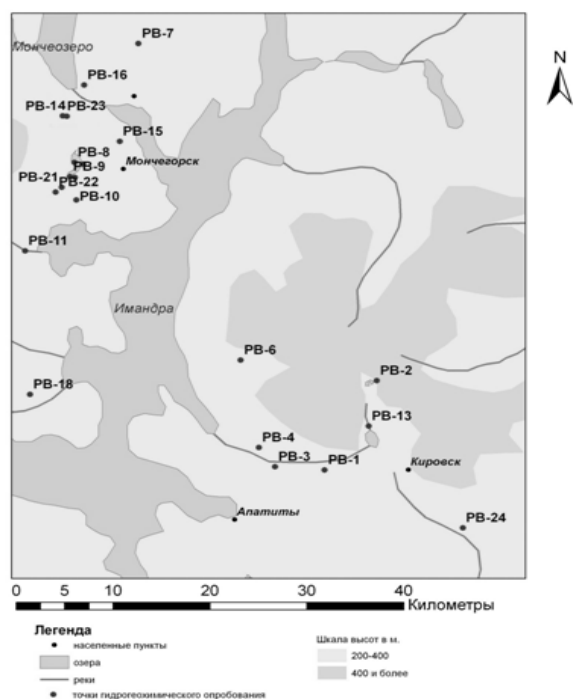


Рис. 1 Схема расположения пунктов гидрогеохимического опробования

полиэтиленовые одноразовые пластиковые емкости, объемом 0,5 литра для общего химического анализа и в два флакона по 50 мл для анализа микрокомпонентного состава. Непосредственно в местах опробования измерялись температура, pH, Eh. Анализ химического состава вод проводился в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ. Пункты гидрогеохимического опробования приурочены к восточной и западным окрестностям оз. Имандра.

Восточнее оз. Имандра в районе Хибин опробовано 3 родника: Прихибинский (PB-1), Молодежный (PB-3), Поддорожный (PB-4), три реки: Малая Белая (PB-6), Вудъяврйок (PB-13), Айкуайвенйок (PB-14) и озеро Малый Вудъявр (PB-2).

Подземные воды, разгружающиеся восточнее оз. Имандра – слабощелочные гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного кальциевого и

натриево-кальциевого состава с минерализацией 111–201 мг/л. На промплощадке АНОФ-2 на правом берегу реки Большая Белая в роднике Поддорожный отмечается повышенная минерализация подземных щелочных вод сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава. Здесь же в подземных водах обнаружен нитрат-ион в количестве 33 мг/л. Признаки антропогенного загрязнения присутствуют и в водах родника Прихибинский, где автодорога является искусственным барьером для поверхностного стока, о чем свидетельствуют повышенные концентрации калия и нитрат-иона. В водах родника Молодежный обнаружены повышенные концентрации хлор-иона в водах с минерализацией 115 мг/л.

В водах родников концентрации кальция превышают концентрации кремния, которые в свою очередь существенно выше концентраций магния, натрия и калия.

В поверхностных водах обследованных рек и озера в районе Хибин наблюдается преобладание натрия и калия над кальцием и особенно магнием при минерализации 27 мг/л и концентрации кремния 3,5 мг/л, что объясняется влиянием, распространенных здесь щелочных пород богатых натрием и калием.

В подземных водах на территории восточной части бассейна оз. Имандра концентрации ряда химических элементов, особенно, никеля и редкоземельных элементов ниже, чем на западной части бассейна, что может быть связано как с металлогеническими особенностями территории, так и отсутствием техногенного воздействия комбината Североникель (табл. 1).

В западной части водосборной территории озера Имандра опробованы 5 родников (Болотный (РВ-7), Спортивный (РВ-15), Кислая губа (РВ-18), Дорожный (РВ-9(19)) и Горный (РВ-10(22)) и 4 поверхностных водотока (река Курка (РВ-11), река Монча (РВ-16), река, впадающая в оз. Сопчъявр (РВ-21), ручей в 7 километрах от комбината (РВ-14(23)), проточное озеро реки Вите - Девичья Ламбина (РВ-17) и озеро у родника Дорожный (РВ-8 (20)).

В родниках Спортивный и Кислая губа разгружаются нейтральные гидрокарбонатные магниево-кальциевые подземные воды с содержанием сульфат-иона 7,6-11,0 мг/л и минерализацией 67-87 мг/л. В роднике Болотный при минерализации 63 мг/л наблюдается снижение рН из-за увеличения концентраций свободной углекислоты до 22 мг/л. Повышенные концентрации свободной углекислоты в водах связаны с процессами минерализации органического вещества.

Слабокислые воды с минерализацией 30-39 мг/л и содержанием свободной углекислоты 16-25 мг/л, разгружаются также в родниках Дорожный и Горный на юго-восточном склоне горы Монче-Тундра, подверженных техногенному воздействию выбросов комбината Североникель.

Родник Дорожный находится в 2 км на ЗЮЗ от источника пылегазовых выбросов, в придорожном откосе, у подножия юго-восточного склона горы Ниттис. Питание родника - атмосферное с инфильтрацией через озерно-ледниковые отложения [1]. В 30 м на высоте около 2 м находится бессточный водоем (30X50 м) глубиной около 1 м, названный нами «озеро Дорожное», вокруг этого водоема полосой 0,5-0,7 м растут кустарниковые формы ив, берез. В целом, ближайшая к озеру территория, является техногенной пустошью. Озеро Дорожное является, своего рода, коллектором талых и собственно атмосферных вод. На дне озера образовались отложения из разрушенных и смытых с ближайшей территории органогенных горизонтов лесных почв.

Хорошо известна способность меди образовывать прочные комплексы с органическим веществом. Никель же может сорбироваться органоминеральным слоем донных отложений, подобно иллювиальному горизонту подзолистых почв [4]. Возможно, именно таким образом происходит удаление меди и никеля при

инфильтрации вод из озера в родник, в котором концентрация $Cu < 1$ мкг/л, что в 16 раз меньше ее концентрации в озере, а содержание Ni 6,5 мкг/л, что в 10 раз меньше его концентрации в озере. Вместе с тем концентрации никеля и меди в роднике Дорожном на порядок превышают таковые в других родниках.

Родник Горный расположен в 4 км от промплощадки Мончегорск, в нем происходит разгрузка трещинно-жильных вод габбро-норитов Мончегорского плутона по вертикальным зонам разломов в четвертичные отложения склона. На площади возможной инфильтрации атмосферных вод лес разрушен, лесная подстилка отсутствует и формируется пустошь техногенная [1]. Эти обстоятельства определяют относительно повышенное содержание никеля (0,00329 мг/л) в водах родника Горный, при фоновых значениях меди (0,00013 мг/л).

Таблица 1
Распространенность химических элементов в водах окрестностей оз. Имандра,
мг/л

Элемент	Вне зоны техногенного воздействия (восточная окрестность оз. Имандра)		В зоне техногенного воздействия комбината Североникель (западная окрестность оз. Имандра)		
	Поверхностные воды (РВ-6, РВ-2, РВ-13, РВ-24)	Подземные воды (РВ -1, РВ-3, РВ-4)	Фоновые подземные воды (РВ -7, РВ-15, РВ-18)	Загрязненные подземные воды (РВ-9(19), РВ-10(22))	Загрязненные поверхностные воды (РВ-14(23), РВ-16, РВ-8(20))
Li	0,000016	0,00011	0,001	0,00004	0,00012
Be	0,000015	<0,000003	<0,000003	0,0000342	<0,000003
B	0,00012	0,0062	0,0013	0,002	0,0021
Al	0,039	0,0085	0,016	0,01	0,03
Si	2,68	5,46	7,30	4,00	2,81
P	0,0081	0,0095	0,014	0,006	0,014
Sc	0,00011	0,00027	0,00026	0,00014	0,0001
Ti	0,00023	0,00019	0,00074	0,00012	0,00067
V	0,00012	0,00041	0,00061	0,0002	0,001
Cr	0,00013	0,00055	0,00054	0,0003	0,00028
Mn	0,00047	0,00102	0,00014	0,0004	0,0025
Fe	0,007	0,019	0,0077	0,0075	0,0037
Co	0,0000051	0,000024	0,000015	0,00004	0,0004
Ni	0,00012	0,0000198	0,00051	0,0049	0,046
Cu	0,00029	0,00013	0,00041	0,00056	0,017
Zn	0,00085	0,00038	0,00028	0,0004	0,002
Ga	0,00016	0,000035	0,0000082	0,000004	0,00001
Ge	0,0000053	0,0000037	0,0000039	0,000004	0,0000086
As	0,000082	0,00014	0,000029	0,00004	0,00042
Se	0,00032	0,0004	0,00034	0,00026	0,0004
Br	0,0058	0,08	0,014	0,007	0,011
Rb	0,0019	0,0012	0,00045	0,0009	0,0006
Sr	0,064	0,013	0,032	0,019	0,016
Y	0,000022	0,000027	0,000059	0,00004	0,000019
Zr	0,000061	0,000011	0,000013	0,0000035	0,000009
Nb	0,000011	0,0000025	0,0000039	0,0000021	0,0000025
Mo	0,0014	0,00028	0,00063	0,00003	0,000089
Ru	0,000012	0,000021	0,000015	0,0000008	0,0000056

Rh	0,000001	0,0000032	0,0000008	0,0000007	0,0000012
Pd	0,0000024	0,0000075	0,0000025	0,0000019	0,0000030
Ag	0,0000025	0,0000015	0,0000002	0,0000002	0,0000029
Cd	0,0000029	0,0000003	0,0000017	0,0000016	0,0000023
Sn	0,0000041	0,0000002	0,0000068	0,0000039	0,0000062
Sb	0,000015	0,000011	0,000029	0,000001	0,000034
Te	0,0000033	0,0000183	0,0000120	<0,000005	0,0000390
Cs	0,0000104	0,0000018	0,0000032	0,0000016	0,0000034
Ba	0,0112	0,0129	0,0273	0,013	0,0139
La	0,00008	0,000022	0,00008	0,00004	0,00005
Ce	0,000082	0,0000064	0,00002	0,000009	0,000052
Pr	0,000014	0,0000048	0,00019	0,000014	0,00001
Nd	0,000039	0,000018	0,000078	0,00006	0,000039
Sm	0,0000054	0,0000027	0,000014	0,000009	0,0000062
Eu	0,0000023	0,0000024	0,0000054	0,0000034	0,0000027
Gd	0,0000049	0,0000029	0,000011	0,000008	0,0000049
Tb	0,0000005	0,0000004	0,0000017	0,0000011	0,0000006
Dy	0,0000033	0,0000022	0,0000055	0,000005	0,0000021
Ho	0,0000008	0,0000005	0,0000016	0,0000010	0,0000007
Er	0,0000011	0,0000011	0,0000039	0,0000012	0,000001
Tm	0,0000003	0,0000003	0,0000008	0,0000006	0,0000004
Yb	0,0000008	0,0000012	0,0000015	0,0000022	0,0000005
Lu	0,0000002	0,0000005	0,0000008	0,0000006	0,0000003
Hf	0,0000017	0,0000026	0,0000006	0,0000004	0,0000012
Ta	0,000001	0,0000062	0,0000011	0,0000006	0,0000011
W	0,0000323	0,0000095	0,0000024	0,0000022	0,0000031
Re	0,0000004	0,0000036	0,000011	0,0000057	0,0000059
Ir	0,000033	0,000067	0,000016	0,0000010	0,000014
Pt	0,0000004	0,0000003	0,0000002	0,0000004	0,0000012
Au	0,0000055	0,000013	0,0000054	0,000004	0,0000039
Hg	0,0000019	<0,00005	0,0000049	<0,00005	0,0000068
Tl	0,0000007	0,0000014	0,0000021	0,0000026	0,0000035
Pb	0,000031	0,0000091	0,000015	0,0000190	0,00014
Bi	0,0000008	0,0000004	0,0000045	0,000001	0,0000033
Th	0,0000025	0,0000013	0,0000019	0,0000016	0,0000032
U	0,000019	0,00013	0,000013	0,0000024	0,0000069

В реках западной части водосборной площади оз. Имандра формируются нейтральные воды с минерализацией 19-28 мг/л. На участках техногенного влияния снижаются значения рН и повышается минерализация до 40 мг/л. По соотношению анионов формируются преимущественно гидрокарбонатные воды с долей сульфат-иона 8-27 %-экв и ионов хлора – от 5 до 10 %-экв. В оз. Дорожном и р. Курка отмечается некоторое повышение свободной углекислоты в воде при уменьшении рН, возможно, за счет процессов минерализации органических веществ.

Катионный состав поверхностных вод западной части территории водосбора (точки РВ-17, РВ-11, РВ-16) преимущественно натриево-магниевый-кальциевый с содержанием кремния 2,4-2,7 мг/л. Катионный состав вод в ручье 7 километр (РВ-14(23)) также натриево-магниевый-кальциевый с содержанием кремния 4,2-4,4 мг/л. Этот микроручей дренирует разрушенный лесной ландшафт, который был назван в период исследований 1986-1990 гг., как в дальнейшем оказалось, период наибольших объемов

выбросов комбината «Североникель», – воронично-еловое техногенно обусловленное редколесье. Именно здесь проводились лизиметрические исследования, показавшие высокие концентрации никеля и меди в этих водах [3].

За прошедший период техногенное редколесье изменилось до неузнаваемости: почти все хвойные деревья погибли - остались единичные особи, но появилось больше, чем раньше, лиственных деревьев и кустарников, высотой 1,5-3 м. Напочвенный покров трансформировался, увеличилась площадь, не покрытая растительностью, и почва эродирована до минеральных горизонтов. Результаты опробования в июле 2014 г. показали, что содержание сульфат-иона стало меньше минимальной концентрации в период опробования с 1987 по 1990 гг., а увеличились концентрации гидрокарбонат-иона – почти в 1,5 раза. При этом содержания кальция и магния приближаются к максимальным значениям указанного периода, натрия – не превышают, а калия – ниже или совпадают. Содержания меди и никеля практически не изменились (входят в интервалы min – max) и составляют от 0,037 до 0,046 мг/л для никеля и от 0,018 до 0,021 мг/л для меди.

Несмотря на то, что в ионном составе родниковых вод, по сравнению с поверхностными, отмечается увеличение концентраций сульфат-иона, кальция, магния и кремния при почти неизменных концентрациях натрия, калия и хлор-иона, и повышается общая минерализация, распространенность ряда микрокомпонентов в поверхностных водах и их контрастности относительно фоновых значений в подземных водах существенно выше, чем в подземных водах. К примеру, восточнее оз. Имандра в поверхностных водах отмечаются более высокие концентрации Al Ni Cu Zn Ga Sr Zr Nb Mo Ag Sn Cs La-Lu W Pb Bi Th при более высоких концентрациях в подземных водах следующих элементов: Na Mg Si K Ca V Cr Mn Fe Co As Br Ru Rh Pd Jr Au U. Так, нормирование данных относительно средних содержаний химических элементов в подземных водах показало, что в подземных водах родников Дорожный и Горный эти превышения составляют для никеля – 19, а для Cu, Co, Yb, Pt, Tl и Pb – 2. В поверхностных водах превышения фоновых концентраций подземных вод достигают для Ni – 175, Cu – 61, Co – 20, Ag – 15, Pb – 14, Cd – 8, Pt – 6, As – 5, W – 5, Te – 4, Al – 3, а для V, Ge, Sn, Sb, Tl, Bi, Th – 2. Эти данные позволяют признать преобладающее негативное воздействие выбросов комбината, загрязняющих атмосферу и через неё – поверхностные воды. Таким образом, основное негативное воздействие принимает на себя биосфера, защищая подземные воды, и, прежде всего, особенная положительная роль в этом принадлежит почвам.

Литература

1. Ананьев В. Н. Родники Мурманской области: справочник. Мурманск: Книжное изд-во, 2010. - 88 с.
2. Ананьев В.Н., Карпова Р.В., Л.Б. Сычева Поиски подземных вод для обеспечения хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Мончегорска Мурманской области. Отчет за 2008-2010 годы. Гос. регистрационный № 47-08-16, Мончегорск, фонды ЦКЭ, 2011 г.
3. Евтюгина З.А., Никонов В.В. Особенности миграции меди и никеля по профилю подзолистых почв в условиях аэротехногенного загрязнения // Исследование почв на Европейском Севере: Сб. материалов науч. сессии, посвящ. 130-летию со дня рождения Н.М.Сибирцева (13-15 февраля 1990 г.).-Архангельск,1990.-С.107-106
4. Евтюгина З. А., Асминг В. Э. Особенности формирования состава инфильтрационных вод в условиях аэротехногенного загрязнения // Вестник МГТУ : труды Мурманского государственного технического университета. - 2013. - Т. 16, № 1. - С. 73-80.
5. Официальный сайт компании «Норильский никель» <http://www.kolagmk.ru/rus/ecology/>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ АГРЕССИВНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ КАРСТОВОГО ПРОЦЕССА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

А.В. Ермолаева

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: alyona7@inbox.ru*

Аннотация. Эксплуатация магистральных трубопроводов сопряжена с работой в сложных инженерно-геологических условиях. В статье рассмотрено применение оценки агрессивности подземных вод в развитии карстового процесса при строительстве магистральных газопроводов. На примере начального участка проектируемого магистрального газопровода «Сила Сибири» (участок «Чаянда-Ленск») проанализированы возможности использования данной методики. Произведен расчет индекса неравновесности S_a по имеющимся данным инженерно-геологических изысканий. Установлены зависимости между геоморфологическими особенностями рельефа и агрессивностью природных вод.

Abstract. Operation of the main pipelines is interfaced to work in difficult engineering-geological conditions. In article possibility of application of a technique of an assessment of aggression of underground waters into development of karst process at construction of the main gas pipelines is considered. On the example of an initial site of the designed Power of Siberia main gas pipeline (a site "Chayanda-Lensk") it is analysed possibilities of use of this technique. Calculation of an index of S_a for the available data of engineering-geological researches is made. Dependences between geomorphological features of a relief and aggression of natural waters are established.

На сегодняшний день ключевыми критериями, предъявляемыми к газотранспортным системам являются промышленная и экологическая безопасность. На текущий момент, российская газопроводная система – является одной из крупнейших транспортных систем в мире. Как правило, эксплуатация магистральных газопроводов протекает в сложных динамических, инженерно-геологических, природно-климатических условиях. В последнее время, наблюдается рост аварийности на магистральных газопроводах, причинами которых являются опасные геологические процессы. Особые трудности возникают при строительстве объектов трубопроводного транспорта на закарстованных территориях ввиду сложности идентификации и прогнозирования развития процесса.

Одной из ключевых проблем в методике изучения и оценки закарстованных территорий считается их районирование по степени опасности карстового процесса. В ТСН 22-304-06 дается следующее определение оценки карстовой опасности – выражение опасности воздействия карста через вероятность образования карстовых деформаций за заданный срок (например, за срок службы сооружений) на данной территории (участке расположения сооружения), которые могут вызвать недопустимые деформации сооружений. Общепринятой интегральной мерой карстовой опасности долгое время являлась среднесуточная интенсивность провалообразования (случаев провалов /км²год), предложенная З.А. Макеевым (1948), также используемая в ТСН 22-204-06. В результате анализа исследований, проводимых как в России, так и за рубежом, можно выделить ряд признаков, характеризующих карстовую опасность:

- Наличие поверхностных форм карста;
- Растворяющая способность природных вод;

- Наличие зоны разуплотненных грунтов, фиксируемые по геоэлектрическим и скоростным аномалиям;
- Интенсивная вертикальная фильтрация;
- Наличие (отсутствие) водоупора, перекрывающего растворимые породы.

Среди данных признаков, можно отметить признак, характеризующий прогноз развития карстового процесса во времени-пространстве: агрессивность природных вод. Так как данный признак описывает «поведение» и интенсивность процесса в целом, то оценка на его основе, перспективна не только на этапе проектирования, но и на этапе эксплуатации магистрального газопровода. В естественных условиях система «вода - горная порода» носит равновесно-неравновесный характер. Согласно данному положению, вода, независимо от глубины залегания и скорости движения, всегда не равновесна с одними минералами, растворяя их, но равновесна с другими, которые формирует. Большой вклад в изучение данного процесса внесли американские исследователи Р.М. Гаррелс, Ч.Л. Крайст.

В общем виде любая реакция взаимодействия может быть выражена следующим схематическим уравнением: $aA + bB \leftrightarrow cC + dD$, где А, В, С, В – стехиометрические коэффициенты исходных веществ и продуктов реакции. Термодинамическая константа равновесия данного процесса определяется выражением: $K_a = \frac{a^*(C)^c \cdot a^*(D)^d}{a^*(A)^a \cdot a^*(B)^b}$.

Константа равновесия характеризует соотношение между термодинамическими активностями исходных веществ и продуктов в состоянии омического равновесия, в соответствии с законом действующих масс. Для оценки агрессивности природных вод используется показатель агрессивности природных вод, характеризующий способность данной воды перевести твердое вещество в раствор: $A = \lg \frac{K_a}{\Pi_i \cdot a_i^{v_i}}$, где

$\Pi_i \cdot a_i^{v_i} = \frac{aC^c \cdot aD^d}{aB^b \cdot aA^a}$. Показатель агрессивности часто используют для сравнения растворяющей способности подземных вод. Чем выше показатель А, тем интенсивнее протекает процесс растворения данного вещества. Для определения характера процесса (растворения/осаждения) используется показатель степени неравновесности: $\theta = \frac{\Pi_i \cdot a_i^{v_i}}{K_a}$. Степень неравновесности характеризует ненасыщенность ($\theta < 0$ – идет

процесс растворения) или пересыщенность ($\theta > 0$ – идет процесс минералообразования). Таким образом, используя вышеописанную методику можно оценить вероятность развития процесса на участках магистральных газопроводов с предрасположенностью к развитию карста.

Используем вышеописанную методику для оценки агрессивности природных вод на начальном участке проектируемого газопровода «Сила Сибири» – Чайандинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск, протяженностью 160 км. В качестве исходных данных для расчета используются лабораторные исследования состава вод, отобранных в период 2010-2012 г.

Подземные воды на данном участке, характеризуются спорадическим распространением. Воды, приуроченные к делювиальным отложениям склонов, маломощные и малодобитные, вскрываются на глубине 3-5 м, по составу гидрокарбонатные, магниевые-кальциевые, натриево-магниевые-кальциевые. Водоупором являются скальные и полускальные грунты, иногда многолетние.

Воды, приуроченные к делювиально-пролювиальным отложениям склонов, связаны с надмерзлотными и межмерзлотными таликами. Расчет произведен по 23 имеющимся по результатам инженерных изысканий химических анализов воды, отобранных по всей протяженности исследуемого участка.

Оценка равновесия карбонатных пород, производилась с использованием программного комплекса HydroGeo, разработанного М.Б. Букаты (1999).

В систему расчетов были приняты: вода и такие базовые ионы, как H^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , OH^- , Cl^- , $(HCO_3)^-$, $(SO_4)^{2-}$; ассоциаты: $(CO_3)^{2-}$, H_2CO_3 , $(CO)^{2+}$, CO_2 , $NaHCO_3$, Na_2CO_3 , $(NaCO_3)^-$, Na_2SO_4 , $(NaSO_4)^-$, $NaHSO_4$, $NaCl$, $NaOH$, $Mg(HCO_3)_2$, $(MgHCO_3)^+$, $(Mg(CO_3)_2)^{2-}$, $MgCO_3$, $MgSO_4$, $(Mg(SO_4)_2)^{2-}$, $(MgHSO_4)^+$, $Mg(HSO_4)^2$, $MgCl^+$, $MgCl_2$, $Mg(OH)_2$, $MgOH^+$, H_2SO_4 , $(HSO_4)^-$, HCl , $(CaHCO_3)^+$, $Ca(HCO_3)_2$, $(Ca(CO_3)_2)^{2-}$, $CaCO_3$, $(Ca(SO_4)_2)^{2-}$, $CaSO_4$, $Ca(HSO_4)_2$, $(CaHSO_4)^+$, $CaCl^+$, $CaCl_2$, $CaOH^+$, $Ca(OH)_2$; следующие минералы $MgCO_3$ (corr.) - магнезит(corr.), $MgCO_3$ - магнезит, $CaCO_3$ к - кальцит, $CaCO_3$ к (IV) - кальцит-IV, $CaCO_3$ а - арагонит, $CaMg(CO_3)_2$ н - доломит (неупор.), $CaMg(CO_3)_2$ у - доломит (упоряд.), $CaMg_3(CO_3)_4$ - гунтит, $CaMg(CO_3)_2$ - доломит, $NaHCO_3$ - нахколит. Результаты расчета индекса неравновесности (Ca) представлены в таблице. Как видно, в большинстве случаев будет происходить процесс растворения горных пород.

Таблица

Результаты расчета индекса неравновесности

№ точки опробования (скв./т.н.)	Минерализация, г/дм ³	Индекс неравновесности θ (Ca)	Абс. отм. т.н., Н, м	pH
101	0.153	-1.6	247.89	7.38
103	0.219	-0.4	243.27	7.6
211	0.791	0.99	461.74	7.35
156	0.618	-1.1	244.31	6.59
6943	0.356	0.26	357.2	7.2
6969		1.6	447.5	8
17	1.13	0.13	387.88	7
35	0.8	0.42	439.33	7.04
36	0.6	0.072	434.87	6.99
38	0.6	0.1	433.75	7
42	0.6	0.23	423.31	7
43	0.7	0.78	424.03	7.13
54a	0.4	-0.035	344.71	7.22
74	0.4	-1.7	416.50	6.54
85	0.4	-1.4	396.50	6.71
1034	0.548	0.2	347.45	7.2
1352	0.425	-0.54	414.95	7.01
2152	0.589	-0.15	458.3	6.99
2207	0.605	0.27	277.5	7.04
2211	0.395	0.13	276.5	7.4
2225	0.401	-1.3	276.08	6.74
2255	0.22	-1.6	253.67	7.08
2278	0.4	-1.1	255.87	7.33

По результатам произведенных расчетов равновесия кальцита к изучаемым водам, была выведена корреляционная зависимость, которая позволила оценить возможность карстопроявлений на исследуемой территории. По полученным данным был построен график зависимости индекса неравновесности CaCO_3 от величины минерализации воды. Анализ данных показал, что воды с минерализацией свыше 0,66 г/л насыщены к кальциту и в этих участках опробования воды, угрозы процесса карстообразования либо нет, либо процесс будет иметь пассивный характер. При анализе зависимости индекса неравновесности и рН данной территории выяснилось, что воды на исследуемой территории являются слабощелочными, величина рН колеблется от 6,5 до 7,8. В тех точках опробования, где величина рН свыше 7,35 воды, вероятно, являются насыщенными к кальциту, угрозы к карстообразованию нет.

Для более точного прогноза карстовой опасности целесообразно выявить зависимость между значением индекса неравновесности и особенностями рельефа в зоне проектирования. Для выявления данной зависимости была проанализирована зависимость между абсолютными отметками скважин, из которых были отобраны пробы воды и значением индекса неравновесности.

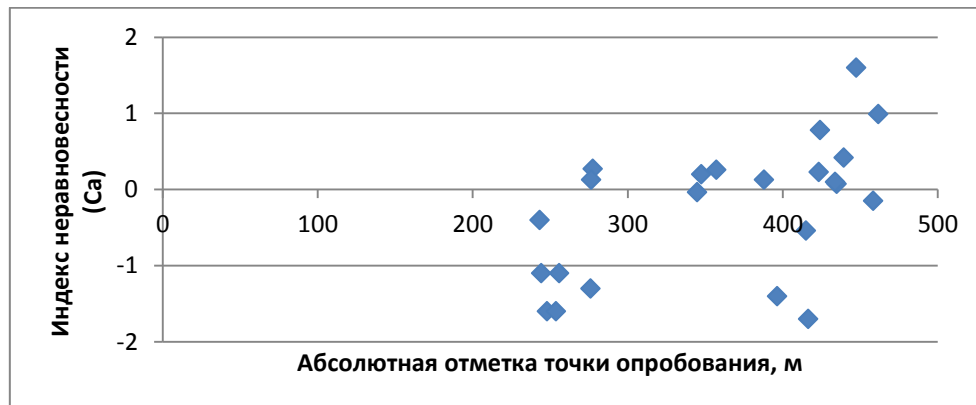


Рис. Изменение индекса неравновесности (Ca) от отметок поверхности

В результате проведенных исследований можно отметить наличие зависимости между геоморфологическими особенностями территории и агрессивностью подземных вод.

Рассмотренная методика является перспективной для исследования инженерно-геологических условий при проектировании линейных сооружений в карстовых районах. Так отрицательным значениям индекса неравновесности по отношению к кальциту соответствуют пробы, отобранные из поверхностных водотоков и скважин, приуроченных к днищам местных понижений. Формирование зон меньшей насыщенности вод относительно кальцита обусловлено увеличением здесь интенсивности водообмена.

Таким образом, на основании интерпретации результатов инженерно-геологических изысканий в районе строительства начального участка магистрального газопровода «Сила Сибири» изучено влияние химического состава подземных вод на развитие карстового процесса. Представляется необходимым выполнить подобное гидрогеохимическое моделирование по всей трассе магистрального газопровода

Литература

1. Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии // Разведка и охрана недр. 1997 (2) С.37-39.

2. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир. 1968.368 с.
3. Гвоздецкий Н. А. Карст. М.: Мысль. 1981. 214 с.
4. Гвоздецкий Н. А. Карстовые ландшафты. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1988.112 с.
5. Зверев В.П. Подземные воды земной коры и геологические процессы. М.: Научный мир. 2007. 256 с.
6. Катаев В.Н. Методология и практика сравнительно-оценочного карстологического районирования. Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2001. 85 с.
7. Макеев З.А. Принципы инженерно-геологического районирования //Карстоведение. 1948 (4): С.43-45.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РУДНИЧНОМ РАЙОНЕ ГОРОДА КЕМЕРОВО

А.С. Ефстифеева

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: geology2412@mail.ru*

Аннотация. Освещаются проблемы, обусловленные развитием опасных природных и техноприродных процессов, методы их изучения и инженерной защиты территории.

Abstract. Problems caused by the development of dangerous natural and techno-natural processes, the methods of study and the engineering protection of the territory are highlighted here.

В век активной застройки и освоения территории, все большая часть Российской Федерации становится подвержена опасным геологическим процессам, которые провоцируются техногенными факторами, что в свою очередь несет неопределимый вред не только зданиям и сооружениям, но и жизни и здоровью людей.

Ярким примером таких процессов является подтопление, которому, в той или иной мере, подвержены многие территории России. В соответствии со СНиП 2.06.15-85 и СП 11-105-97 (Часть II) территории, в пределах которых подземные воды залегают на глубине более 3 м, если они непосредственно воздействуют на основания и фундаменты эксплуатируемых или проектируемых зданий и сооружений следует считать подтопленными.

На настоящий момент, для территории Кузбасса проблема подтопления является одной из самых актуальных. Помимо предпринимаемых действий по предупреждению и предотвращению развития процесса, участки территории города, на которых подтопление высоких степеней может привести к наиболее серьезным отрицательным последствиям, необходимо анализировать и выделять в качестве зон *повышенной опасности*.

В данной работе предпринимается попытка анализа опасных инженерно-геологических факторов территории города Кемерово, на примере объектов на которых проводились изыскания в период 2011-2014 гг. специалистами компании ООО «Геотехника».

С поступлением нового материала планируется разработать систему районирования территории города Кемерово по степени негативного воздействия подтопления и других опасных геологических процессов, а также предусмотреть работы по их предупреждению и предотвращению.

В административном отношении рассматриваемые объекты располагаются в Рудничном районе г.Кемерово.

Два строения, под которые проводились изыскания, располагаются на территории Кузбасского технопарка: Выставочный зал - площадка, где проектировалось строительство здания сложной конфигурации, на столбчатом фундаменте и на плитно-свайном фундаменте и производственно - лабораторный корпус «Экология и природопользование» на столбчатом фундаменте.

Территория, отведенная под строительство объектов, занята частными металлическими и общественными капитальными гаражами, осложнена наличием множества подземных коммуникаций (теплотрасса, водовод, канализация), навалов грунта и искусственных выемок.

В геоморфологическом отношении оба участка изысканий расположены в пределах коренного правобережного склона долины р. Томь. Общее понижение рельефа наблюдается к юго-востоку, абсолютные отметки поверхности земли составляют 228-230м.

Еще два строения расположены в микрорайоне № 12 Рудничного района, это жилые дома №24 - фундамент проектируемого здания – свайно-плитный и жилой дом № 25 - фундамент проектируемого здания – свайный.

В геоморфологическом отношении площадки расположены на склоне водораздела р. Томь. Рельеф поверхности слабонаклонный, волнистый, с общим понижением на юго-восток в сторону долины р. Томь. Абсолютные отметки поверхности земли составляют 246,67-248,93 м и 247,27-248,49 м соответственно. На площадке дома №25 на момент изысканий выполнено устройство котлована и частично забиты сваи (забивка свай производилась ориентировочно в 2008 г.). В последующем строительство дома было остановлено, до настоящего времени свайное поле стояло открытым, котлован на момент изысканий полностью заполнен водой. Уровень ответственности сооружений-II (нормальный)

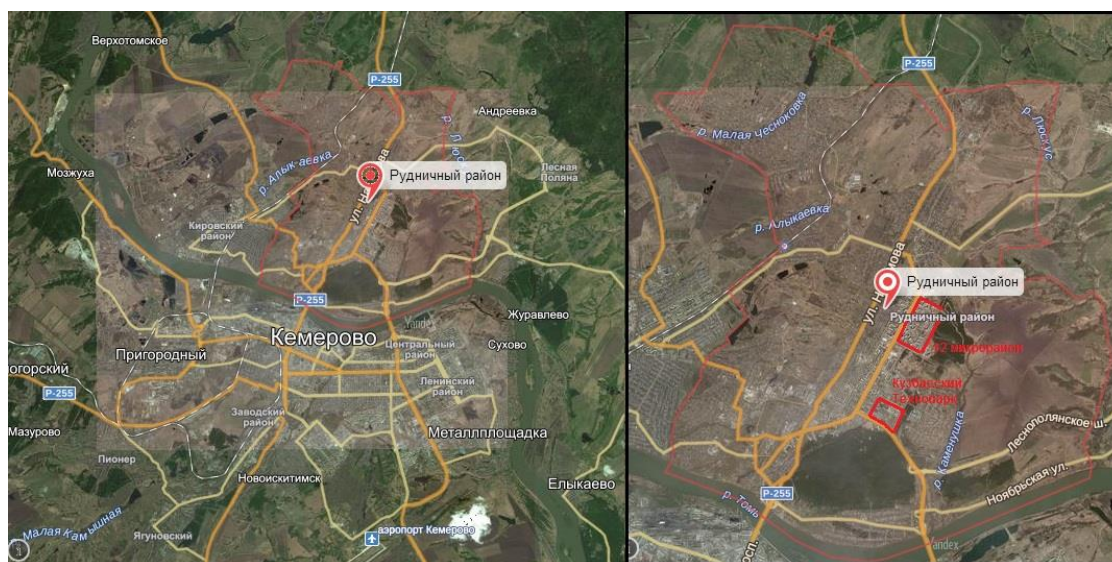


Рис.1. Местоположение рассматриваемых объектов (Yandex Map)

В выделенных по разрезу инженерно-геологических элементах установлено несколько типов специфических грунтов. На территории Кузбасского технопарка распространен слой насыпного грунта, характеризующегося неоднородным составом, сложением и плотностью, классифицированный как свалка грунтов и отходов производств, образовавшихся в результате неорганизованного накопления различных материалов. Использовать грунты подобного типа в качестве естественного основания

не допускается. Ниже залегают слои элювиальных дисперсных, дисперсно-обломочных и обломочных грунтов. Специфическими особенностями элювиальных грунтов является неоднородность состава и свойств по глубине и в плане из-за различной степени выветрелости исходных материнских пород, снижения прочностных и деформационных характеристик во время длительного пребывания в открытом котловане и даже переходу в плавунное состояние в верхнем слое. При замачивании грунтов в открытом котловане они могут проявлять чрезмернопучинистые свойства с относительной деформацией пучения $> 10\%$.

При бурении площадки под Выставочный зал (февраль 2013г), уровень подземных вод был зафиксирован на отдельных участках на глубинах 5,2-6,2м от поверхности земли, что соответствует абсолютным отметкам 219,45-221,00м. Подземные воды имеют спорадическое, локальное распространение и представляют собой купол растекания на участке с наиболее интенсивным питанием техногенными водами в сочетании с наиболее ослабленными зонами грунтов коры выветривания.

Техногенное происхождение воды косвенно подтверждается результатами химического анализа (по показателям гидрокарбонатов, нитратов, нитритов). Режим подземных вод неустойчивый и определяется количеством техногенных водопотерь и инфильтрацией атмосферных осадков.

По результатам специальных гидрогеологических работ, выполненных на территории технопарка, подземные воды верхнего водоносного горизонта «верховодки» также характеризуются специфическим техногенным загрязнением. Прогнозируемая амплитуда колебания уровня подземных вод в годовом цикле изменяется в пределах 1,0-1,5 м. Максимум положения УГВ приходится на май-июнь. По инженерно - геологическим условиям и техногенной нагрузке площадка относится к потенциально подтопляемой. В наиболее водообильные периоды сезонов (весеннее снеготаяние, обильные и затяжные дожди), а также в результате значительных аварийных водопотерь возможно формирование локальных или обширных куполов верховодки в пределах всей площадки технопарка на глубине 1,0 -5,0м.

На моменты изысканий для производственно - лабораторного корпуса «Экология и природопользование» (февраль-март 2011г.) подземных вод до исследованной глубины 7-12м обнаружено не было. По результатам предыдущих изысканий, выполненных в весенне-летний период, подземные воды до глубины 10,0 м не фиксировались. Отмечено, что на глубине 1-2м грунт обладает высокой коррозионной агрессивностью к свинцовым и алюминиевым оболочкам кабеля, средней - к углеродистой и низколегированной стали и неагрессивен к бетонным и железобетонным конструкциям.

Разрез объектов расположенных в микрорайоне № 12 Рудничного района преимущественно представлен различными суглинками без критически выраженных специфических свойств, однако, грунты, залегающие в зоне сезонного промерзания, на момент изысканий, сильнопучинистые и чрезмернопучинистые, степень пучинистости более 7% .

Уровень подземных вод на период изысканий (май 2013 г.) при бурении скважин для дома №24 зафиксирован на глубине 1,5-2,3 м от поверхности земли, абсолютные отметки составляют 245,17-245,66 м, для дома №25 на период изысканий (июнь 2013 г.) уровень зафиксирован на глубине 2,2-2,6 м от поверхности земли, абсолютные отметки составляют 245,07-245,74 м. Горизонт подземных вод характеризуется неустойчивым режимом. Грунты обладают высокой коррозионной агрессивностью к углеродистой и низколегированной стали, неагрессивны к бетонным и железобетонным конструкциям.

Из вышесказанного видно, что подтопление является наиболее неблагоприятным и потенциально опасным инженерно-геологическим процессом на рассматриваемой территории, вызванным разными причинами. Если в случае Кузбасского технопарка это может являться последствием техногенных факторов: статическими и динамическими воздействиями от предприятий, зданий и сооружений, транспорта и различных механизмов, наземных и подземных выработок, утечками из водонесущих коммуникаций, изменениями тепловых, электромагнитных и других физических полей., то в случае с жилыми домами имеют место гидрогеологические параметры, а именно близость к поверхности первого водоносного горизонта и его неустойчивости. Уровненный режим определяется климатическими факторами: подъем уровня начинается после выпадения интенсивных осадков и начала паводка. Питание подземных вод местное, инфильтрационное. Осуществляется за счет атмосферных осадков, поверхностных вод в период паводков, а также за счет напорных вод подстилающего комплекса верхнепермских отложений. Дренируются подземные воды местной гидросетью.

Основные первичные негативные последствия процесса подтопления связаны с коррозионным разрушением фундаментов и нижних частей наземных конструкций зданий и сооружений, с затоплением подвалов, шахт лифтов, подземных сооружений и коммуникаций неглубокого заложения, размножением кровососущих насекомых, появлением сырости и лишайниковых образований в жилых и рабочих помещениях, заболачивание бессточных понижений рельефа, а также с деградацией и гибелью древесно-травяной растительности в результате отмирания их корневых систем в водонасыщенных и часто техногенно сильно загрязненных грунтах.

Вторичные негативные последствия подтопления связаны с оседаниями и провалами земной поверхности, образующимися в результате доуплотнения замачиваемых при подъеме уровня подземных вод грунтов в основании зданий и сооружений, гидродинамического и тиксотропного разжижения этих грунтов, обычно проявляющегося при возможности их выноса на склонах или в строительные выемки, а также с образованием новых и активизацией существующих оползневых, карстовых, карстово-суффозионных, эрозионных и других геологических опасностей.

Не стоит забывать о том, что зачастую одни геологические процессы влекут за собой другие. В рассматриваемом случае имеет смысл рассмотреть возможность связи сейсмичности с процессом подтопления. Согласно СП 14.13330.2011, территория изысканий входит в район возможных сейсмических воздействий, интенсивность которых по картам ОСР-96 А и ОСР-97 А; В оценивается в 6 баллов по шкале MSK для средних грунтовых условий. По сейсмическим свойствам грунты относятся ко II- III категориям.

По инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям исследованная площадка территории Технопарка представляет собой единый район и относится к II-III (средней-сложной) категориям сложности по СП 11-105-97, в связи с наличием следующих факторов:

- повсеместное распространение специфических элювиальных грунтов (участки Кузбасского технопарка);
- возможность локального техногенного замачивания грунтов основания;
- возможность землетрясения интенсивностью 6 баллов.

Природно - техногенные условия исследованной территории, согласно п.5.2 СНиП 22-01-95, сложные. Категория опасности процессов подтопления и морозного пучения грунтов (в условиях дополнительного замачивания) - весьма опасная, землетрясения-опасная.

Территорию предлагается идентифицировать как неблагоприятную для застройки с точки зрения инженерно-геологических и сейсмических условий.

Подводя итог, в общем можно сказать, что для обеспечения нормальной эксплуатации зданий необходимо как минимум предусмотреть мероприятия инженерной защиты от подтопления в соответствии с п.10 СП 116.13330.2012.

Для количественной оценки влияния действующих факторов подтопления территории технопарка целесообразно организовать режимные наблюдения (мониторинг), чтобы оценить развитие процесса во времени. В дальнейшем, исходя из полученных данных, можно делать прогноз поведения процесса, более осознанно и индивидуально подбирать мероприятия по защите. Разбивка же территории города на зоны различного уровня неблагоприятности для строительства с точки зрения подтопления для Кемерово до сих пор не проводилась, но является очень полезным стартом для дальнейшего анализа всех процессов и использования данных в строительстве.

Литература

1. Технический отчет о комплексных инженерных изысканиях, Объект: "Составление инженерно-геологической карты масштаба 1:10000 г. Кемерово". Госстрой РСФСР Кемеровский трест инженерно-строительных изысканий "КузбассТИСИЗ", Шифр 6971, 1992 г.
2. Зверева Л.Г. Технический отчет по инженерно-геологическим изысканиям. Объект: «Проект застройки микрорайона 15 – 15а г. Кемерово», архив «КузбассТИСИЗа», шифр 9456. Кемерово, 1991
3. Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические исследования - М.: Изд-во КДУ, 2007.
4. Емельянова Т.Я., Ипатов П.П. Экологическая инженерная геология: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 1995.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ РАССОЛОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ПРИМЕРЕ АЛМАЗОДОБЫВАЮЩЕГО КАРЬЕРА «УДАЧНЫЙ»

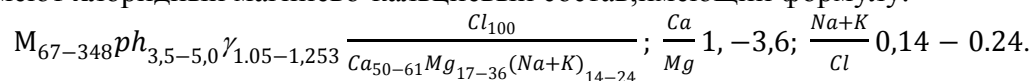
М.С. Зарубов

Научный руководитель доцент Кузеванов К.И.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия;
E-mail: zarubov_maksim@mail.ru*

Аннотация. Целесообразность извлечения ценных и необходимых для народного хозяйства элементов из подземных вод связана с проблемой утилизации крепких рассолов алмазодобывающего карьера «Удачный» (северо-западная Якутия). Промышленные воды являются попутными при разработке карьеров. Они формируют водопритоки в открытые горные выработки. Материалы для обработки получены на производственной практике.

По своей приуроченности и происхождению распространенные на северо-западе Якутии подземные воды представляют собой высококонцентрированные природные растворы солей, имеющие минерализацию свыше 350 г/л. Данный тип рассолов предположительно связан с метаморфизацией минерализованных растворов кембрийских седиментационных солеродных бассейнов. По компонентному составу они имеют хлоридный магниевый состав, имеющий формулу:



В составе рассолов наблюдаются высокие концентрации различных микрокомпонентов, таких как Br, Sr, Li, и Rb, которые достигают промышленных концентраций равных 500 – 5450 мг/л, 200 – 200 мг/л, 50 – 190 мг/л и 1 - 15,7 мг/л соответственно. Плотность рассолов изменяется в пределах от 1,05 до 1,35 г/см³ и в настоящее время в подземных выработках рудника «Удачный» в среднем составляет 1,28 г/см³. Минимальные пределы промышленных концентраций полезных элементов различены для Br, Sr, Li, Rb. Это более 500 мг/л, 300 мг/л, 10 мг/л и 3 мг/л соответственно.

На алмазодобывающем карьере «Удачный» среднегодовые водопритоки рассолов в забое горной выработки в среднем составляют 500 – 1000 тыс. м³/год. Это в сумме дает такую приблизительную оценку потерь полезных компонентов: Br - 5000 т/год, Sr - 1200 т/год, Li - 190 т/год и Rb - 7 т/год. Заметим, что, карьер «Удачный» имеет готовую систему водоотлива и утилизации дренажных рассолов как отходов производства. Для использования промышленных вод фактически не требуется создания инфраструктуры по добыче подземных рассолов. Необходима только установка оборудования для извлечения полезных элементов из рассолов на участке транспортировки от горной выработки до участков захоронения. Можно говорить о промышленном извлечении полезных компонентов из подземных рассолов с минимальными затратами.

Подобные рассолы, содержащие промышленные концентрации полезных элементов широко распространены на территории, как Якутии, так и всей Восточной Сибири. Если говорить о попутном извлечении полезных элементов из дренажных рассолов или подтоварных вод на уже действующих месторождениях в том числе и нефтегазовых, то в целом получается, что государство имеет огромные запасы полезных для народного хозяйства компонентов, которые на данный момент просто утилизируются в качестве производственных отходов.

Проблемы, связанные с извлечением полезных компонентов:

- недостаточная изученность гидрогеологических условий залегания подземных рассолов и отсутствие подсчитанных запасов промышленных вод;
- отсутствие отработанной технологии и промышленной базы для извлечения полезных компонентов из подземных рассолов;
- проблемы в правовой сфере недропользования связанные с промышленной добычей подземных рассолов;
- добыча полезных элементов из рассолов на каждом отдельном месторождении требует создания индивидуальной технологической схемы удобной и рентабельной для конкретного месторождения зависящей от общей суммарной минерализации и от содержания мешающих компонентов.

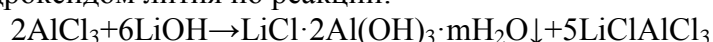
Обобщенная технологическая схема извлечения полезных элементов из рассолов включает следующие стадии:

- начальная подготовка растворов к извлечению полезных элементов, включающая в себя удаление вредных примесей;
- селективное выделение элементов из подготовленных растворов при использовании сорбции, кристаллизации, выпаривания, химического или электролитического осаждения;
- очистка сбросных вод в зависимости от конкретных гидрогеологических условий и экологических требований.

Надо сказать, что для алмазодобывающего карьера «Удачный» перспектива связана с использованием комплексных методов по извлечению полезных элементов, таких как параллельное получение брома методом экстракционно-электрохимического

извлечения из хлоридных рассолов с установкой дополнительного оборудования для сепарации лития и стронция при помощи сорбентов. Например, таких как $AlCl_3$ и $SrSO_4$. Однако, добыча таких элементов как бром и стронций требует строительства отдельного промышленного комплекса. В условиях крайнего севера такое решение представляется весьма затратным, но в случае его реализации с учетом всех потерь, можно будет извлекать до 2500 т брома и 800 т стронция в год.

Наиболее перспективным для данного месторождения является извлечение лития. При минимальных затратах может быть использован метод сорбции лития из растворов с помощью $AlCl_3$. Данный метод основан на взаимодействии раствора $AlCl_3$ с гидроксидом лития по реакции:



Реакция практически мгновенно протекает при температуре 40 - 50°C что требует дополнительных тепловых затрат.

Рыночная цена реагента $AlCl_3$ колеблется в районе 400 \$ за тонну, однако описанная технология позволяет использовать 1 г сорбента на получение 7 г лития. Кроме того, этот метод не требует сложного и дорогостоящего оборудования. Он может быть реализован на базе имеющихся трубопроводных системы позволяет извлекать до 80% лития из рассола. На месторождении есть готовая транспортная инфраструктура. Учитывая эти факторы и дополнительные затраты на оплату персонала, получается, что производство одной тонны лития будет стоить около 3000 \$. При существующей рыночной стоимости лития на уровне 4000 \$ за тонну метод является рентабельным и позволяет добывать около 150 т лития в год.

Извлечение рубидия в районе карьера «Удачный» представляется маловероятным ввиду сложности технологического процесса. Однако, в силу того, что данный элемент имеет очень высокую рыночную стоимость около 6000 \$ за килограмм, его извлечение может оказаться весьма перспективным для более доступных районов Сибири.

Правовая основа:

Несмотря на благоприятные перспективы использования промышленных подземных вод и огромные запасы этих ресурсов в Сибири, доказано, что для этого региона имеются серьезные проблемы в сфере недропользования, связанные с добычей промышленных вод.

Во-первых, до сих пор на государственном балансе числится мало месторождений промышленных подземных вод. Это связано с необходимостью проведения дополнительных геологоразведочных работ по разведке и подсчету запасов, с последующей их защитой. На сегодняшний день для выполнения комплекса геологоразведочных работ по подсчёту запасов промышленных вод у большинства мелких частных компаний не хватает оборотных финансовых средств. Крупные государственные компании, специализирующиеся на добыче определенного сырья и имеющие возможность проводить крупные исследования считают, что постановка разведочных работ такого типа будет не выгодной. В связи с этим, несмотря на фактическое наличие огромных запасов промышленных вод, юридически эти запасы не зафиксированы, и по формальным причинам их освоение запрещено.

Во-вторых, на действующем карьере суммарный дебит рассолов извлекаемых при проведении горных работ в качестве дренажных вод превышает 100 м³/сут. Поэтому в соответствии со статьей 23.2 раздела III Закона «О недрах» невозможно организовать их переработку и использование в качестве промышленных вод.

По указанным причинам на карьере «Удачный» происходит утилизация ценного минерального сырья как отходов производства. Такая же ситуация повторяется на ряде других месторождений, таких как «Мирный», «Айхал», «Зарница». Такой

нерациональный подход к использованию природных ресурсов является достаточно актуальной проблемой, требующей для своего решения особого государственного контроля. Необходимо внесение изменения в действующий Закон «О недрах» с целью упрощения процедуры получения лицензии на использование промышленных вод, являющихся отходами на действующих горнодобывающих предприятиях.

Литература

1. ЗАКОН РФ "О НЕДРАХ" от 21.02.1992 N 2395-1 (действующая редакция от 13.07.2015)
2. Бондаренко С.С., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды. М.: Недра, 1984.
3. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОТЧЁТ о выполненных гидрогеологических работах за 2014 год. Удачинский ГОК «АЛРОСА»
4. Вахромеев А.Г. Закономерности формирования и концепция освоения промышленных рассолов (на примере юга Сибирской платформы): Автореф. дис. докт. геол.-минерал. наук. М., 2009.
5. Химические товары. На мировом и Российских рынках // Бюл. иностр. коммерч. информ. 2015.
6. Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 7 «Селективный сорбент для извлечения лития из хлоридных высокоминерализованных рассолов» Л.Т. Менжерес, А.Д. Рябцев, Е.В. Мамылова ЗАО "ЭКОСТАР"НАУТЕХ". г. Новосибирск E-mail: kotsu@mail.nsk.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ РЕЧНЫХ РУСЕЛ КАК ФАКТОРА АВАРИЙНОСТИ НА НЕФТЕГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ КИЯ

Е.В. Иванова

Научный руководитель профессор О. Г. Савичев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: Ivanova_Elena1007@gmail.com*

Аннотация. По данным гидрометрических наблюдений за период с 1955 по 1974 год, полученных на государственной сети наблюдений Российской Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, проведена оценка и долгосрочный прогноз русловых деформаций реки Кия при отсутствии данных наблюдений. Методика основана на определении параметров потока, при которых наблюдаются наибольшие деформации русла реки.

Abstract. Evaluation and long-term forecast of the river channel deformation Kiya is carried out in the absence of observations by standard data of hydrometric observations for the period from 1955 to 1974. Data collected at the state observing network of the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet). The technique is based on determination of flow parameters, at which the maximum river bed deformations are observed.

По территории Томской и Кемеровской областей проходит магистральный нефтепровод «Александровское – Анжеро-Судженск», который является составной частью трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий океан». Транспорт углеводородного сырья протекает в сложных природных условиях – высокой заболоченности и густой гидрографической сети. Многочисленные переходы трубопроводов через водные объекты способствуют изношенности материала труб и возникновению утечек углеводородов на поверхность. Обеспечение безаварийной работы нефтегазодобывающих предприятий является одним из важных условий развития территории. Это и определяет актуальность исследования русловых деформаций рек, через которые проходят трубопроводы.

Целью работы является оценка русловой деформации реки Кия за период с 1955 по 1974 года, оценка предельно возможного вертикального размыва русла и прогноз максимально возможных плановых русловых деформаций реки на 25 лет.

Размыв русла реки под трубопроводом приводит к его просадке, что, впоследствии, приводит к отказу. Тяжесть последствий от аварии выражается через соотношение размеров водного объекта и количества попавшей в него нефти [2]. Соблюдение правил строительства и эксплуатации нефтепровода позволяет избежать утечек сырья на поверхность. При проектировании переходов нефтепровода через реки необходима оценка величины горизонтальных и вертикальных деформаций речных русел. Данная задача, в большинстве случаев, решается на основе сравнения поперечных профилей речных русел, составленных в разные годы [1, 5].

При отсутствии данных наблюдений предельно возможные горизонтальные и вертикальные деформации речных русел могут быть определены согласно [4]. Данный метод включает в себя определение ширины русла и максимальной глубины, при которых наблюдаются наибольшие русловые деформации. Для этого: 1) если имеются данные об уровнях воды, глубине, ширине потока, выбираются необходимые уровни воды (от минимального до максимального через определенный шаг). Если необходимое значение уровня воды отсутствует, оно определяется интерполяцией между соседними датами; 2) для каждого уровня определяется значение ширины русла и максимальной глубины, измеренные или интерполированные; 3) также для каждого уровня вычисляется разность максимальных и минимальных значений – амплитуда изменений плановой и вертикальной деформаций русла; 4) максимальные значение амплитуды являются деформацией речного русла.

С учетом этого автором проведена оценка горизонтальной и вертикальной деформации русла на примере реки Кия, через которую проходит трубопровод «Александровское – Анжеро-Судженск». Использовались данные, полученные на государственной сети наблюдений Российской федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Исследуемая река берет начало в Кемеровской области, течет на северо-запад в пределах восточных склонов Кузнецкого Алатау, на территории Томской области впадает в реку Чулым. Питание реки снеговое и дождевое. Замерзание реки происходит в ноябре, вскрытие – в апреле. Территория расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины, характеризуется преобладанием русловых процессов, что приводит к усилению расчлененности рельефа и увеличению твердого стока. Согласно [1], преобладающим типом руслового процесса является свободное и незавершенное меандрирование. Река у г. Мариинска показана на рисунке.

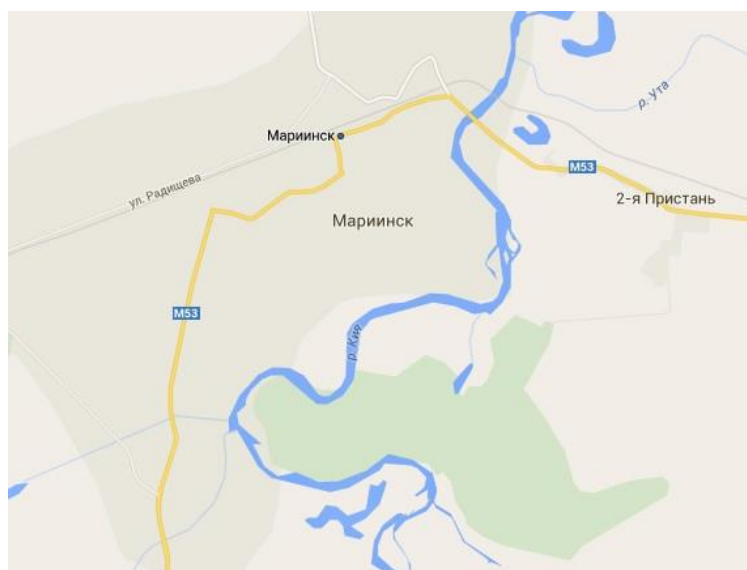


Рис. 1. Река Кия - город Мариинск

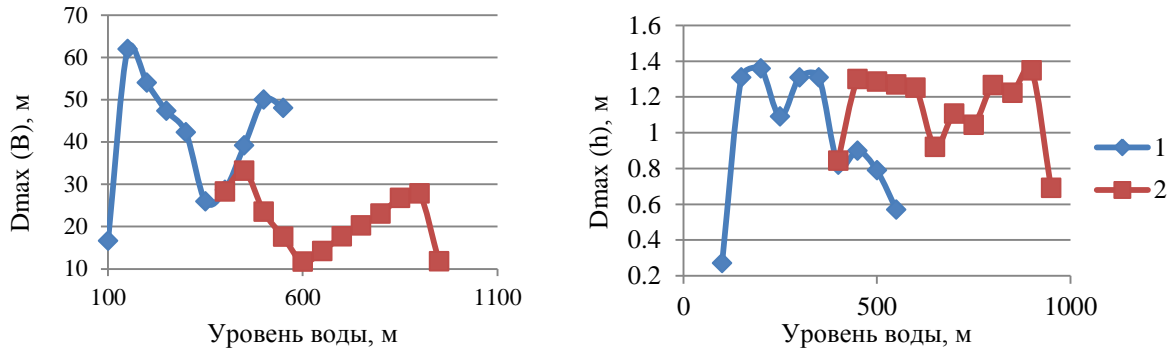
Результаты оценки русловых деформаций реки Кия в г. Мариинске и д. Окунеево представлены в таблице.

Таблица

Динамика русловой деформации реки Кия

Водпост	Уровень воды, м	Максимальная плановая деформация русла $D_{\max}(B)$, м	Максимальная вертикальная деформация русла $D_{\max}(h)$, м
р. Кия – д. Окунеево	400	28,250	0,843
	450	33,174	1,300
	500	23,486	1,285
	550	17,552	1,269
	600	11,639	1,252
	650	14,164	0,921
	700	17,688	1,107
	750	20,262	1,045
	800	23,011	1,266
	850	26,765	1,223
	900	27,789	1,348
950	11,756	0,691	
р. Кия – г. Мариинск	100	16,62	0,27
	150	61,88	1,31
	200	53,96	1,36
	250	47,33	1,09
	300	42,22	1,31
	350	25,92	1,31
	400	28,63	0,82
	450	39,17	0,90
	500	49,94	0,79
	550	47,98	0,57

Расчеты показали, что максимальная плановая деформация русла реки Кия варьируется от 11 до 33 метров в районе д. Окунеево и от 16 до 62 метров вблизи г. Мариинска. Вертикальная деформация колеблется в пределах 0,60 – 1,4 метра.



**Рис. 2. Динамика русловой деформации реки Кия:
1 - г. Мариинск; 2 - д. Окунеево**

На графиках видно, что максимальные плановые деформации происходят при уровнях воды в реке приблизительно 150, 500 и 850 метров. Максимальные значения вертикальной деформации русла наблюдаются при различных уровнях воды.

Оценка предельно возможного вертикального размыва русла Z_{lim} и прогноз максимально возможных горизонтальных деформаций русла $\Delta B(T)$ проведена по формулам:

$$Z_{lim} = Z_{min} - D_{max}(h_{max}) - \delta_h \quad (1)$$

$$\Delta B(T) = T * (D_{max}(B) + \delta_B) \quad (2)$$

где Z_{min} – отметка дна реки, м; T – период времени, год; δ_B и δ_h – погрешности измерения ширины и глубины потока, м.

По подсчетам предельно возможный вертикальный размыв русла через 25 лет составил на отдельных участках до 1,4 метра в Мариинске, до 0,8 метра – в Окунеево. Прогноз максимально возможных плановых деформаций русла показал, что за тот же период в Мариинске деформация составила 830 метров, в Окунеево – 155 метров.

Сравнивая максимальные деформации русла реки Кия с реками таежной зоны Западной Сибири [3, 6], можно сделать вывод, что у исследуемой реки деформация развивается более интенсивно. Это объясняется отсутствием заболоченных территорий, что способствует русловой эрозии, а также торфяных месторождений. Кия более полноводная река, переносит большое количество твердых наносов.

Деформация русел на участках рек с переходами трубопроводов выше, чем на участках, находящихся в естественных условиях. Определение русловых деформаций позволяет более качественно проводить инженерные изыскания с целью проектирования переходов нефтепроводов через водотоки, так как главной задачей проектирования является обеспечение их максимальной сохранности и надежности. Значения плановых деформаций русла варьируются в широких пределах – от 11 до 62 метров, вертикальных – от 0,6 до 1,4 метра. Величина деформации зависит от уровня воды в реке, ширины потока, глубины реки, наличия перехода трубопровода на участке и др. Учет русловых деформаций при проектировании нефтепроводов на реках позволит значительно снизить количество отказов и аварий, и, как следствие, улучшит экологическую обстановку на территории деятельности нефтегазовых предприятий.

Литература

1. ВСН 163-83. Ведомственные строительные нормы. Учёт деформаций речных русел и берегов водоёмов в зоне переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов). – М.: Госкомгидромет, 1985. – 142 с.
2. Рудаченко А.В., Саруев А.Л. Исследования напряженно-деформированного состояния трубопроводов: учебное пособие; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 136 с.
3. Савичев О.Г., Решетько М.В. Методы ориентировочной количественной оценки твердого стока и русловых деформаций для равнинных рек таежной зоны Западной Сибири // Инженерные изыскания. – 2012. – № 1, С. 52 – 56.
4. Савичев О.Г., Решетько М.В. Способ измерения и долгосрочного прогноза деформации речных русел при отсутствии русловых съемок // Патент России № 2468337, 27.11. 2012.
5. Учёт руслового процесса на участках подводных переходов трубопроводов через реки. Стандарт организации. СТО ГУ ГГИ 08.29-2009. – СПб.: Нестор-История, 2009. – 184 с.
6. Savichev O. G., Reshetko M. V., Matveenko I. A., Ivanova Ye. V. Evaluation of plain river channel deformation in the absence of observation data // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 2015. Vol. 6.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ В СЛАБОПРОНИЦАЕМЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

В.А. Лехов

*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
E-mail: v.lekhov@gmail.com*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования долговременной миграции радиоактивных отходов в слабопроницаемых породах полигона захоронения Сибирского химического комбината СХК. Коэффициент диффузии определялся экспериментально в течение трех месяцев на образцах длиной 5 - 8 см. В качестве мигранта использовались растворы NaNO_3 и NH_4NO_3 с добавками микрокомпонентов Sr, Cs, Ba, Ni, Co, La. Значения коэффициента диффузии солей макрокомпонентов, полученные по кондуктометрическим датчикам для каждого образца составляли $4,27 \times 10^{-7}$ до $1,40 \times 10^{-6}$ м²/сут, что меньше известных значений для глин. Результаты послойного изучения образцов с помощью водных вытяжек и микрозондового химико-элементного анализа выявили несоответствие распределения концентраций макрокомпонентов по сравнению с данными, полученными по кондуктометрическим датчикам.

Abstract. The paper deals with the modeling of long-term migration of radioactive waste in low permeable rocks landfill Siberian chemical combine SCC. The diffusion coefficient has been determined experimentally for three months on 5 – 8 cm length samples. NaNO_3 and NH_4NO_3 solutions used as migrants with additives microcomponents Sr, Cs, Ba, Ni, Co, La. The values of the diffusion coefficient for macrocomponent salts obtained by conductivity sensor for each sample fluctuate from $4,27 \times 10^{-7}$ to $1,40 \times 10^{-6}$ m²/day, which is less then known values for clays. The results of the study of layered samples using aqueous extracts and X-Ray Microprobe chemical and elemental analysis revealed a discrepancy between the distribution of concentrations of macro-components compared with the data obtained by conductivity sensors.

Введение

Основным механизмом транспорта в подземных водах является конвективно-диффузионный перенос. Роль молекулярной диффузии в переносе загрязнения через слабопроницаемые глинистые отложения может быть преобладающей. Поэтому оценка параметров, контролирующей диффузионный перенос через слабопроницаемые отложения весьма актуальна вообще и в частности для объектов захоронения

радиоактивных отходов, в том числе и полигона закачки Сибирского химического комбината [3].

На основании анализа опубликованных экспериментальных определений коэффициента диффузии, полученных разными авторами для слабопроницаемых отложений, следует отметить, что максимальный коэффициент диффузии $0,25 \times 10^{-4}$ м²/сут [1], отличается на четыре порядка от минимального $8,64 \times 10^{-9}$ м²/сут [4], что свидетельствует о невозможности использования для прогнозного моделирования этого параметра, основываясь только на литературных данных.

Таким образом, для создания адекватной геомиграционной модели долговременной миграции радиоактивных отходов и получения результата, корректно учитывающего влияние диффузионного переноса необходимо, по возможности, проводить экспериментальные определения миграционных параметров и коррелировать их с литературными значениями.

Объект и материалы

Объектом исследования является полигон глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината (ПГЗ ЖРО СХК), расположенный вблизи г. Северск. На этом полигоне за время эксплуатации с 60-х годов захоронено более 46 млн. м³ ЖРО общей активностью 1 млрд. Ки на глубину 270 – 400 м [3].

Эксперименты проводились на образцах диаметром 3 см и высотой 5 – 10 см, выпиленных из керна слабопроницаемых отложений, отобранного из скважин Е-145, Е-150, Н-33 и Н-29 на границе ПГЗ с глубин 200 – 400 м.

На исследуемых образцах выполнялись определения гранулометрического состава, минерального состава и количественный анализ микроструктуры.

Минеральный состав определялся рентгенодифракционным количественным анализом, по результатам которого содержание первичных минералов (кварц, полевые шпаты) изменялось от 40 до 60 %. Содержание каолинита от 10 до 35 % и низкое содержание смектита указывает на континентальное происхождение исследуемых образцов. Суммарное количество глинистых минералов в образцах варьировало в пределах от 35 до 55 %.

Микроструктурные исследования проводились с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ LEO 1450VP и рентгеновском компьютерном микротомографе TDM 1000H – II, полученные геологическим факультетом в рамках программы развития МГУ. Количественный анализ микроструктуры выполнялся по РЭМ изображениям. Результаты количественного анализа микроструктуры показали, что в исследуемых породах преобладают изометричные мелкие (1-10 мкм) и крупные (10-100 мкм) межмикроагрегатные поры [2], а общая пористость варьирует от 0,29 до 0,40.

Экспериментальное определение коэффициента диффузии

Для определения миграционных свойств слабопроницаемых глинистых отложений были разработаны и собраны опытные установки двух типов из водопроводных фитингов, с аналогичным принципом работы (рис. 1). Эксперименты проводились в две серии.

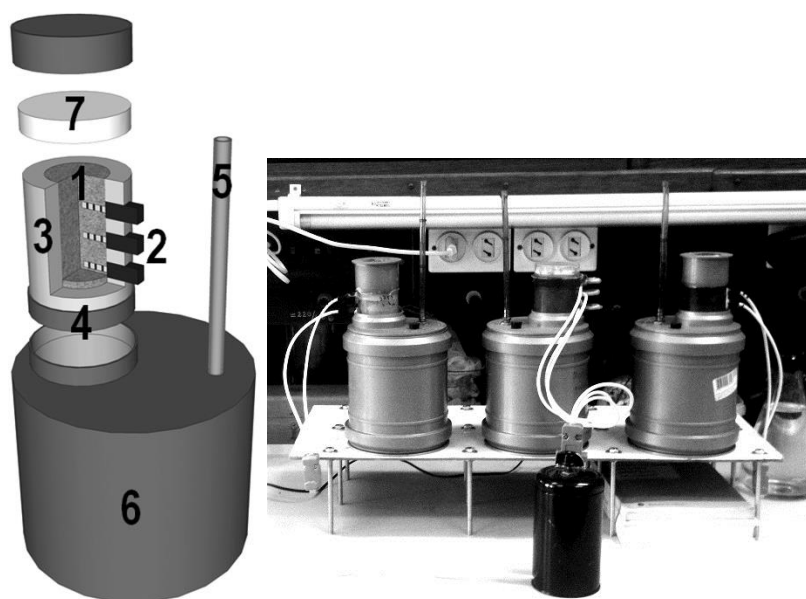


Рис. 1. Принципиальная схема опытной установки (1 – образец, 2 – датчики, 3 – эпоксидная смола, 4 – ПВХ кольцо, 5 – пьезометр, 6 – емкость для раствора, 7 – парафиновая пробка)

Регистрация мигранта в процессе диффузионного эксперимента производилась кондуктометром ЭКСПЕРТ–002 и 4-х электродными датчиками, установленными по длине образца в искусственные полости, имитирующие большие поры. Датчики собраны из аудио штекеров «jack 2,5 мм» и устанавливались с шагом в 1,5 см.

Молекулярная диффузия изучалась в эксперименте с постоянной концентрацией на нижней границе водонасыщенного образца и непроницаемой границей на его верхнем торце [1]. Образцы по длине оснащались 4-х электродными, кондуктометрическими датчиками, по которым производился ежедневный съем показаний. Длительность диффузионного эксперимента для разных образцов составила от 77 до 150 суток.

Для диффузионного эксперимента, смоделированы растворы из преобладающих в ЖРО веществ, в которых радиоактивные изотопы были заменены на стабильные элементы. Раствор для первой серии экспериментов состоял из макросолей NaNO_3 20г/л, NH_4NO_3 5 г/л и микросолей CsNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 100 мг/л каждого катиона. Раствор для второй серии экспериментов состоял из макросоли NaNO_3 25г/л и микросолей CsNO_3 , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 100 мг/л каждого катиона.

Результаты

Обработка выходных экспериментальных кривых для макросолей, полученных по показаниям кондуктометрических датчиков, производилась по аналитической зависимости для ограниченной модели (1) с заданной концентрацией на входной границе (рис. 2). При этом определялся комплексный параметр отношения коэффициента диффузии к эффективной пористости D/n .

$$C = \frac{C - C_0}{C^0 - C_0} = \sum_{s=1}^{\infty} \frac{2}{p_s} (-1)^{s+1} \cos p_s \frac{L-x}{L} \exp\left(-p_s^2 \frac{Dt}{nL^2}\right); \quad p_s = (2s-1) \frac{\pi}{2}; \quad (1)$$

где, C – концентрация на данный момент времени, L – длина модели, x – расстояние до границы с постоянной концентрацией, t – время.

Так как используемая в опыте макросоль не сорбируема, то значение пористости было использовано для расчета коэффициента диффузии. В результате, рассчитанные значения коэффициента диффузии D ($\text{м}^2/\text{сут}$) для исследуемых образцов изменяются от $4,27 \times 10^{-7}$ до $1,40 \times 10^{-6}$.

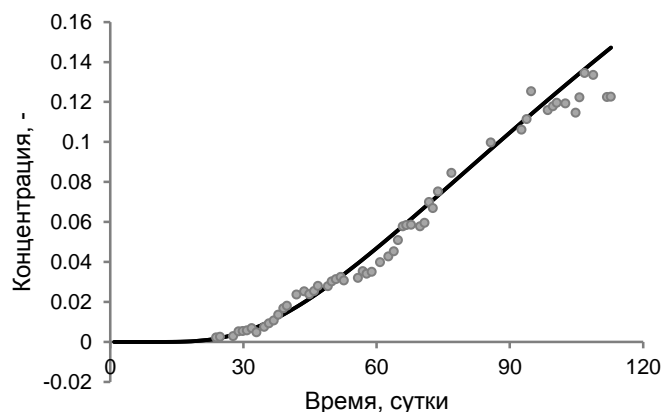


Рис. 2. Обработка опытных данных ручным подбором по диффузионному эксперименту на образце 1, отобранном с глубины 378,5, для датчика ($x = 2,2$ см, $D/n = 1,02 \times 10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{сут}$); линия – ограниченная модель, точки – экспериментальные данные

По результатам послойных анализов, таких как водные вытяжки, волновой рентгенофлуоресцентный анализ РФА и микрозонд, комплексные параметры D/n получить не удалось.

Выводы

Проведенные исследования, показали, что изученные образцы представляют собой породы алевролитисто-глинистого состава. В ходе оценки микроморфологии структурных элементов и количественного анализа микроструктуры, определены значения пористости, проницаемости и коэффициента извилистости для двух направлений, параллельно и перпендикулярно напластованию. Полученные параметры, за исключением проницаемости, лежат в пределах значений, приведенных в литературе.

Для определения миграционных параметров, была выбрана схема с постоянной граничной концентрацией на нижнем торце образца, верхний торец покрывался непроницаемой пленкой. Обработка миграционных экспериментов проводилась по данным кондуктометрических датчиков (2-3 датчика по длине образца) и по результатам послойных (через 1 см) анализов концентрации химических элементов, выполненных с помощью, волнового РФА, микрозондового исследования и водных вытяжек. В результате были получены оценки коэффициента диффузии D ($\text{м}^2/\text{сут}$) основного электролита NaNO_3 по кондуктометрическим датчикам в диапазоне $4,27 \times 10^{-7}$ до $1,40 \times 10^{-6}$. Результаты послойных анализов на данном этапе исследований не обрабатывались. Полученные результаты для коэффициента диффузии в целом ниже, чем данные, опубликованные в различных литературных источниках.

Литература

7. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах. – М.: Недра, 1986. – 160 с.
1. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. М.: ГЕОС, 2013. – 576 с.
2. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П., и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. – М.: ИздАТ, 1994. – 256 с.

3. Xiang Y., Al T., Scott L., Loomer D. Diffusive anisotropy in low-permeability Ordovician sedimentary rocks from the Michigan Basin in southwest Ontario. Journal of contaminant hydrology, 2013, № 155, p. 31-45.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО УЛ. ОКТЯБРЬСКИЙ ВЗВОЗ,1 И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ

М.В. Ликаровская
Научный руководитель А.А. Краевский

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail:marijalikaovskaja@mail.ru*

Аннотация. В процессе выполнения работы были изучены геоэкологические условия территории: физико-географические условия территории; геологическое строение района; инженерно-геологические характеристики участка защите. А также дана оценка состояния и устойчивости склона, уровень инженерной защиты. Рекомендованы мероприятия по инженерной защите окружающей среды.

На территории г. Томска активно развиваются оползневые процессы, представляющие угрозу не только для зданий и сооружений, но и для проживающих на этой территории людей.

Одной из опасных в этом отношении является территория Октябрьского взвоза, где развиты как природные, так и техногенные оползни.

Г. Томск расположен на границе Западно-Сибирской равнины, на правом берегу р. Томи. Климат г. Томска характеризуется как резко-континентальный, с коротким теплым летом и продолжительной холодной зимой.

В геоморфологическом отношении, город расположен в пределах западного склона Томь-Яйского водораздела и представляет собой всхолмленную равнину. Главной рекой города Томска является Томь, с её притоками-Ушайкой, Басандайкой, М.Киргизкой, Керепеть. Река имеет смешанное питание: среди которого преобладает снеговое и дождевое.

Исследованная площадка расположена в центральной части города Томска в границах улиц Б.Подгорная, ул. Октябрьский Взвоз и ул. Октябрьская

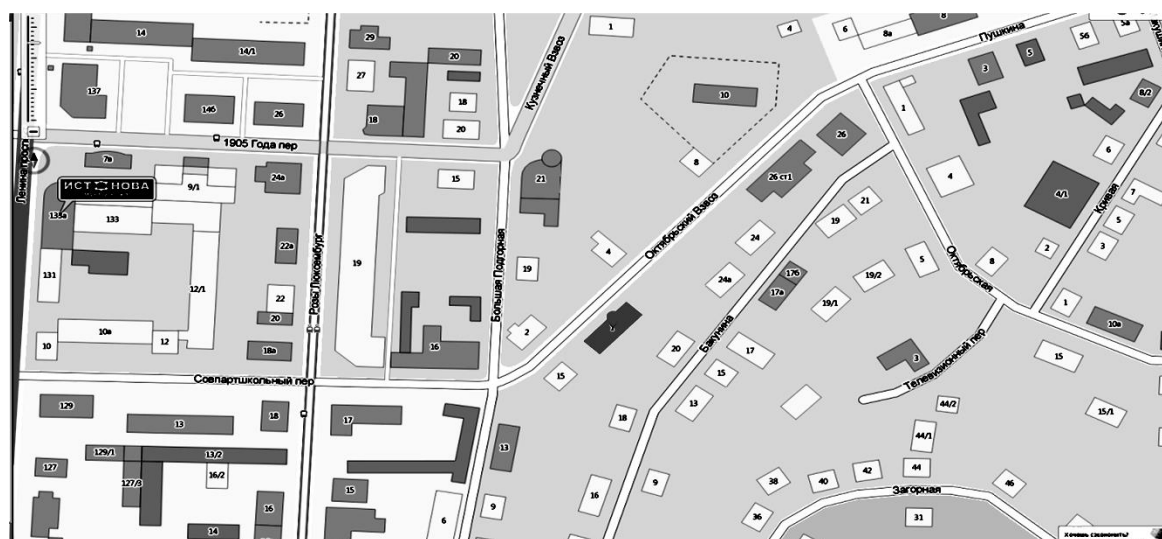


Рис.1. Расположение оползнеопасного участка

В геоморфологическом отношении, площадка приурочена к 1-й надпойменной террасе р. Томи. Рельеф участка не ровный, имеет выраженный уклон в северо-восточном направлении.

Территория изысканий находится в жилой зоне города старой застройки с надземными инженерными коммуникациями: телефония и радиолиния. Прилегающая территория застроена в основном частными жилыми домами с выгребными ямами, погребами и другими хозяйственными постройками.

В геологическом строении изученной площадки до глубины 20,0 м принимают участие средне- и верхнечетвертичные озерно-аллювиальные отложения окраинной части Томь-Яйского междуречья.

В геологическом строении участка принимают участие супеси, пески и суглинки. По составу, состоянию и физико-механическим свойствам выделено: Супесь твердая озерно-аллювиальная непросадочная; супесь пластичная аллювиальная; песок пылеватый озерно-аллювиальный маловлажный; суглинок текучепластичный озерно-аллювиальный с примесью органического вещества; песок мелкий маловлажный озерно-аллювиальный.

На данной территории в 2013 году произошел оползневой процесс представляющий собой оползень оплывания с глубиной захвата склона от 0,5 до 0,8 м. Оползневые массы в настоящее время располагаются в дворовой части здания между подошвой склона и зданием. В этих условиях они оказывают дополнительное негативное воздействие на здание и способствуют переувлажнению стен. Было решено провести инженерно-геологические изыскания на основании которых провести расчет на устойчивость склона.

На данной территории были проведены инженерно-геологические изыскания. Были пробурены 2 скважины и построены 3 инженерно-геологических разреза по линиям I-I, II-II и III-III. По линиям I-I и II-II были проведены расчеты на устойчивость склона.

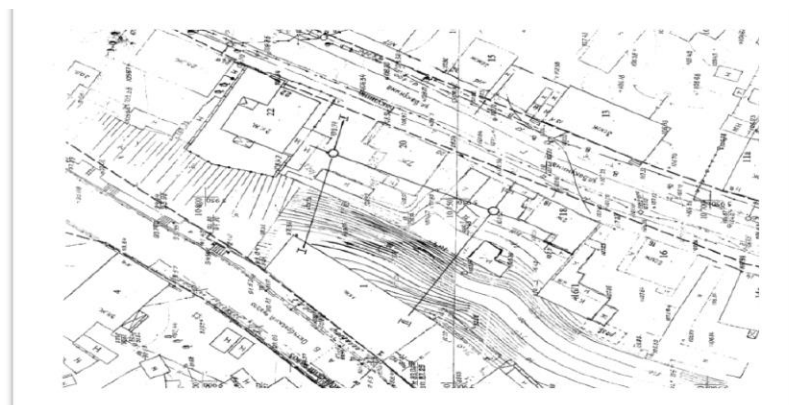


Рис.2. Топографический план

В настоящее время при решении вопросов устойчивости склонов используют различные методы и расчетные схемы, которые базируются на различных теоретических подходах и отличаются между собой по способу решения задач и точности получаемых результатов. Использование той или иной схемы основывается на установлении ее граничных условий применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям. Эти схемы являются графической или математической моделью склона и представляют частное решение конкретной задачи. При выборе

расчетных схем важным моментом является установление механизма развития оползневого процесса и типа оползня.

Развитие оползневых процессов на склонах в слоистых или однородных по литологическому составу четвертичных отложениях происходит чаще всего по криволинейной (круглоцилиндрической) или близкой к ней поверхности скольжения. В данном случае формируются оползни сдвига, которые могут иметь различные размеры и криволинейную, близкую к дуге окружности, поверхность скольжения.

Согласно рекомендациям ПНИИИС [6] количественную оценку и прогноз устойчивости склонов следует производить применительно к типам оползней, вероятным в данных конкретных условиях. С учетом выявленного механизма и типа оползневых процессов осуществляется выбор методов и расчетных схем.

Исследуемая территория имеет уклон в северо-западном направлении. Абсолютные отметки поверхности земли изменяются от 107,06-108,80 м на бровке склона и до 88,40-91,50 м у подошвы. Высота склона изменяется от 16,0 до 17,0 м.

Расчет методом круглоцилиндрической поверхности скольжения были проведены для оценки общей устойчивости склона по линиям I-I и II-II.

Высота склона по линии I-I составляет 10.8 м, угол наклона склона 30°. Коэффициент устойчивости склона равен 1.90.

На склоне отмечается локальные оползневые процессы с небольшой мощностью захвата насыпных грунтов и грунтов коренного склона. Оползни носят характер оплывания и проявляются при интенсивном выпадении дождевых осадков. В результате смещения грунтов со склона административное здание было присыпано оползневыми массами, представленными бытовыми отходами, золой и пр.

С учетом инженерно-геологических условий данного участка в качестве основных были использованы методы алгебраического сложения сил по круглоцилиндрической поверхности скольжения. Эти методы в теоретическом отношении достаточно хорошо разработаны и широко используются при решении практических задач по устойчивости склонов, откосов и бортов карьеров.

Анализ существующих методов расчета устойчивости склонов и откосов, учитывающих геологическое строение и конфигурацию склона, позволил рекомендовать для оценки устойчивости склона метод круглоцилиндрической поверхности скольжения предложенный Филлениусом с использованием графика Н. Янбу

Расчет методом круглоцилиндрической поверхности скольжения были проведены для оценки общей устойчивости склона по линиям I-I и II-II.

Высота склона по линии I-I составляет 10.8 м, угол наклона склона 30°. Коэффициент устойчивости склона равен 1.90.

На участке где наибольшая крутизна склона, была проведена локальная оценка устойчивости склона методом ломаной поверхности скольжения близкой к логарифмической спирали.

По результатам устойчивости склона можно сделать вывод, что склон является устойчив.

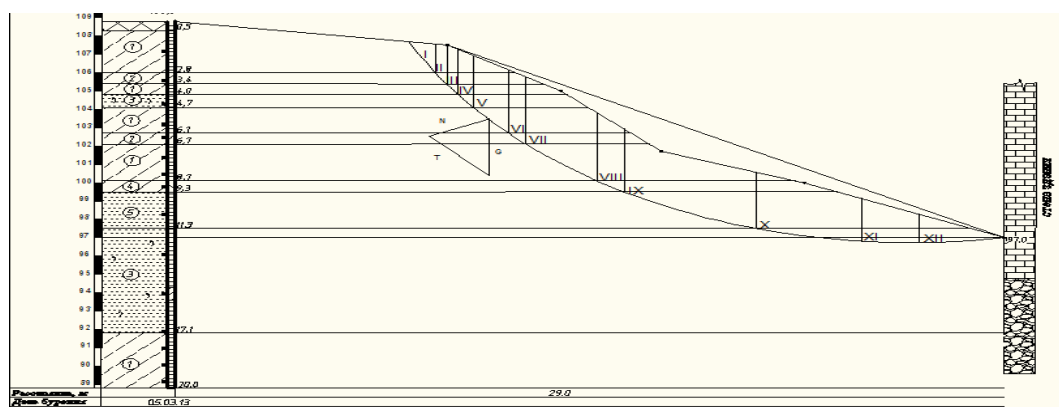


Рис. 3. Схема расчета устойчивости склона по линии I-I

По линии II-II высота склона 15,6 м. Угол наклона склона 24° . Общая устойчивость склона составила 1,66.

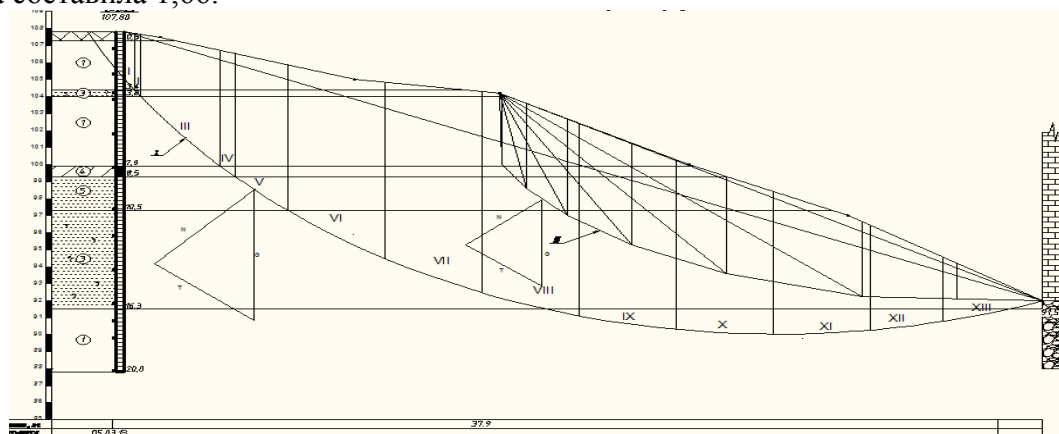


Рис. 4. Схема расчета устойчивости склона по линии II-II

Так же были проведены расчеты устойчивости склона при замачивании грунта, по результату которых было выявлено, что устойчивость склона уменьшилась и требует определенных мер по защите территории.

Сложный комплекс мероприятий по борьбе с оползнями подразделяется на пассивные и активные меры.

Пассивные меры – это предупредительные меры. К ним относятся:

1. Запрещение подрезки склонов
2. Запрещение подсыпок и строительства в оползневой зоне
3. Запрещение производства взрывных работ
4. Запрещение сброса на склон поверхностных вод
5. Запрещение уничтожения растительности на склоне.

Активные меры заключаются в инженерных способах борьбы:

1. Расчистка территории от оползневых масс.
2. Установление подпорной стенки в нижней части склона.

Литература

1. Бычков О.А. Инженерная защита территории // Изд-во ТГАСУ, 2003. – 25 с. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Минстрой России, ПНИИИС, М., 1997 г
2. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов // М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.

3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. ПНИИИС Госстроя СССР. М., Стройиздат, 1984.
4. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территории, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования. Госстрой СССР М. ЦИТП, 1991 г.
5. ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Госстрой России. 1996 г.
6. ГОСТ 25100-96. Грунты. Классификация. Госстрой России. ПНИИИС. 1995 г

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В УЕЗДЕ ЧОДОНЬ (СЕВЕРНЫЙ ВЬЕТНАМ, ПРОВИНЦИЯ БАККАН)

Луен Ван Нгуен

Научный руководитель О.Г. Савичев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия
Email: OSavichev@mail.ru; luyennv@yahoo.com*

Аннотация. На основе результатов исследований, выполненных в 2010–2015 гг., получена общая характеристика гидрогеохимического условия в уезде Чодонь провинции Баккан, Вьетнам. Показано, что особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод и поверхностных вод определяются геологическими условиями, внутригодовым распределением атмосферного увлажнения, а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах и вблизи действующих и закрытых горнодобывающих предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечаются в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

Abstract. Based on the results of studies carried out during 2010-2015 received a general description of hydrogeochemical conditions in the county Cho Don Bak Kan province, Viet Nam. It is shown that the characteristics of spatial and temporal changes in the chemical composition of groundwater and river water determined by the geological conditions, the distribution of infra atmospheric moisture, as well as local pollution in populated areas and near existing and abandoned mining operations. The highest concentrations of trace elements often observed within the watershed district Ban Thi, promising in terms of exploration work, and within a year - during the rainy season.

Введение

Исследования гидрогеохимических условий водных объектов имеют важное прикладное и фундаментальное научное значение, поскольку нацелены на определение геохимического фона и отклонений от него, а также выявление природных и антропогенных факторов формирования как фоновых, так и аномальных концентраций. Особенно актуальны подобные исследования в Юго-Восточной Азии, включая северную часть Вьетнама, где в условиях высокой плотности населения важность обеспечения экономики водой необходимого качества и сохранения окружающей среды многократно возрастают.

Цель работы: оценка современного гидрогеохимические условия поверхностных и подземных вод в уезде Чодонь провинции Баккан и его связи с гидрологическими и геоморфологическими условиями.

Основные задачи: 1) выявление основных особенностей химического состава и оценка качества поверхностных и подземных вод, района в уезде Чодонь при горнодобывающих; 2) выявление закономерностей изменения и условий формирования химического состава поверхностных и подземных вод, района в уезде Чодонь.

Исходные данные получены в результате: 1) полевых, лабораторных и камеральных работ в феврале 2015г.; 2) обобщения собственных данных и материалов

наблюдений за состоянием подземных вод в уезде Чодонь, выполненных в Департаменте природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан и Вьетнамском Институте геологии и минеральных ресурсов в 2011- 2014 г [7,8].

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются подземные и поверхности воды верхней гидродинамической зоны в междуречье и на водосборах рек Бан Тхи, р.Кау, р.Тадиенг и р.Дай (рис. 1). В пределах водосборных территорий водоносные отложения нижнего и среднего девона представлены известняком, песчаником и мергелем; в долинах рек распространены аллювиальные отложения четвертичного возраста, сложенные песками, галькой, частично – суглинками и глинами.

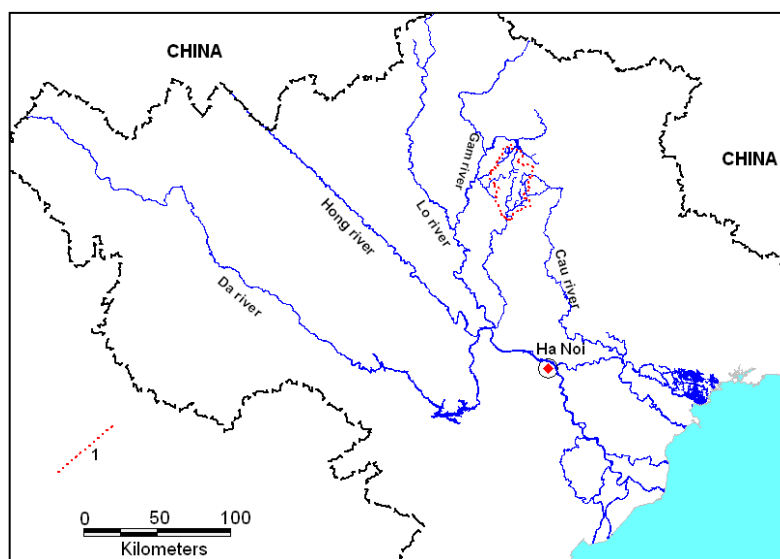


Рис. 1. Схема размещения района исследований (1) в границах уезда Чодонь

Методика исследования включала: полевые работы по отбору 10 проб поверхности вод из слоя 0,3–0,5 м от поверхности в специально подготовленные ёмкости. 5 проб подземные вод из колодецев и скважин, глубина отбора водных проб от 3 до 44 м; лабораторные работы (выполнялись в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета); расчёты насыщенности вод относительно ряда минералов и органоминеральных соединений, которые присутствуют или могут присутствовать в подстилающих отложениях (с использованием программного комплекса Solution+ [9]); расчёты гидрологических и гидроморфологических характеристик и статистический анализ взаимосвязей между ними и гидрохимическими показателями. Более подробно методика исследований описана в [10–12].

Результаты исследования

Природные условия формирования поверхностных и подземных вод рассматриваемой территории весьма разнообразны (на территории низовья реки Дай, (юго-восток уезда), породами в основном являются кварциты, серицитовые сланцы и песчаные алевритовые, размещающиеся в формации Фу Нгы; в верховьях реки Дай распространены сульфидные руды (коммуна Бан Тхи и верховье реки Дай)), что определяет соответствующие различия в их химическом составе.

Анализ имеющихся данных показал, что изученные подземные воды по условиям залегания – грунтовые; в соответствии с классификациями О.А. Алёкина [2] по минерализации – «пресные» со средней и реже – малой минерализацией, по

химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые; по величине pH – слабокислые и нейтральные; по жёсткости – от очень мягких до умеренно жёстких, содержат незначительное количество органических веществ по перманганатной окисляемости. В ряде случаев выявлено значительное превышение нормативов хозяйственно-питьевого водоснабжения, установленных по величине pH и содержанию Fe, Zn, Cd, Mn, As, Si, Al [12]. Этот факт объясняется, видимо, как наличием ореолов техногенного рассеяния, сформировавшихся при добыче свинцово-цинковых руд в водосборе р. Бан Тхи, так и более высоким природным «фоновым» содержанием ряда химических элементов в горных породах и подземных водах, которые с ними взаимодействуют.

Подземные воды района исследований в целом не насыщены относительно первичных алюмосиликатов и незначительно пересыщены относительно кварца, в ряде случаев – относительно кальцита. Подземные воды не насыщены и относительно цинксодержащих минералов, что подтверждает сделанный выше вывод о связи концентраций этого и, видимо, ряда других элементов с интенсивностью водообмена.

Изученные поверхностные водные объекты относятся к категории «малых» рек с расходами воды до 41 м³/с. Поверхностные воды по классификациям О.А. Алёкина [2] в целом пресные с малой и средней минерализацией, гидрокарбонатные кальциевые первого, второго и третьего типов, по величине pH воды нейтральные и слабощелочные, по жёсткости – от очень мягких до умеренно жёстких, по величине перманганатной окисляемости – с очень малой окисляемостью, по содержанию органических и биогенных веществ – бета-мезосапробного класса. Превышение российских нормативов качества воды в объектах хозяйственно-питьевого назначения наблюдается также по содержанию веществ 1–2 класса опасности в 8 пробах из 10. Нарушение российских рыбохозяйственных нормативов в большинстве случаев отмечается по содержанию Cu, Pb, Al, Zn, Fe. Превышения вьетнамских нормативов качества вод не отмечены, но, с учётом повышенных концентраций ряда токсичных микроэлементов, а также результатов сравнения с российскими нормативами, общее состояние изученных речных вод в феврале 2015 г. оценивается как неудовлетворительное с точки зрения обеспечения хозяйственно-питьевых нужд [10].

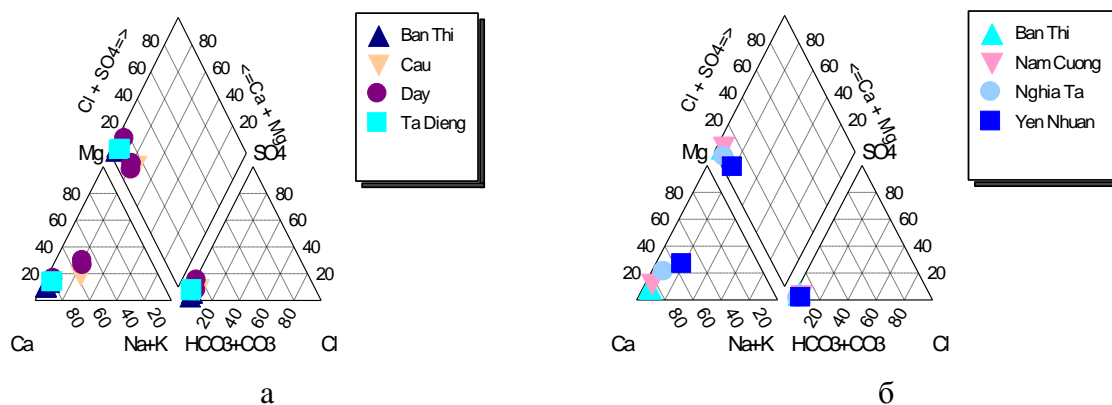


Рис. 2. Отношения Катион - аниона в главной реке (а) и в подземных водах (б)

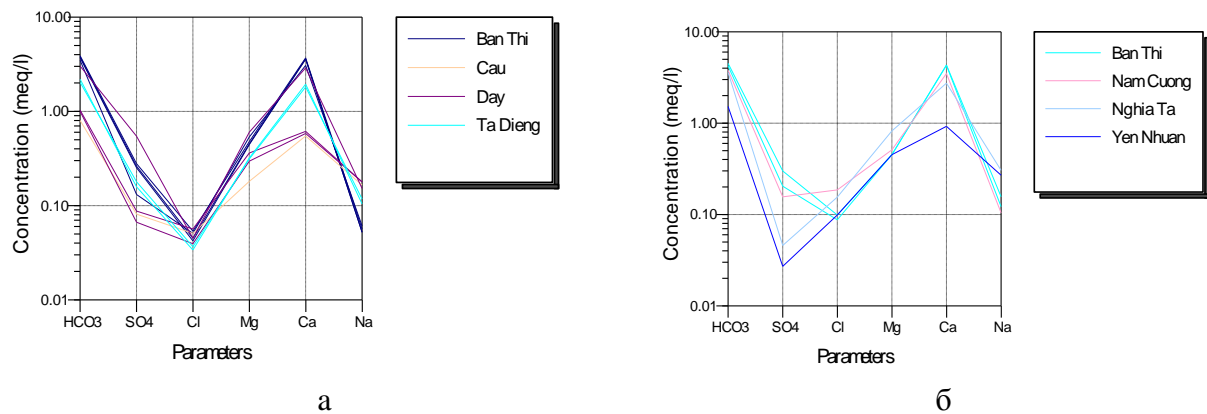


Рис. 3. Катион и анион распределение в бассейне (а) и в подземных водах (б)

Поверхностные воды повсеместно способны растворять первичные алюмосиликаты с образованием глинистых минералов и пересыщены относительно кварца. Пересыщение относительно карбонатных минералов характерно для водосбора реки Бан Тхи и верховий реки Дай [10].

Корреляционные связи между гидрохимическими, гидрологическими и гидроморфологическими показателями в целом относительно слабые, что в ряде случаев объясняется не отсутствием связей как таковых, а их нелинейностью. В целом, можно отметить, что суммарное содержание растворённых солей, концентраций Zn и Pb возрастает с [10, 11]: а) увеличением уклонов водотоков и гидроморфологического показателя K_T (рис. 4); б) уменьшением их длины и доли водосбора с речной сетью (рис. 5).

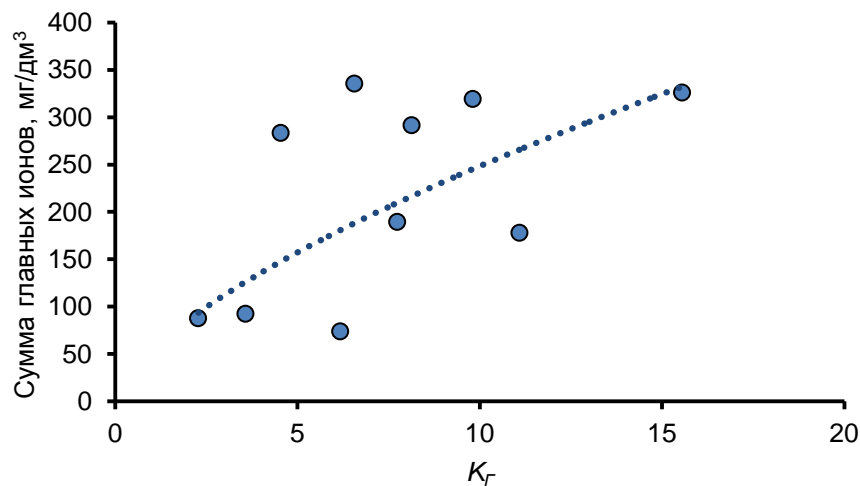


Рис. 4. Зависимость суммы главных ионов Σ_{mi} от гидроморфологического показателя

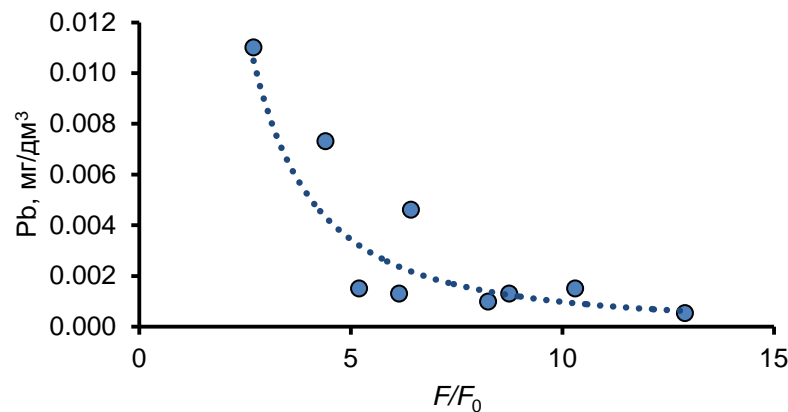


Рис. 5. Зависимость концентраций Pb от соотношения суммарной площади водосбора F и площади верховий без речной сети F_0 ($R^2=0,73$)

Наиболее высокие концентрации изученных микроэлементов часто отмечаются в месяцы с максимальным атмосферным увлажнением, хотя имеются и определённые отличия, связанные с приуроченностью к первой или второй половине периода дождей. Объём имеющихся данных не очень велик (до 39 проб). Тем не менее, в первом приближении можно сделать вывод, что в первом случае в подземных водах района исследований наиболее вероятно обнаружение повышенных концентраций Cu, Cd, Pb, а во втором – Zn, Mn, Hg, As (рис. 6).

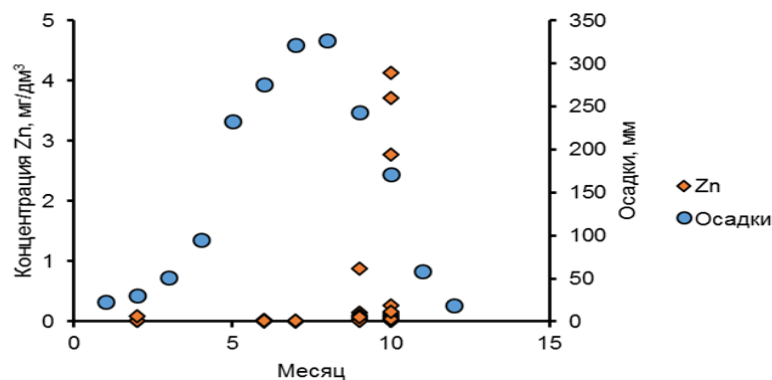


Рис. 6. Внутригодовое распределение концентраций Zn в подземных водах водосбора р. Бан Тхи за 2010–2015 г

Во внутригодовом изменении удельной электропроводности и общего содержания растворённых солей в подземных статически значимые связи со средними значениями атмосферных осадков или номером гидрологического года не выявлены, что связано, предположительно, наложением двух разнонаправленных процессов: 1) увеличением времени взаимодействия воды и горных пород в «сухой» сезон; 2) усилением во время продолжительных дождей выноса веществ, ранее накопленных на поверхности водосборов и в водоносных отложениях.

Заключение

Поверхностные воды района в уезд Чодоне характеризуются как пресные с низким содержанием органических веществ и относительно повышенным содержанием ряда металлов (Zn, Pb, Fe, Al). С учётом этого повышенные концентрации Zn, Pb, Fe, Al объясняются преимущественно влиянием природных факторов, что, безусловно, не

исключает возможности загрязнения поверхностных вод в результате текущей и ранее осуществлявшейся хозяйственной деятельности.

Подземные воды района в уезд Чодоне, характеризуются в целом как пресные, гидрокарбонатные кальциевые, слабокислые или нейтральные. В ряде случаев они содержат Fe, Zn, Cd, Mn, As, Al, Si в количестве, заметно превышающем установленные в Российской Федерации и Вьетнаме нормативы хозяйственно-питьевого водопользования. Особенности пространственно-временных изменений химического состава подземных вод определяются геологическими условиями, внутригодовым распределением атмосферного увлажнения, а также локальным загрязнением окружающей среды в населённых пунктах, вблизи действующих и закрытых горных предприятий. Наибольшие концентрации микроэлементов чаще всего отмечены в пределах водосбора р. Бан Тхи, перспективного с точки зрения проведения геолого-разведочных работ, а внутри года – в период дождей.

Литература

1. Nash J.E., Sutcliffe J.V. River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles // *Journal of Hydrology*, 1970, 10 (3), p. 282–290.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат. 1970. – 444 с.
3. Вода. Общие требования к отбору проб. ГОСТ Р 51592-2000. – М.: Издательство стандартов, 2000. – 34 с.
4. Дао Мань Тиен. Методология и особенности геохимической специализации гранитоидных формаций Северного Вьетнама: диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.08 Баку: Азербайджанский гос. ун-т, 1984. – 198 с.
5. До Ван Фи, Хоанг Минь, До Ван Ай. Первые результаты использования геохимического моделирования в исследовании свинцово-цинковой зоны на юге уезда Чодонь // *Геология и минералы*. – 2000. – № 7, С. 235-250. / на вьетнам. яз.
6. Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. РД 52.24.622–2001. – М.: Фед. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окр. среды, 2001. – 68 с.
7. Нгуен Мань Ха, Ву Тхань Хай, За Динь Тхай, Тханг Тхи Минь Хень. Ежегодный мониторинг окружающей среды в провинции Баккан. 2013–2014 гг. // Баккан: Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды провинции Баккан. JSC “Environment analyzing and technique”, 2014. – 372 192с. / на вьетнам. яз.
8. Нгуен Хонг Куанг, Тонг Тхи Тху Ха, Та Хунг Кыонг, Тхан Ван Кет, Фам Дык Чонг. Оценка текущего состояния окружающей среды в горнодобывающей промышленности в Северо-Восточной районе (Вьетнам). – Ханой: Институт геологических наук и минеральных ресурсов, 2011. – 118 с. / на вьетнам. яз.
9. Савичев О. Г., Колоколова О. В., Жуковская Е. А. Состав и равновесие донных отложений р. Томь с речными водами // *Геоэкология*. – 2003. – № 2. – С. 108–119.
10. Савичев О.Г., Нгуен В.Л. Гидроэкологическое состояние междуречья рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2015. – Т. 326. – №7, С. 96-103.
11. Савичев О.Г., Нгуен В.Л. О методике определения фоновых и аномальных значений гидрохимических показателей // *Известия Томского политехнического университета*. – 2015. – Т. 326. – №9, С. 133-142.
12. Савичев О.Г., Луен Ван Нгуен. Химический состав и качество подземных вод в междуречье рек Гам и Кау (Северный Вьетнам) // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2015. № 398.
13. Строкова Л.А., Фи Х.Т. Особенности инженерно-геологических условий г. Ханой (Вьетнам). – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2013. – 336 с.

РАВНОВЕСИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С МИНЕРАЛАМИ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ШАХТНЫХ ВОД

И.А. Лямин

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия,
E-mail: lyaminilya@mail.ru*

Аннотация. В данной статье изучено влияние шахтных вод Кизеловского угольного бассейна на равновесие поверхностных вод с минералами. С разработкой месторождения связано образование кислых шахтных вод, содержащих целый ряд загрязняющих веществ в количествах многократно превышающих предельно-допустимые концентрации для водных объектов рыбохозяйственного водоснабжения. Шахтные воды, разгружающиеся на поверхность и попадающие в поверхностные водотоки, являются кислыми ($\text{pH} < 3$), имеют высокое содержание сульфат-иона, железа, алюминия и др. металлов.

Abstract. In this article is studied the influence of mine water Kizel coal basin on the equilibrium of surface water with minerals. The formation of acid mine water is associated with the development of deposits, which are contain a number of pollutants in many times higher than maximum permissible concentrations for fishery water-supply. Mine waters are discharged to the surface and get into surface waters are acidic ($\text{pH} < 3$) and have a high content of sulfate ions, iron, aluminum, and others metal.

Введение

Кизеловский каменноугольный бассейн площадью 200 км² в геологическом отношении расположен в пределах Западно-Уральской зоны складчатости, прилегающей к Предуральскому краевому прогибу. Преобладающей формой тектоники района являются складки меридионального и близкого к нему простирания, иногда вытянутые на десятки километров. Складки осложнены многочисленными разрывными нарушениями, которые в большинстве случаев имеют простирание, согласное с простиранием складчатости [3].

В геологическом строении бассейна принимают участие осадочные породы палеозойского возраста от нижнего девона до артинского яруса нижней перми, общей мощностью 3–4 км. Широкое распространение имеют карбонатные породы. Непосредственно угленосная толща связана с нижней и средней частью визейского яруса. Ее средняя мощность на различных участках бассейна составляет от 150 м до 250 м. Толща, в основном, представлена песчаниками, а также алевролитами и аргиллитами. В ней выделяется 5 рабочих пластов угля (рис. 1).

В соответствии с гидрогеологическим районированием (ВСЕГИНГЕО, 1988) восточная часть Пермского края относится к Большеуральскому сложному бассейну корово-блоковых (пластово-блоковых) и пластовых вод. На территории Кизеловского угольного бассейна, по Л.А. Шимановскому (1973), Е.А. Иконникову и др. (2006), выделяются визейско-артинский карбонатный водоносный комплекс ($\text{C}_{1\text{V}_3+\text{s}-\text{P}_{1\text{a}}}$), западно-уральский спорадический обводненный региональный водоупор ($\text{hC}_{1\text{V}_{1+2}}$ – угленосная толща), франско-турнейский карбонатный ($\text{D}_3\text{fr}-\text{C}_{1\text{t}}$) и девонский терригенный (D) водоносные комплексы.

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Свита горизонт	Индекс	Литологический разрез	Мощность, м		
Пермская - Р	нижний - Р ₁	Асиповский	новый карстовый	Дергачевский	Р _{1a}		2-15 (до 180)		
							450-650		
							120		
		Самарский		Старокамский Тетубовский	Р _{1b}		440		
								90-120	
		Асиповский		Шолоховский Холмогорский	Р _{1as}		130-200		
								30	
		Каменноугольная - с	нижний - С ₁	Сиротинский	верхний	Лаврицкий Кульковский	С _{2m1}		65-90
									75-80
									45-50
Белогорский				Кремлевский Еловский	С _{2b}		50		
								45	
Сиротинский				Бремскосский	С _{1s}		45-65		
								55-65	
Вилейский	средний			Курчановский Ладьяковский Губовский	С _{1v3}		50-70		
								35-50	
Вилейский	нижний			Курчановский Шимановский Ключевский	hC _{1v1-2}		120-250		
		45-50							
Туринский	верхний	Косынецкий Кизеловский	С _{1t}		250-330				
						20-40			
Туринский	нижний	Косоренский Кизеловский Лытвинский	D _{3fm}		90				
						20-40			
Фазанский			D _{3fr}		35-45				
						30			
Жизинский			D _{2qv}		15				
						50			
Эйфельский	новый карст.		D _{2l}		80-100				
						до 1000			

Рис. 1. Стратиграфическая колонка Кизеловского угольного бассейна (Л.А. Шимановский, 1973)

Шахты Кизеловского бассейна, в силу особенностей геолого-гидрогеологических условий территории, характеризуются значительными водопритоками. Средний суммарный водоприток в шахты в период их работы составлял 12–14 тыс. м³/ч. Главную роль в формировании шахтных водопритоков играли карстовые воды визейского водоносного комплекса, которые поступали в горные выработки по техногенным трещинам, из зон крупных тектонических нарушений, по выработкам, вскрывшим водоносные горизонты [3].

В период эксплуатации, шахтами ежегодно сбрасывалось в реки практически без очистки около 100 млн м³ загрязненных вод, содержащих большое количество сульфатов, железа, алюминия.

Химический состав шахтных вод зависит в основном от гидродинамических условий, содержания в угленосной формации серы, рассеянных элементов. При

содержаниях серы в углях, превышающих 4 %, результате окисления сульфидов вода приобретает кислую реакцию ($\text{pH} = 2-3$) и сульфатный состав. Трещинно-карстовые воды карбонатных пород, обладающие высоким окислительным потенциалом, нейтральной средой ($\text{pH} = 7,3-7,5$), гидрокарбонатно-кальциевым составом и минерализацией 0,06–1,5 г/л, взаимодействуют в шахтах с богатыми серой угленосными породами и преобразуются в сульфатные железисто-алюминиевые натриево-кальциевые воды с минерализацией 2,5–19 г/л.

Для кислых шахтных вод характерны высокие содержания цинка, никеля, меди, свинца, марганца, кобальта, стронция и других микроэлементов.

Объекты и методы

Для расчетов равновесия поверхностных вод по отношению к различным минералам при условии нормального атмосферного давления и температуре растворов 10 °С использовался специализированный расчетный код PHREEQC [10]. Константы растворимости продуктов определялись на основе общепринятых баз термодинамических данных. Индекс насыщения минералов (SI), использовавшийся для исследования определялся по формуле:

$$SI = \log \frac{K_{iap}}{K_{sp}},$$

где K_{iap} – ионная активность продукта, K_{sp} – константа растворимости продукта.

В том случае, если SI равен или близок к нулю, раствор находится в равновесии с данным минералом. Если SI меньше нуля, то раствор недонасыщен к данному минералу, и происходит растворение минерала. Соответственно, при значении SI больше нуля, раствор находится в насыщенном состоянии по отношению к данному минералу.

Исходными данными для расчетов SI послужили результаты химических анализов поверхностных вод, выполненных в ходе реализации проекта «Мониторинг социально-экологических последствий ликвидации шахт разрезов Уральского региона».

Результаты исследований

В таблице 1 представлены усредненные значения индекса насыщения (SI) к различным минералам в зависимости от величины pH для поверхностных вод территории Кизеловского угольного бассейна.

Таблица 1
Расчетные индексы насыщения минералов (SI) для поверхностных вод
Кизеловского угольного бассейна (усредненные данные)

Характеристика водного раствора	pH 2,5-5,0 (ср. 3,4)	pH 5,1-6,5 (ср. 5,7)	pH 6,6-7,5 (ср. 7,3)	pH 7,6-9,0 (ср. 7,8)
<i>Кол-во анализов</i>	4	4	11	7
Минерал				
1. Карбонаты				
кальцит	-7,31	-3,90	-1,70	-1,12
арагонит	-7,47	-4,06	-1,86	-1,38
доломит	-14,95	-8,35	-3,98	-2,95
сидерит	-4,80	-3,59	-7,60	-7,62
2. Сульфаты				
гипс	-1,01	-1,95	-2,18	-2,09
ангидрит	-1,25	-2,21	-2,44	-2,35
мелантерит	-3,07	-6,20	-12,64	-13,10
язозит	-13,40	-1,37	0,27	-3,14
К-язозит	-15,42	-3,21	-1,20	-4,33
Na-язозит	-19,15	-6,37	-4,03	-7,50

Н-ярозит	-19,30	-8,50	-7,79	-11,58
джурбанит	-0,60	-0,04	-1,38	-1,83
алунит	-3,80	4,05	4,53	3,86
3. Окислы и гидроксиды				
гетит	-1,02	3,77	7,95	7,04
гематит	-0,11	13,47	17,83	16,02
Fe(OH) ₃ (a)	-1,42	0,44	2,63	1,72
Fe ₃ (OH) ₈	-19,52	-4,31	-3,36	-5,07
гиббсит	-3,73	1,60	3,28	3,26
4. Силикаты				
кварц	0,27	-0,08	-0,31	-0,27
халцедон	-0,20	-0,56	-0,79	-0,75
5. Алюмосиликаты				
каолинит	-6,16	3,80	6,70	6,75
иллит	-14,59	-2,16	2,49	2,88
мусковит	-11,90	4,44	10,27	10,61
Са-монтмориллонит	-10,99	0,77	4,31	4,51

В работе [8] отмечается зависимость степени насыщения подземных, кислых шахтных и загрязненных шахтными подземных вод по отношению к различным минералам от величины рН, представлены графики зависимости. Такая же тенденция наблюдается и для поверхностных вод, в частности, по отношению к алюмосиликатам, окислам, гидроокислам и карбонатам. Например, при значениях рН 2,5–5,0 близки к равновесию минералы гетит и гематит, а в интервале значений рН 5,1–6,5 начинают формироваться такие минералы как алунит, гиббсит, гетит, гематит, каолинит, мусковит и Са-монтмориллонит.

Результаты расчетов находятся в соответствии с фактическими данными, представленными в работе [4], где рассматривается вопрос природно-техногенного минералообразования. Рассматривая районы угледобычи на примере Кизеловского угольного бассейна, по результатам лабораторных анализов отмечается, что двухвалентное железо окисляется до трехвалентного и переходит в осадок в форме гидроксидов. При низких значениях рН (менее 4) могут частично растворяться алюмосиликаты (например, каолинит). Если богатые алюминием кислые шахтные воды попадают в условия поверхностных вод с повышенными значениями рН, то может образоваться осадок гиббсита – Al(OH)₃.

В зонах разлива шахтных вод с высокой минерализацией, содержащих в значительном количестве совместно сульфат-ионы и катионы железа, образуются новообразования сульфатов (ярозит) и гидроксидов железа. Под влиянием испарительного барьера образуются эпсомит и мелантерит [1].

В зонах влияния шахтных вод поверхностные воды недонасыщены к минералам всех групп, в меньшей степени, к окислам и гидроокислам железа и силикатам. Перенасыщение поверхностных вод двухвалентным железом, а низкие значения рН ведут к вторичному образованию гетита, гематита, гиббсита и Fe(OH)₃.

Среди большого разнообразия глинистых минералов для почв наибольшее значение имеют: каолинит, монтмориллонит, иллит и мусковит. Являясь частью почв, они определяют очень важные для развития растений почвенные свойства (поглощательная и обменная способность, кислотность, буферность, водоудерживающая способность и др.). В кислых водах отмечено недонасыщение алюмосиликатами, поэтому почвы, под влиянием загрязненных вод подвержены деградации.

Литература

1. Лямин И.А. Геохимические особенности поверхностных вод Кизеловского угольного бассейна // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. *В печати*.
2. Лямин И.А. Влияние шахтных вод на поверхностные воды Кизеловского угольного бассейна // Школа экологической геологии и рационального недропользования. СПб., 2015. С. 201.
3. Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географический вестник. 2006. № 2. С.128-134.
4. Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А. Природно-техногенные осадки. Перм. ун-т. Пермь, 2006. 208 с.
5. Печеркин И.А. Подземные и шахтные воды Кизеловского каменноугольного бассейна: дис... канд. геол.-минер. наук / Перм. ун-т. Пермь, 1955.
6. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Недра, 1998. 366 с.
7. Копылов И.С. Гидрогеология / Снитко Г.П., Харитонов Т.В., Копылов И.С. и др. Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200000 листов 0-40-X (Кизел) и 0-40-XVI (Лысьва), проведенному в 2006-2009 гг. ОАО «Геокарта-Пермь», Пермь, 2009.
8. Фетисов В.В., Фетисова Н.Ф. Физико-химическое моделирование взаимодействия подземных и шахтных вод Кизеловского угольного бассейна с минералами вмещающих пород. *В печати*.
9. Garrels R.M., Christ C.L. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968.
10. Parkhurst D.L., Appelo C.A.J. User's guide to PHREEQC (Version 2): A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. US Geological Survey. Denver, Colorado, 1999.

**ГЕОХИМИЯ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗЕРА БОЛЬШИЕ ТОРОКИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

А.Е. Мальцев, Г.А. Леонова, В.А. Бобров

*Институт геологии и минералогии имени В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия,
E-mail: maltsev@igm.nsc.ru*

Аннотация. Процессы раннего диагенеза приводят к метаморфизации поровых вод. При этом с глубиной увеличивается минерализация поровых вод и меняется соотношения между основными ионами. Катионный обмен приводит к вытеснению кальция из твердой фазы осадка и накопления его в поровой воде.

Abstract. The processes of Early diagenesis lead to the transformation of the type of pore waters. This increases with depth mineralization of pore waters, is changing the relationship between the primary ions. Cation exchange displaces of calcium from the sediment and accumulation in the pore water.

Данные по химическому составу и трансформации поровых вод обладают высокой информативностью, являясь индикатором различных процессов в донных отложениях. Проблемы геохимии диагенеза, аутигенного минералообразования, рудогенеза не могут быть решены без изучения жидкой фазы осадка [1, 5, 6]. Нами проведено изучение химического состава поровых вод сапропеля озера Большие Торки по глубине стратифицированной 1,8 метровой колонки. Бурение проводилось в центральной части озера с понтоной установки вибрационным методом поршневым пробоотборником Ливингстона. Отжим поровых вод осуществлялся из 10 см слоев керна по стандартной методике [5] в прессформе диаметром 6 см с помощью гидравлического пресса малого образца «КЗФ 4602». Основной ионный состав поверхностных и поровых вод определен методом капиллярного электрофореза, элементный состав проанализирован методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой ИСП-АЭС и атомно-абсорбционной спектроскопии ААС с пламенной и электротермической атомизацией.

Озеро Большие Тороки расположено в Восточно-Барабинской низменной равнине, в лесостепной ландшафтной зоне, в Каргатском районе Новосибирской области. Длина озера 4,2 км, ширина 2,9 км, глубина озера около 1 м, площадь водного зеркала — 9,57 км². Озеро бессточное, питание осуществляется за счет весенних паводков и атмосферных осадков [3]. Для озера характерен массивно-зарослевый тип зарастания, когда растительность занимает до 75% акватории. Озеро расположено на равнине в зоне болотно-солончаковых лугов. Почвенный покров представлен торфяно-болотными солончаковатыми почвами и луговыми солончаками с преобладанием алевритового материала, характеризующихся большим количеством натрия, наличием легкорастворимых солей и кальция. Для этого района характерно неглубокое залегание грунтовых вод, часто минерализованных [3].

Поверхностные воды оз. Большие Тороки по преобладающим ионам отнесены к гидрокарбонатным натриево-магниевым, воды повышенной минерализации (1 г/л), сильнощелочные pH = 9,5 (рис. 1,2). В момент отбора проб водоем обмелел. Источником высоких содержаний ионов Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} в поверхностной воде озера, являются, солончаковые почвы водосборного бассейна, а также испарительная концентрация — озерные воды, испаряясь, повышают минерализацию, и как следствие концентрация ионов в них растет. Активное разложение отмершей растительности по берегам водоема и дальнейшая ее минерализация поставляет в воду углекислый газ, который, растворяясь, дает избыток анионов HCO_3^- . Сильнощелочной pH связан с присутствием в воде большого количества NaHCO_3 и пониженной концентрацией водородных ионов. В сильнощелочной среде многие элементы, такие как кальций, марганец, стронций, барий и железо обладают низкой миграционной способностью, а в результате ионных реакций, из воды с повышенной концентрацией катионов, возможно осаждение их растворимых солей [4]. Нами установлено активное хемогенное осаждение Ca, Mg, Sr, обеспечивающее существенное обогащение (EF=50) осадка Mg-кальцитом с примесью стронция, а также образование сферолитов биогенного Sr-кальцита на клеточных стенках макрофита уруть [2] и хемогенного хлорида натрия в виде наплывов и корок на стенках рдестов. Высокие показатели pH, обширные открытые участки мелководья, поросшие большим количеством фотосинтезирующих макрофитов, и как следствие уменьшение парциального давления CO_2 , также благоприятствуют обильному осаждению карбонатов.

Изучение состава поровых вод невозможно без понимания литологических и стратиграфических особенностей осадка. Стратиграфия голоценового разреза сапропеля, возрастом 6000 лет, имеет разный вещественно-генетический состав (рис. 1). Верхний интервал керна представлен макрофитогенным сапропелем (источник ОВ — макрофиты) разной степени деструкции. Ниже по колонке залегает прослой торфа (источник ОВ — сфагнумы), который подстилается опесчаненными глинами. Стоит отметить, высокое содержание карбонатов в макрофитогенном сапропеле (27–48) и низкое в торфе (5–10 %), что вместе с вещественным составом осадка косвенно отражает два этапа развития водоема: заболоченная низина — озеро.

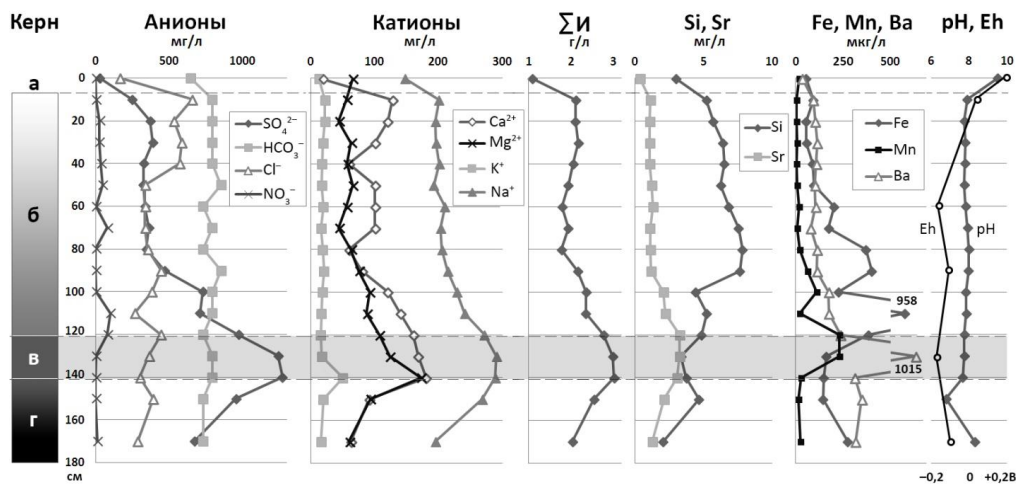


Рис. 1. Химический состав поровых вод донных отложений оз. Большие Тороки. а) Поверхностная вода; б) макрофитогенный сапропель (0–122 см), с интервала ~75 см сильно разложившийся, со следами гумификации и вкраплениями раковин Planorbidae и Ostracoda; в) – торф (122–142 см); г) торф, смешанный с глинистым материалом (142–160 см), переходящим в опесчаненные глины (160–180 см). ΣИ — сумма ионов

Процессы раннего диагенеза приводят к трансформации гидрокарбонатно-натриевых поверхностных вод в хлоридно-натриевые и сульфатно-кальциево-натриевые поровые воды (рис. 1,2). В процессе сульфатредукции и разрушении ОВ поровая вода обогащается ионами HCO_3^- , которые затем легко переходят в твердую фазу осадка при достижении предела растворимости карбонатов в виде переотложенного CaCO_3 в нижних интервалах керна (рис. 3б). Активная деструкция ОВ приводит к накоплению в поровой воде ионов CO_3^{2-} , что способствует ее подкислению и снижению значений рН с щелочных до нейтральных. Эти процессы отражают первый этап метаморфизации поровой воды.

Второй этап метаморфизации связан со сменой ионного состава и типа поровых вод по колонке разреза. При этом с глубиной увеличивается минерализация поровых вод (с 1081 до 3032 мг/л) и меняются соотношения между ионами. Самая высокая минерализация и глубокая метаморфизация поровых вод установлена в интервале торфа, что связано, по-видимому, с его вещественным составом, который, в отличие от сапропеля, имеет меньшую плотность и большую обводненность [2]. Повышение минерализации связано с суммарным увеличением концентраций ионов SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Na^+ , что в свою очередь можно связать с процессами катионного обмена и выщелачивания элементов из вещества сапропеля и дальнейшей их миграцией к горизонтам торфа. Повышенные концентрации в поровой воде хлор-иона в верхних 40 см сапропеля, возможно, связаны с растворением корок и наплывов NaCl на остатках макрофитов. Увеличение концентраций в поровой воде Ca^{2+} обусловлено выщелачиванием минеральной части сапропеля, богатой карбонатами, а наличие в сапропеле большого количества гуминовых веществ определяет высокую емкость катионного обмена (195 мг-экв/100 г). При выщелачивании в раствор поступают катионы кальция, магния, калия и натрия, однако за счет катионного обмена, Mg^{2+} , K^+ переходят в поглощающий комплекс осадка, вытесняя из него ионы Ca^{2+} , частично Na^+ [4]. Поэтому существенного увеличения ионов Mg^{2+} , K^+ в поровых водах осадка, в сравнении с поверхностными водами, не происходит. Однако в интервале торфа и для этих ионов установлено увеличение концентраций. Стоит отметить факт увеличения ионов NO_3^- в интервалах 70 и 120 см до 47 и 100 мг/л соответственно (рис. 1,2). В

целом, поровые воды обогащены ионами СГ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , в 4, 12 и 47 раз соответственно (коэффициенты обогащения поровых вод рассчитаны как отношение максимальной для ядра концентрации к таковой в поверхностной воде).

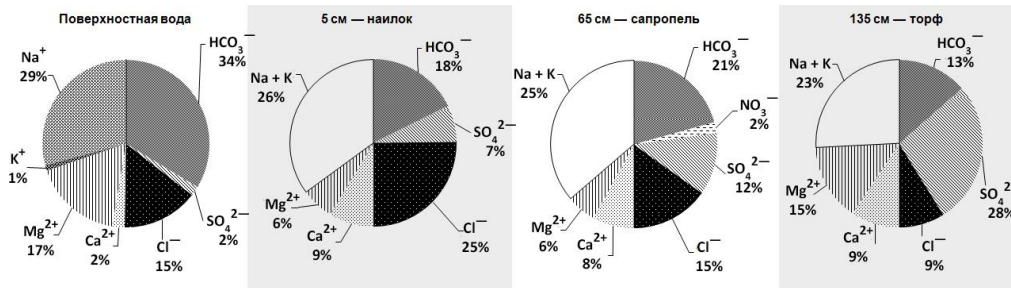


Рис. 2. Ионный состав поверхностных и поровых вод из разных горизонтов осадка оз. Большие Тороки (в % экв)

Установлена активная миграция отдельных ионов по разрезу донных отложений на основании расчетов коэффициентов водной миграции элементов (K_x), которая позволяет судить об интенсивности миграции и концентрации отдельных элементов. K_x равен отношению содержания элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в водовмещающих породах [4]. Коэффициент водной миграции Ca в сапропеле изменяется от 0,3 до 0,9, а в торфе составляет 3,1–5,9, что позволяет отнести данный элемент к сильным мигрантам (K_x 1–10 [4]) в системе «торф — поровая вода». Миграционная способность Mg (1,9–4,6) намного выше, чем у Ca, а в торфе наивысшая (4,2–4,6). Натрий является очень сильным мигрантом (K_x 10–100 [4]) по всему разрезу (7,4–12,2), а калий — сильным мигрантом в сапропеле (1,0–2,1), однако в торфе его миграционные способности падают (0,5).

С глубиной меняется соотношение между основными катионами поровой воды. Отношение Ca/Mg увеличивается в поверхностных водах с 0,2 до 1,0 в поровых водах сапропеля и до 2,3 в интервале торфа. Соотношение Ca/Na в поверхностных водах составляет 0,1, а в поровых водах сапропеля и торфа — 0,3 и 0,6. Такое изменение в отношениях основных катионов с глубиной обусловлено процессами выщелачивания и катионного обмена в системе поровая вода-осадок [5]. Повышение этих отношений в процессе диагенеза указывает на преобладание процессов растворения Ca над его переходом в осадок к нижним интервалам ядра (особенно в торфе).

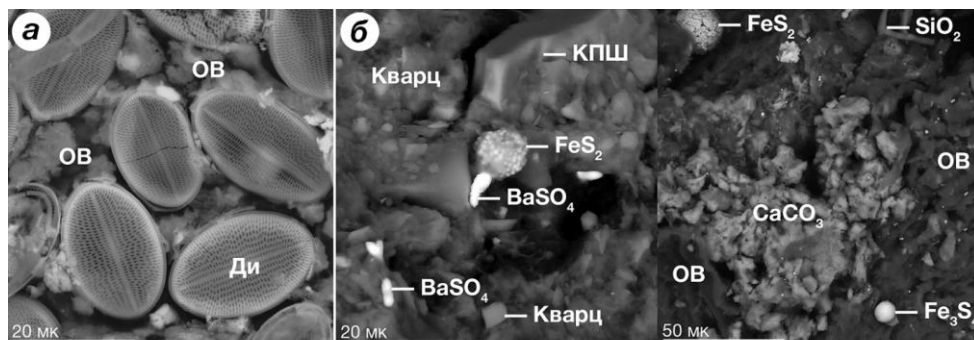


Рис. 3. Микрофотографии аутигенных минералов и основных компонентов сапропеля и торфа (электронный сканирующий микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU). а) Створки диатомей *Cocconeis placentula* (Ди) среди остатков органического вещества (ОВ), интервал 60 см. б) Франбуиды пирита (FeS_2), агрегаты диагенетического карбоната (CaCO_3), кристаллы барита (BaSO_4), грейгит (Fe_3S_4), кварц, КПШ и окремненные остатки макрофитов (SiO_2) среди органического вещества (ОВ), интервал 126 см

Увеличение концентраций кремния (в виде кремневой кислоты) в поровой воде сапропелевого горизонта (рис. 1) связано с растворением створок диатомовых водорослей, скопления которых были обнаружены в верхних горизонтах (рис. 3а). Уменьшение растворенного кремния к нижним горизонтам обусловлено выпадением Si в осадок из порового раствора, что косвенно отражает присутствие в нижних интервалах сапропеля и торфа окремневших остатков макрофитов (рис. 3б). Явление переотложения кремния по глубине осадков в процессе диагенеза достаточно хорошо описано в литературе [5,6]. Установлено обогащение поровых вод торфянистого горизонта Ba и Sr, которые могут выщелачиваться из вышележащего вещества сапропеля с высоким содержанием арагонита [2], а также присутствующего там же барита (рис. 3б). Наличие барита объясняет существование сульфатного геохимического барьера, на котором осаждается BaSO₄ в результате избытка в поровой воде ионов SO₄²⁻ и Ba²⁺. Деструкция ОВ, и как следствие увеличение парциального давления CO₂ в поровых водах, приводит к смене окислительных условий (Eh +0,198 В) восстановительными (Eh -0,169 В). В таких условиях происходит восстановление окисленных формы Fe (III) Mn (IV) до подвижных Fe (II) Mn (II) и их дальнейшая миграция в поровый раствор, что и наблюдается в нижних интервалах сапропеля и торфе. В анаэробных условиях при активном участии сульфатредуцирующих микроорганизмов [2] в поровых водах богатых сульфатами идет их восстановление до сероводорода и его производных (HS⁻, S²⁻), с последующим образованием фромбоидального пирита (рис. 3б).

Работа выполнена при финансовой поддержке Междисциплинарного Интеграционного проекта СО РАН № 125.

Литература

1. Гранина Л.З. Ранний диагенез донных осадков озера Байкал. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. 156 с.
2. Мальцев А. Е., Леонова Г. А., Бобров В. А, Меленевский В. Н., Лазарева Е. В., Кривоногов С. К.. Диагенетическое преобразование органо-минеральных сапропелей озера Большие Тороки (Западная Сибирь) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, № 3, 2014 с. 65–75
3. Органо-минеральное сырье сельскохозяйственного назначения Новосибирской области. Новосибирск, 1990. 169 с.
4. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. — 154 с.
5. Шишкина О. В. Геохимия морских и океанических иловых вод. М.: Наука, 1972. 227 с.
6. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза. — Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.

СОДЕРЖАНИЕ РАДОНА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ГОРНОГО АЛТАЯ

В.Ю. Молоков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: vik3011347@yandex.ru*

Аннотация. В статье приводится характеристика распределения радона в подземных водах на территории Горного Алтая, выявлены особенности распределения его по водоносным комплексам.

Abstract. The article presents the characteristics of the distribution of radon in groundwater in the territory of the Altai Mountains, the peculiarities of its distribution by water-bearing complexes.

Республика Алтай относится к территориям, характеризующимся повышенной радононосностью. Повышенная радиоактивность данной территории объясняется весьма сложным тектоническим строением, наличием на ее площади большого количества (около 50%) интрузивных и вулканогенных образований кислого состава с повышенным содержанием радиоактивных элементов [1]. Кроме вышесказанного на радоновую активность данного региона влияет активизация сейсмических процессов Алтае-Саянского горного региона.

Территория Республики Алтай представляет собой горную страну, характеризующуюся весьма сложным геологическим строением. Значительная расчлененность рельефа и высота гор, возрастающие в меридиональном направлении на сравнительно небольшом расстоянии (около 400 км) с севера на юг, формирует резко континентальный климат, особенно в средне-высокогорной местности. Около одной трети территории республики находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород (южная часть). Согласно гидрогеологическому районированию, Республика Алтай находится в пределах Алтае-Саянского сложного бассейна корово-блоковых безнапорных и напорных подземных вод. В пределах бассейна на территории республики выделяются две структуры – Алтае Саянская гидрогеологическая складчатая область (структура первого порядка) и межгорные артезианские бассейны (структуры второго порядка). Подземные воды республики приурочены к водоносным зонам и комплексам с трещинными, трещинно-жильными, трещинно-карстовыми скоплениями вод в терригенных, карбонатных, осадочно-вулканогенных, метаморфических и интрузивных породах разнообразного состава и широкого возрастного диапазона – от мезозойского до протерозойского возраста. В межгорных артезианских бассейнах (Чуйский, Уймонский и др.) подземные воды локализуются в четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложениях. Значительное количество подземных вод извлекается в населенных пунктах республики из водоносных комплексов четвертичных отложений разного генезиса [2].

В рамках санитарно-гигиенического мониторинга в подземных водах Республики Алтай ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по РА» и территориальным центром «Алтайгеомониторинг» в период с 2003 по 2013 г.г. проанализировано около 2400 проб по 190 населенным пунктам Республики Алтай, включая водозаборные скважины, колодцы, частные колонки (трубчатый колодец) и родники. Определение объемной активности радона в воде выполнены в радиологической лаборатории ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по РА», руководитель лаборатории Обухов И.П. Измерения объемной активности радона в воде выполнялись прибором гамма - 01 С№55, погрешность 25%.

Анализ фактического материала показал, что по Республике Алтай, объемная активность радона в подземных водах составляет 17,5 Бк/л. В родниках наблюдается меньшая концентрация, чем в водозаборных скважинах 20,1 Бк/л и 14,9 Бк/л соответственно, данный факт объясняется тем, что радон успевает распасться в течение существования воды в поверхностных условиях или уйти в атмосферу за счет аэрации. В целом содержание радона в подземных водах Республики Алтай соответствует (НРБ-99/2009).

Таблица 1

Объемная активность радона в подземных водах Республики Алтай (Бк/л)

Район	скважины				родники			
	количество проб	минимум	максимум	среднее	количество проб	минимум	максимум	среднее
Кош-Агачский	95	1,5	73,4	11,8	15	3,3	43,2	14,61
Усть-Коксинский	188	0,8	55	11,9	2	4,8	4,8	4,80
Улаганский	44	2,3	80,2	15,5	1	2	2	2
Чойский	97	3,7	63,2	16,19	4	5	20,8	10,78
Шебалинский	146	0,4	66,6	17,67	68	3,7	40,6	18,62
Усть-Канский	54	5	545	21,14	1	8,3	8,3	8,3
Онгудайский	220	2,1	104,6	21,41	6	10,3	30,6	14,25
Майминский	929	0,2	373,8	21,81	117	1,8	50	12,58
Чемальский	293	1,4	161	22,34	30	2,3	47,8	17,4
В целом по Республике Алтай	2161	0,2	545	20,1	224	1,8	50	14,9

Объемная активность радона на водозаборах г. Горно-Алтайска выше, чем в целом по республике. Территория г. Горно-Алтайска расположена в зоне глубинных герцинских разломов с амплитудой перемещений до 500 м. Практически по центру города проходит шовная зона крупного сквозного надвига субмеридионального направления. Практически все водозаборы в городе эксплуатируют водоносную зону карбонатно-терригенных пород венд-кембрийского возраста.

Судя по таблице 1, аномальные значения радона проявляются в древних девонских венднижекембрийских, ордовикских и кембрийских водоносных горизонтах, в редких случаях в четвертичных горизонтах. Водоносные горизонты четвертичных отложений обогащаются за счет притока вод с более глубоких д водоносных горизонтов.

Литература

1. Шитов, А.В. Эколого-геодинамическая оценка Чуйского землетрясения / А.В. Шитов, В.Е. Кац, М.А. Харькина // Вестник Моск. ун-та. Серия Геология. – 2008. – № 3. – С. 41–47.
2. Кац, В.Е. О механизмах изменения химического состава и температуры подземных вод в районе Горно-Алтайска / В.Е. Кац, А.В. Шитов, С.С. Драчев // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – 2010. – №3. – С. 207-212.

**СТРУКТУРА ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ПОЛЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
СЕВЕРНОГО СВОДА**

Т.В. Орлова

*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимука, Новосибирск, Россия,
E-mail: OrlovaTV@ipgg.sbras.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований по геотермии нефтегазоносных отложений Северного свода (север Западной Сибири, Надым-Тазовское междуречье). Установлены фоновые (3,0-3,2 °С/100 м) и повышенные значения (3,4-3,7 °С/100 м) геотермического градиента. Детальный анализ распределения пластовых температур в пределах основных гидрогеологических комплексов выявил максимальные их значения в пределах Маретаяхтинской мезовпадины, Южно-Ягенеттинского наклонного мезопргиба, Среднепурского наклонного мегапргиба и Восточно-Пурпейского прогиба, а минимальные в пределах локальных поднятий осложняющих центральную часть Северного свода. Выявлена вертикальная геотермическая зональность нефтегазоносных отложений.

Abstract. The study results on geothermics of the Northern arch are presented (northern West Siberia and Nadym-Taz interfluve). Background (3.0-3.2 °C/100 m) and, in some areas, increased values of geothermal gradient (3.4-3.7 °C/100 m) have been determined. A detailed analysis of the distribution of formation temperatures in the range of basic hydrogeological complexes reveals their maximum values within Maretayachtinskaya mesodepression, South-Yagenettinsky inclined mesotrough, Middle-Pur inclined megatrough, and East-Purpei trough, and minimum within the local uplifts complicating the central part of the Northern vault. Normal vertical geothermal zoning has been revealed.

Температура один из главных факторов, влияющих на процессы преобразования органического вещества и его сохранения в земной коре. Геотермические условия недр являются одним из главных параметров, влияющих на процессы формирования и сохранения нефтегазовых залежей, а также контролирующих фазовые переходы в углеводородных системах [6].

Изучение геотермического поля Западно-Сибирского артезианского бассейна (ЗСАБ) идет уже более 50 лет. В разное время исследованием занимались такие ученые как А.Э. Конторович, Н.М. Кругликов, А.Р. Курчиков, Б.Ф. Маврицкий, Г.А. Толстикова, Б.П. Ставицкий и многие др. В их исследованиях установлена связь мощности теплового потока с литологическим составом пород, временем консолидации фундамента и процессами формирования углеводородных залежей [1, 3, 4, 7]. Первые геотермические карты ЗСАБ были составлены в конце 60-х годов прошлого века, и в последующие годы лишь детализировались по мере появления нового фактического материала [1, 2, 4].

Фактический материал представлен результатами испытания и гидрогеохимического опробования 63 скважин Верхнепурпейской, Губкинской, Западно-Пурпейской, Комсомольской, Северо-Губкинской, Северо-Комсомольской и Южно-Пурпейской площадей, сведенных в единую базу данных (геотермические, гидродинамические и гидрогеохимические параметры). По общепринятой методике, включающей в себя анализ качества вскрытия и испытания объекта, была проведена разбраковка материала. Был проанализирован геотермический материал по 196 водонасыщенным и нефтегазонасыщенным объектам. Установлено, что тренд изменения пластовой температуры с глубиной изменяется по формуле $T_{пл} = (H+54,6)/(-31)$ (рис. 1). Большого разброса пластовых температур в пределах одних стратиграфических уровнях не обнаружено – вариация значений не превышает

10 °С. В программе GridMaster с использованием структурной карты по кровле баженовской свиты (ИНГГ СОРАН) с учетом полученной зависимости $T_{пл}$ с глубиной, была построена карта распределения пластовых температур в кровле верхнеюрского комплекса и проведена ее корректировка с учетом геотермического материала, полученного в результате бурения и испытания скважин.

Структура геотермического поля в исследуемом регионе сложная и характеризуется изменением $T_{пл}$ в кровле баженовской свиты в интервале от 86 до 132 °С (рис. 2). Фоновые температуры в кровле верхнеюрских отложений составляют 90-100 °С. Установлены положительные и отрицательные температурные аномалии, природа которых определяется множеством факторов начиная от геолого-структурных особенностей заканчивая влиянием межпластовых перетоков подземных вод из более глубоких горизонтов в пределах зон деструкции и тектонических нарушений.

Максимальные значения пластовых температур выявлены на северо-западе исследуемой территории в районе Маретаяхтинской мезовпадины Надымской гемисинеклизы и составляют от 112 до 130 °С и более. Также рост значений пластовых температур прослеживается от Северного свода: в северном направлении – в сторону Южно-Ягнеттинского наклонного мезопрогиба (от 104 до 114 °С и выше); к северо-востоку – в направлении Среднеямбьяхинского наклонного прогиба (от 100 до 110 °С) и Среднепурскому наклонному мегапрогибу (от 108 до 116 °С и выше); к востоку – в направлении Восточно-Пурпейского прогиба (от 100 до 106 °С).

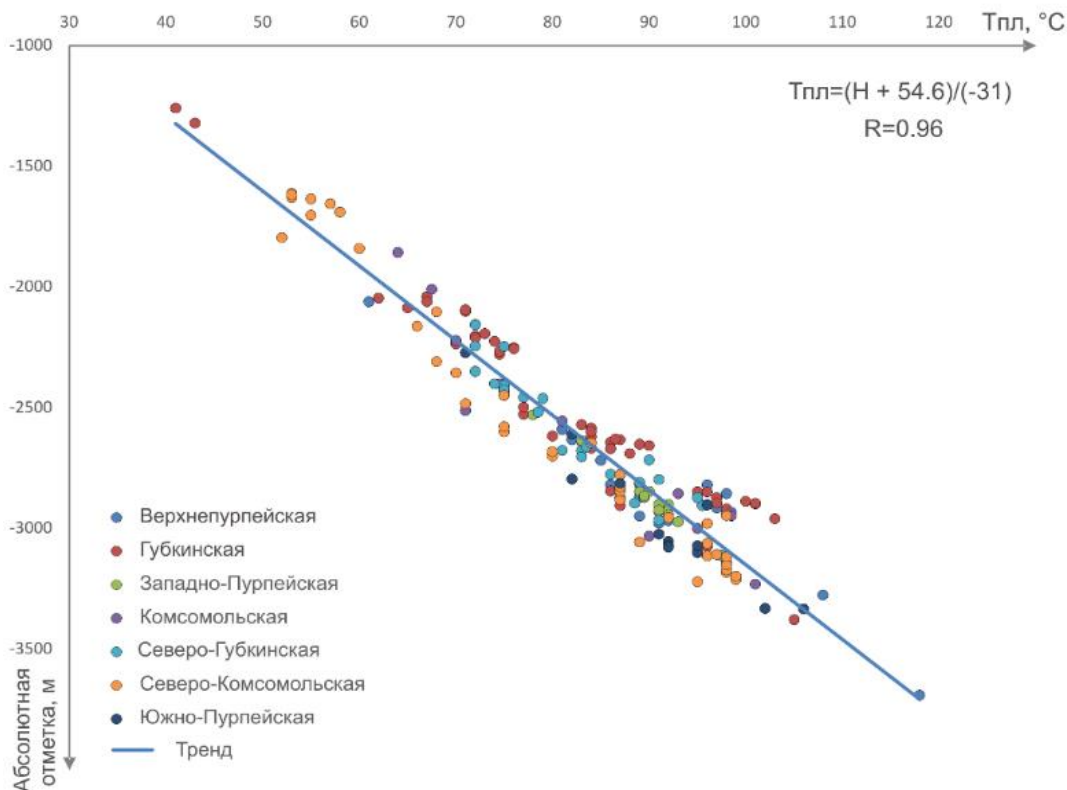


Рис. 1. Изменение пластовой температуры с глубиной

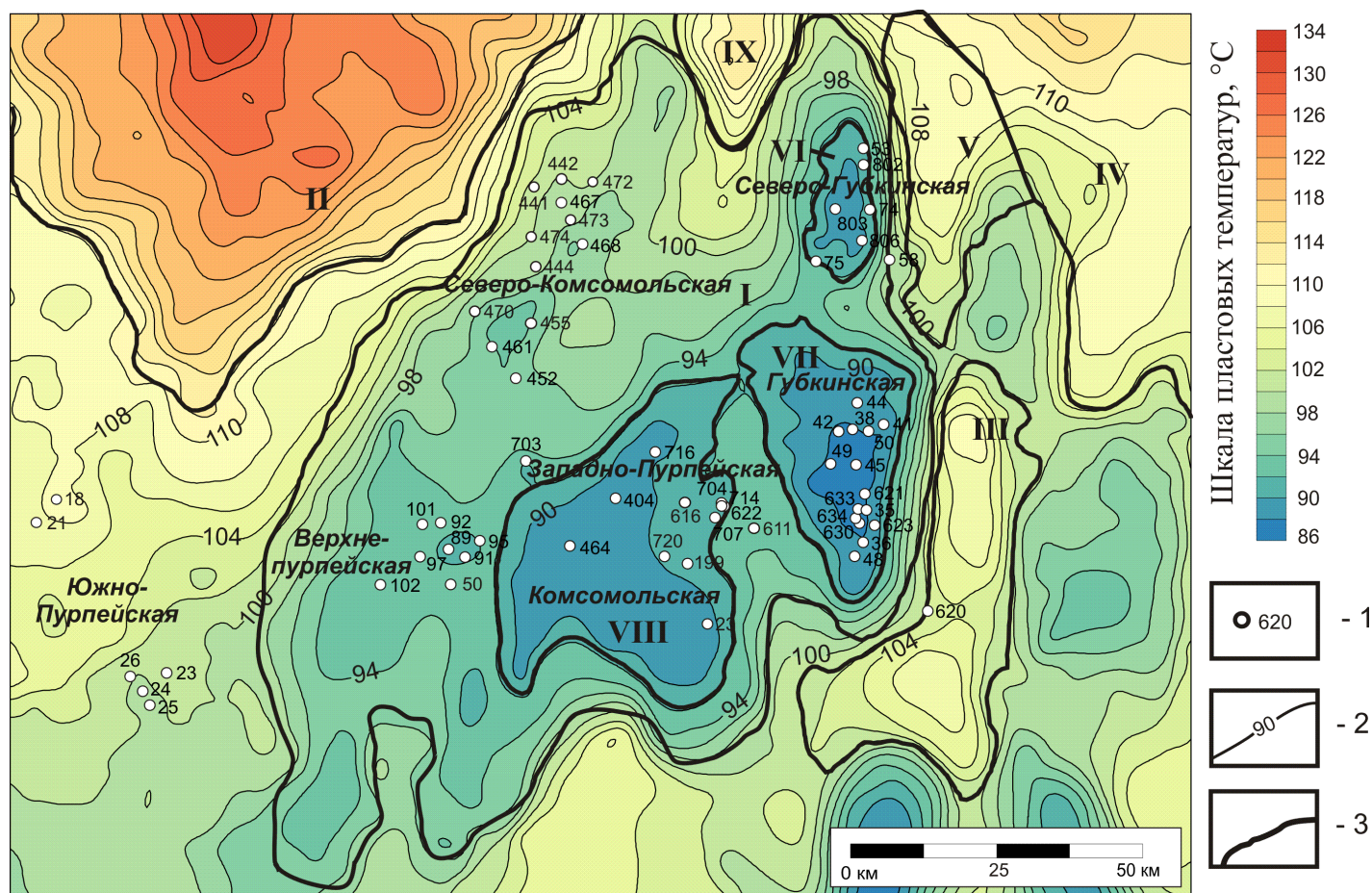


Рис. 2. Карта пластовых температур в кровле верхнеюрского гидрогеологического комплекса в районе Северного свода. Условные обозначения: 1 – скважины, 2 – изотермы, T , °C, 3 – границы тектонических элементов: I – Северный свод, II – Маретаяхтинская мезовпадина, III – Восточно-Пурпейский прогиб, IV – Пякупурско-Ампутинский наклонный мегапрогиб, V – Средне-Ямбьяхинский наклонный прогиб, VI – Северо-Губкинский вал, VII – Пурпейское куполовидное поднятие, VIII – Пякупурское куполовидное поднятие, IX – Южно-Ягенеттинский наклонный мегапрогиб

Снижение фона пластовых температур характерно для основных антиклинальных структур, осложняющих центральную часть Северного свода. В пределах Северо-Губкинского вала значения варьируются от 88 до 92 °С. Так, например, в скв. № 53 Северо-Губкинской установлены Тпл от 88,5 до 91 °С на глубинах 2946-3024 м. В пределах Пякупурского куполовидного поднятия значения Тпл изменяются от 89 до 92 °С. Уровень Тпл в скв. № 704 Западно-Пурпейской площади составляет 89-91 °С в интервале глубин 2907-2992 м. Наименьшие значения пластовых температур 86-92 °С приурочены к Пурпейскому куполовидному поднятию. Минимум Тпл определен в скв. № 42 Губкинской площади на глубине 2900 м и составляет 86 °С.

Среднее значение геотермического градиента составляет 3,2 °С/100м (табл.1), что подтверждается многочисленными исследованиями для данного региона – 3,0-3,1°С/100 м [1, 7]. Максимальные значения геотермического градиента 4,6-5,1 °С/100 м выявлены на территории Красноленинского и Шаимского НГР расположенных юго-западнее от изучаемого района. Максимальное значение градиента установлено в геологическом разрезе Губкинской площади и составляет 3,7 °С/100 м, минимальное – в разрезе Северо-Комсомольской – 3,0 °С/100 м. Исходя из этого можно сделать вывод, что на территории Северного свода характеризуется фоновыми и местами повышенными геотермическими градиентами [5].

Таблица 1

Геотермические параметры нефтегазоносных отложений структур Северного свода

Площадь	Т пластовая, С°			Геотермический градиент, °С/100м	Геотермическая ступень, м/°С
	min	max	средняя		
Верхнепурпейская	61	118	90,4	3,4	25,8
Губкинская	41	105	82,6	3,7	28,7
Западно-Пурпейская	78	93	89	3,3	30
Комсомольская	64	101	85,1	3,3	31,1
Северо-Губкинская	72	97,5	82,5	3,2	31,4
Северо-Комсомольская	52	99	79,7	3	33,4
Южно-Пурпейская	71	106	91,8	3,3	30,6
Среднее значение				3,2	30,9

Геотермическая ступень в среднем составляет 30,9 м/°С. Максимальное значение 33,4 м/°С выявлено на Северо-Комсомольской площади, минимальное – на Верхнепурпейской – 25,8 м/°С

Проведенный анализ распределения температур и геотермических градиентов по геологическому разрезу Северного свода выявил вертикальную геотермическую зональность. Установлено четыре геотермические зоны с температурой: 1) от 40 до 50 °С – слабогорячие воды, залегающие на глубинах 1200-1600 м, 2) от 50 до 75 °С – термальные воды на глубинах 1600-2400 м, 3) от 75 до 100 °С – высокотермальные воды на глубинах 2400-3100 м и 4) свыше 100 °С – перегретые воды, залегающие на глубине более 3100 м.

Таким образом, особенности геотермического поля и вариация геотермических параметров в пределах структур Северного свода определяется рядом факторов: 1) структурным планом, 2) характером дизъюнктивной тектоники, 3) конвективным

тепломассопереносом за счет отепляющего перетока пластовых вод из более глубоких горизонтов.

Литература

1. Зимин Ю.Г., Конторович А.Э., Швыдкова Л.И. Геотермическая характеристика мезозойских отложений Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна // Геология и геофизика, 1967. № 5. С. 3-13
2. Курчиков А.Р. Геотермические и гидрогеологические показатели нефтегазоносности Западно-Сибирского бассейна // Мат. Междун. научн. конф. к 100-летию со дня рожд. академика Г.В.Богомолова «Проблемы водных ресурсов, геотермии и геоэкологии». т.1, Минск: 2005. С.262-264.
3. Курчиков А.Р. Гидрогеологические критерии нефтегазоносности // М.: изд-во «Недра», 1992. 229 с.
4. Маврицкий Б.Ф. Западно-Сибирский артезианский бассейн // Гидрогеология, геотермия, палеогидрогеология: Тр. лаб. гидрогеол. Проблем им. Ф.П. Саваренского // М., 1962. Т. 39. 176 с.
5. Новиков Д.А., Лепокуров А.В. Гидрогеологические условия нефтегазоносных отложений на структурах южной части Ямало-Карской депрессии // Геология нефти и газа, 2005. № 5. С. 24-32.
6. Садыкова Я.В. Палеогидрогеологические предпосылки нефтегазоносности верхнеюрских отложений южных районов Обь-иртышского междуречья: диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук // Новосибирск: изд-во «ИНГГ СО РАН», 2012. – 226 с.
7. Ставицкий Б.П., Сергиенко С.И., Гинсбург Г.Д. Интерпретация результатов исследования геотемпературного поля в осадочном чехле Западно-Сибирской плиты // Нефть и газ Тюмени. Вып. 8 // Тюмень, 1970 г. С. 16-19.

ОЦЕНКА БАРРАЖНОГО ЭФФЕКТА СВАЙНЫХ ОСНОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ТОМСКА

В.Д. Покровский

Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: vdr@tpu.ru*

Аннотация. В представленной работе показаны результаты численного моделирования барражного эффекта для урбанизированных территорий с использованием программного комплекса PMWIN. Были определены типовые схемы фильтрационного разреза, систематизированы формы свайных оснований и определены изменения уровней грунтовых вод в зависимости от ориентировки контура фундамента по отношению к фильтрационному потоку.

Abstract. In the presented work results of urbanized areas barrage effect modeling with using PMWIN software are shown. Typical scheme filtration sections were identified. Piles substructure and changes in groundwater levels, depending on the orientation of the foundation contour of the filtration flow were determined.

В пределах городской территории к наиболее трудно прогнозируемым относятся задачи развития подтопления за счёт проявления барражного эффекта свайных оснований. Описание простейших расчётных схем для аналитических решений известно по работам А.Ж. Муфтахова, которые нашли своё обобщение в пособии к СНиП по подтоплению [2, 3, 4]. Обзор освоенных участков городской территории в кварталах высокоэтажной современной застройки позволяет систематизировать форму свайных оснований (рис. 1).

В качестве инструментального средства моделирования нами использованы возможности программного комплекса PMWIN.

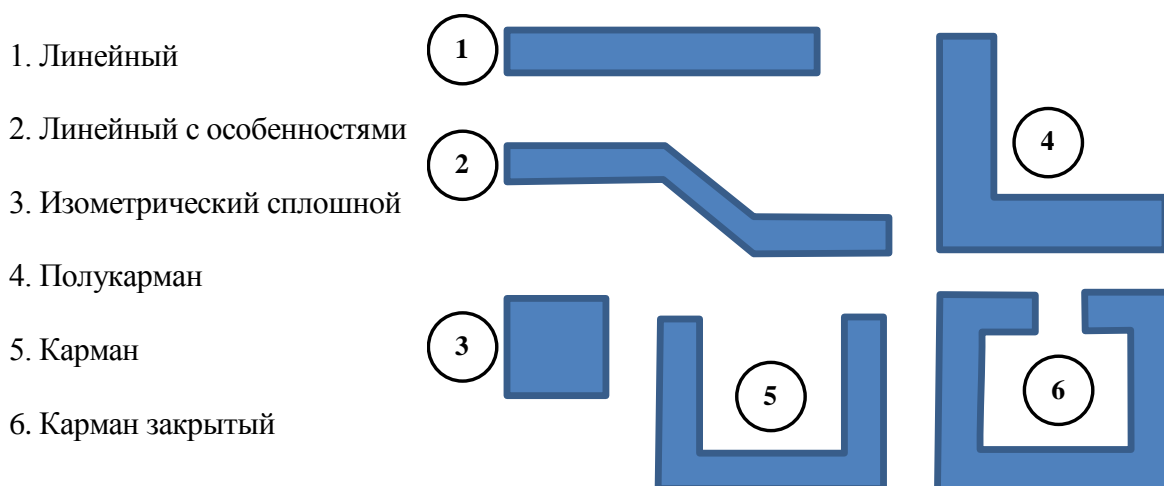


Рис. 1. Типы свайных оснований

При ограниченном наборе типовых форм свайных оснований возникает целое семейство расчётных схем в случае различных ориентировок контура фундамента по отношению к направлению фильтрационного потока. Их многообразие возрастает при совместной внутриквартальной компоновке однотипных или разнотипных фундаментов.

Нами проведена количественная оценка возможного роста уровней подземных вод за счёт проявления барражного эффекта свайных оснований. Поскольку подобное взаимодействие подземных вод с искусственной преградой предполагает искажение линий тока и формирование сложной формы фильтрационного потока, то для оценки изменения уровней целесообразно применять методы численного моделирования гидрогеологических условий.

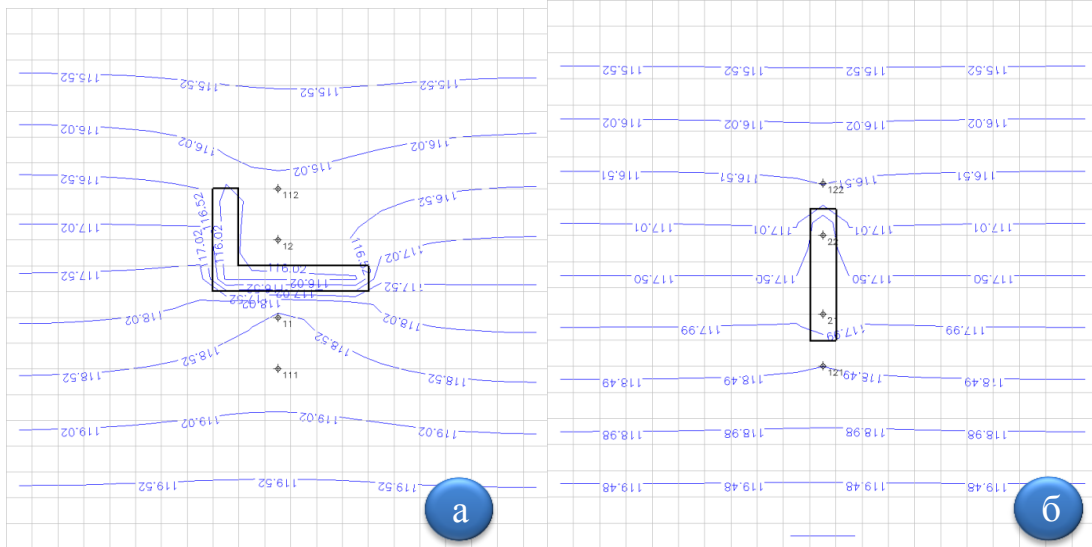
Все локальные модели имеют трёхслойное строение до глубины 21 м по аналогии со строением типовых фильтрационных разрезов. Однако, в составе модели предусмотрено более дробное (пятислойное) деление верхнего водонасыщенного и полупроницаемого слоёв для возможности задания водонесущих коммуникаций на глубине 3 м и свай длиной 9 м. Результаты численного моделирования влияния различных по форме в плане типов свайных оснований отражены графически (некоторые результаты в качестве примеров показаны на рисунке 2 и в таблицах 1 - 2).

Для определённости модельное распределение гидроизогипс показано для второго слоя модели, который занимает положение над поверхностью раздельного полупроницаемого горизонта.

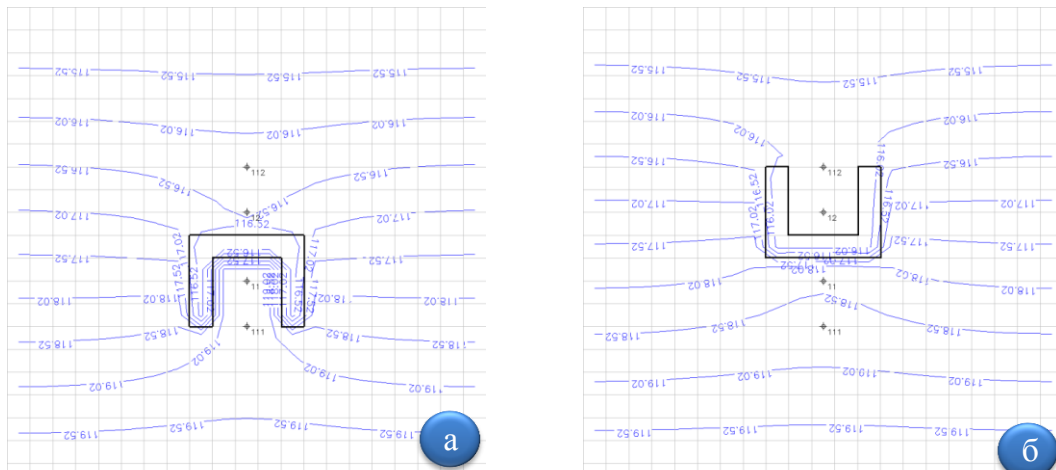
Полученные результаты моделирования позволяют обоснованно судить о тех особенностях и различиях изменения гидрогеологических условий, которые сопровождают строительство зданий на разных типах свайных оснований.

В условиях трёхслойного фильтрационного гидрогеологического разреза, когда свайное поле по глубине не выходит за пределы полупроницаемого раздельного слоя, в нижнем водоносном горизонте изменений уровней подземных вод не происходит [5]. Об этом свидетельствует отсутствие разницы напоров в условиях естественного и искусственных потоков по всем типам свайных фундаментов (скв. №№ 51, 52, 151, 152, табл. 1).

I



II



III

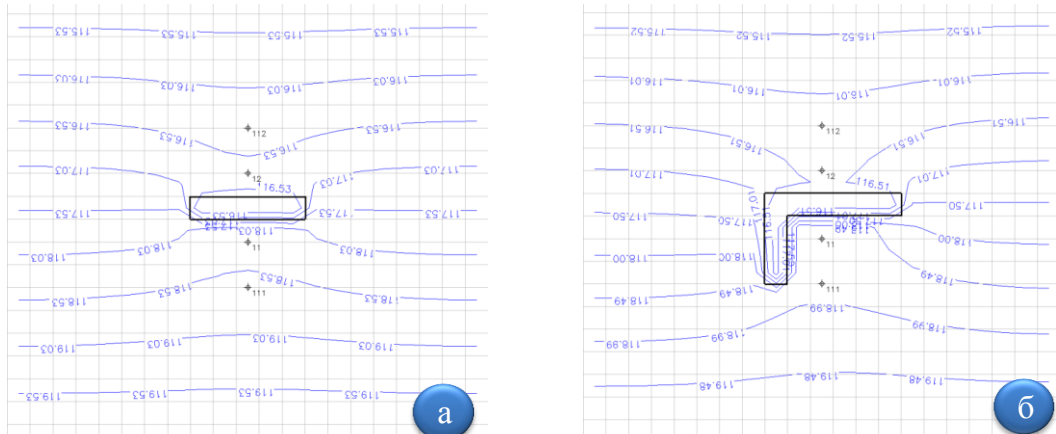


Рис. 2. Результаты моделирования воздействия свайных фундаментов на структуру фильтрационного потока:

I - линейный тип свайного фундамент (а – длинная сторона навстречу потоку; б – короткая сторона навстречу потоку); II - фундамент типа «карман» (а – выступы навстречу потоку; б – выступы по потоку); III - фундамент типа «полукарман» (а – выступ по потоку; б - выступ навстречу потоку)

Таблица 1

Разница модельных напоров по наблюдательным скважинам в естественных и нарушенных условиях, м

Слой	№ скв	Типы свайных фундаментов по форме в плане							
		«линейный»		«карман»		«полукарман»			
		Ширина по потоку	Длина по потоку	Выступы навстречу потоку	Выступы по потоку	Выступ по потоку	Выступ навстречу потоку	Вершина навстречу потоку	Вершина по потоку
1	11	0,53	-0,91	1,21	0,62	0,67	0,89	-0,07	1,33
	12	-0,53	-0,17	-0,62	-1,21	-0,89	-0,67	-1,13	-0,67
	111	0,28	0,13	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,85
	112	-0,28	-0,13	-0,36	-0,72	-0,54	-0,39	-0,69	-0,41
2	21	0,53	-1,75	1,20	0,62	0,67	0,89	-0,50	1,33
	22	-0,53	-1,18	-0,62	-1,20	-0,89	-0,67	-1,13	-0,73
	121	0,28	0,33	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,86
	122	-0,28	-0,33	-0,36	-0,72	-0,53	-0,39	-0,69	-0,45
3	31	0,23	0,33	0,50	0,28	0,30	0,39	0,29	0,44
	32	-0,32	0,70	-0,37	-0,76	-0,55	-0,40	-0,71	-0,39
	131	0,13	0,02	0,27	0,16	0,18	0,22	0,19	0,25
	132	-0,17	-0,15	-0,22	-0,48	-0,34	-0,24	-0,45	-0,24
4	41	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	42	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,01	-0,01
	141	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	142	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01

Примечание: первая цифра в двухзначном и вторая цифра в трёхзначном номере скважины соответствует номеру модельного слоя; в пятом модельном слое изменения отсутствуют

Особенностью проявления барражного эффекта является не только повышение изменение уровней подземных вод со стороны набегающего фильтрационного потока, но и одновременное падение уровней за непроницаемой преградой по сравнению с естественными условиями (табл. 2). Почти во всех рассмотренных случаях амплитуда таких изменений превышает величину одного метра, достигая максимума более двух метров.

Таблица 2

Амплитуда разрыва уровней подземных вод по разные стороны фильтрационной преграды

Слой	№ скв	Типы свайных фундаментов по форме в плане							
		«линейный»		«карман»		«полукарман»			
		Ширина по потоку	Длина по потоку	Выступы навстречу потоку	Выступы по потоку	Выступ по потоку	Выступ навстречу потоку	Вершина навстречу потоку	Вершина по потоку
2	21	0,53	-1,75	1,20	0,62	0,67	0,89	-0,50	1,33
	22	-0,53	-1,18	-0,62	-1,20	-0,89	-0,67	-1,13	-0,73
	121	0,28	0,33	0,72	0,36	0,39	0,54	0,48	0,86
	122	-0,28	-0,33	-0,36	-0,72	-0,53	-0,39	-0,69	-0,45
Амплитуда		1,06	0,66	1,82	1,82	1,56	1,56	1,61	2,06

Примечание: выделены ячейки, принятые в расчёт амплитуды с учётом особенностей формы свайного основания.

Среди рассмотренных форм свайных фундаментов наиболее сильным воздействием на фильтрационный поток обладают типы «карман» и «полукарман», которые способны вызвать даже в проницаемых породах с коэффициентом фильтрации 3 м/сут рост уровня на 1,2 м и 1,3 м соответственно. Моделирование показывает, что только за счёт выбора оптимальной ориентировки свайного поля по отношению к направлению фильтрационного потока прогнозируемое повышение уровня можно снизить почти в два раза до 0,62 м и 0,67 м соответственно (табл. 2).

Опираясь на материалы моделирования, можно утверждать, что минимальным уровнем воздействия на структуру фильтрационного потока обладают такие фильтрационные преграды, ось которых в плане прямолинейна [1]. Максимальный рост уровней подземных вод способны вызвать фильтрационные преграды с одним и двумя изменениями направления их продольной оси под углом в 90 градусов, образующими полузакрытую форму.

Полученные результаты дают только общее представление о возможностях прогноза изменения уровней подземных вод. Отметим, что учёт дополнительного питания может существенно изменить полученные оценки роста уровней подземных вод [6]. Однако, приведённых примеров вполне достаточно для обоснования необходимости учета регионального направления фильтрационных потоков на всех этапах разработки проектов районной планировки городских кварталов.

Литература

1. Кузеванов К.И., Савичев О.Г., Решетько М.В. Математическое моделирование процессов в компонентах природы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 144 с.
2. Муфтахов А.Ж. Гидродинамические основы прогноза подтопления промплощадок и фильтрационные расчеты защитного дренажа в сложных гидрогеологических условиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1975. – 44 с.
3. Пособие к СНиП 2.06.15–85 Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. [Электронный ресурс]. URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/2/2697/, свободный
4. СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 20 с.
5. Pokrovsky V D, Dutova E M, Kuzevanov K I, Pokrovsky D S and Nalivaiko N G. Hydrogeological Conditions Changes of Tomsk, Russia. –IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 27 012031, 2015
6. Pokrovsky V., Pokrovsky D., Dutova E., Nikitenkov A., Nazarov A. Degree of areal drainage assessment using digital elevation models. Institute of Physics Publishing. – Scopus: 2 – s2.0 – 84906952928. ISSN/ISBN: 17551307

ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ВОДНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ ИМУЩЕСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ТОМИ

В.К. Попов, М.В. Козина, Ю.Ю. Левак

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: marijamkozina@gmail.com*

Аннотация. В статье приводится анализ ситуации, связанной с организацией использования земельно-имущественного комплекса территории нижнего течения реки Томи, обозначены общие проблемы и тенденции развития. В работе рассмотрены проблемы защиты интересов водопользователей путем создания ассоциации водопользователей.

Abstract. The article provides an analysis of the situation connected with the organization of the use of land and property complex of the territory of the lower course of the river Tom, designated common problems and trends. The paper discusses the problem of protecting the interests of water users through the creation of water user associations.

В середине текущего десятилетия в России в основном завершен переход к рыночной экономической системе. Переход российской экономики от экспортно-сырьевого к инновационному социально-ориентированному типу развития (в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года) связан и с формированием нового механизма социального развития, основанного на сбалансированности социальной справедливости и национальной конкурентоспособности. Такой подход требует реализации комплекса взаимоувязанных преобразований [3].

К таким преобразованиям следует отнести и изменение подходов к планированию развития территорий (формирование интегрированной системы стратегического и оперативного планирования на всех уровнях управления).

Приоритетными направлениями стратегической политики являются: развитие жизнеобеспечивающих отраслей городского хозяйства и социальной сферы; развитие рынков земли и недвижимости, предполагающее под собой упрощение процедур вовлечения земель в хозяйственный оборот; формирование института массовой оценки недвижимости и ведение на этой основе полноценного налогообложения недвижимости.

На реализацию приоритетных направлений в муниципальных образованиях оказывают влияние не только наличие сырьевых и финансовых ресурсов, но и степень вовлечения в оборот земельных ресурсов и их обеспеченность инфраструктурой. С этой точки зрения земельно-имущественный комплекс выступает в качестве стратегического ресурса развития города. Таким образом, одну из основных целей земельной политики в городе можно сформулировать как эффективное использование земли и иной недвижимости, способное обеспечить прорыв в решении социально-экономических задач города [1].

Поставленный вопрос можно рассмотреть на примере урбанизированной водосборной территории нижнего течения р. Томи, в состав которой входят земли г. Томска, г. Северска, Томского и Шегарского районов.

Развитие рассматриваемой урбанизированной территории в первую очередь зависит от качества земельных ресурсов и хозяйственной деятельности производимой на ней.

К отличительной черте рассматриваемой урбанизированной территории необходимо отнести то, что территория находится в юго-восточной части Западно-

Сибирского артезианского бассейна, где все водоносные комплексы находятся в состоянии оживленного водообмена и содержат инфильтрационные воды, имеющие сходный гидрогеохимический облик. Только в северной части междуречья воды меловых и палеозойских образований расположены в зоне замедленного водообмена. На территории Обь-Томского междуречья (ОТМ) расположены 45 населенных пунктов: 38 населенных пунктов относятся к шести административным сельским округам Томского района, пять из них входят в состав Шегарского района и один - Кожевниковского района. Кроме этого, п. Нижний Склад административно входит в городскую черту Томска. Рассматриваемая территория является интенсивно развивающейся, на ней сосредоточены основные процессы жизнедеятельности человека, объекты земельно-имущественного комплекса различного функционального назначения, которым необходимо находиться в экологическом равновесии с природой для повышения качества жизни населения.

На этой территории совместно эксплуатируется инженерные системы водохозяйственного и военно-промышленного комплекса. Комплекс сооружений подземного водозабора занимает территорию равную пяти гектарам (рис.1). В эксплуатации находятся 198 скважин, в постоянной работе задействованы 93, остальные — резервные. Глубина залегания скважин составляет от 80 до 198 метров, среднесуточная подача воды в город — 136 тысяч кубических метров. В город вода транспортируется по двум водоводам. Томский водозабор подземных вод, состоит из 2 линейных рядов водозаборных скважин. Участки недр расположены на территории Томского района и г. Томска.

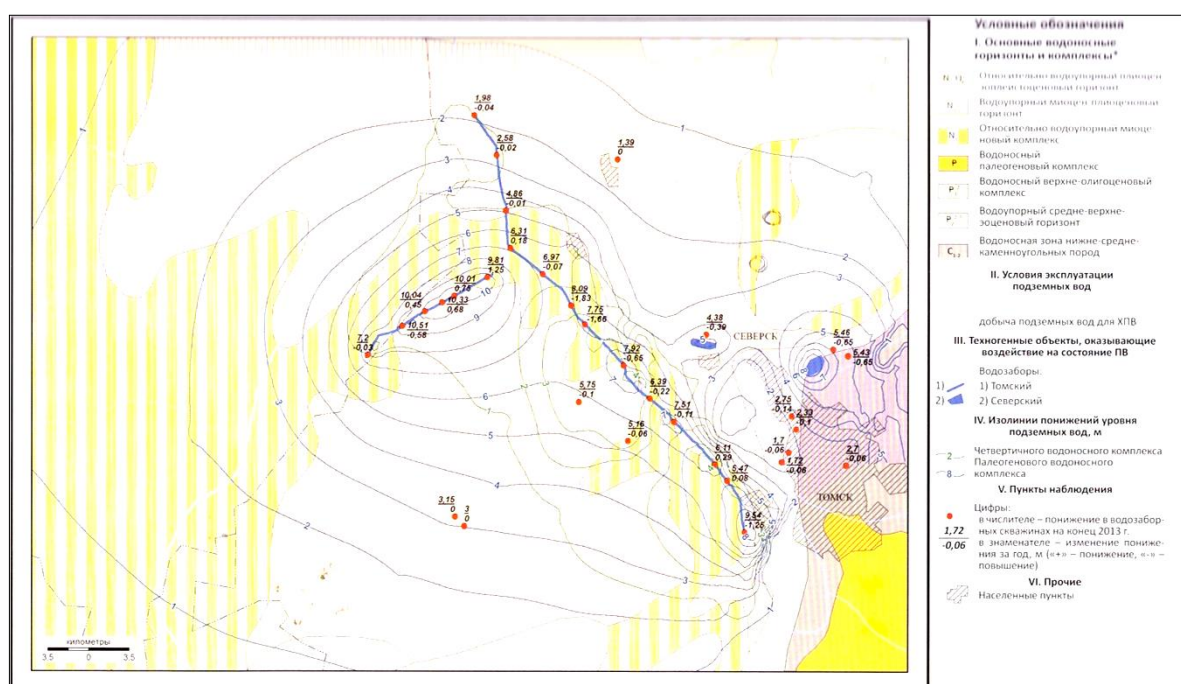


Рис. 1. Схематическая карта условий эксплуатации подземных вод в зоне влияния Томского водозабора подземных вод (ООО «Томскводоканал») в 2013 г. [8]

На рассматриваемой территории столкнулись интересы четырех главных водопользователей: «Сибирского химического комбината» (СХК), водоканала города Томска, Северского водоканала и населения. В результате деятельности этих четырех водопользователей возникли две остро стоящие проблемы. Первая – формирование

воронки депрессии в результате длительной эксплуатации водозабора на территории Обь-Томского междуречья и формирование воронки репрессии на территории Северского водозабора. Для городов Томска, Северска и прилегающих сельских территорий важнейшими негативными последствиями, существования воронки являются: гидродинамические и гидрохимические изменения в характеристиках гидросферы; снижение уровня грунтовых вод; развитие процессов истощения подземных вод и их загрязнение; в результате оседание земной поверхности и преобразование естественных ландшафтов происходят изменения подземного стока.

С одной стороны, развитие воронки депрессии влечет за собой ухудшение качества воды в результате усиления водообмена за счет повышения скоростей внутри- и межпластовых перетоков и подтягивания некондиционных вод [5]. С другой стороны, происходит осушение почв, а следовательно и снижение урожайности, требующее дополнительные затраты на орошение и мелиорацию земель. В результате аграрный комплекс несет убытки в виде упущенной выгоды.

Вторая проблема является следствием первой – возможность попадания в подземные воды палеогенового комплекса вод мелового комплекса, которые контактируют с захороненными жидкими радиоактивными отходами (ЖРО). В результате сложной гидродинамики, воды меловых отложений разгружаются в палеогеновый водоносный горизонт.

Таким образом, можно утверждать, что совокупное влияние различных факторов всегда больше, чем отдельное воздействие каждого фактора. Это положение напрямую относится к организации использования земельно-имущественного комплекса нижнего течения реки Томи ввиду ее многогранного значения для общества. Так как усиление воздействия таких факторов может иметь для местного населения отрицательное воздействие. Следовательно, устойчивость развития рассматриваемой урбанизированной территории, в той или иной степени зависит от правильности принятых управленческих решений. Развитие жизнеобеспечивающих отраслей городского хозяйства в частности системы водопользования не может существовать отдельно от системы земельно-имущественных отношений, экономики и экологии. Эти составляющие являются неотъемлемой частью благополучия населения.

Основой современных методов государственного управления земельно-имущественными отношениями в условиях формирования и функционирования рыночного производства является система платежей за землю. Она реализуется в первую очередь в виде налогов, обеспечивающих формирование бюджетов разных уровней. Регулирование размера ставок земельного налога позволяет государству направлять, стимулировать или, наоборот, сдерживать развитие отдельных отраслей или территорий [7]. Земельные платежи очень велики и занимают второе место в структуре собственных доходов хозяйствующих субъектов. По состоянию на 2013г. в г. Томске они составляют 17% - 35% от всех доходов города. В качестве налоговой базы в России по земельному налогу и иных платежей за землю используются результаты государственной кадастровой оценки земель, базирующиеся на классификации земель по целевому назначению.

На примере результатов кадастровой оценки земель Томского района и г. Томска, можно сделать вывод о том, что современные методы определения кадастровой стоимости для исчисления земельных платежей не совершенны. Основная причина создавшегося положения заключается в выборе изначально неверной методологии установления налогооблагаемой базы по земле специалистами органов власти, отвечающих за развитие данного направления [4]. Зарубежный и отечественный опыт, связанный непосредственно с оценкой стоимости земельных ресурсов, недостаточен,

что вызывает необходимость подробной научно-методической проработки отдельных элементов указанной процедуры оценки. Прежде всего, это касается разработки основных параметров объекта оценки, отражающих природную особенность формирования ресурсов объекта и характер их использования [9]. Сегодня оценка земель используется только как фискальный инструмент в земельной политике государства, но функции оценки не должны ограничиваться только этим. Для принятия любого управленческого решения необходимы достоверные сведения о том или ином объекте и его степени влияния, т.е. необходима комплексная (функциональная) оценка территорий, цель которой – долгосрочное социальное и экономическое благополучие с минимизированным экологическим ущербом по отношению к территориям [2]. Что в свою очередь влияет на качество среды жизни населения и на экологическое равновесие с природой. В пределах территории нижнего течения реки Томи должно быть оптимизировано объединение экологических метаболических процессов с функциональной устойчивостью эксплуатирующихся инженерных систем водохозяйственного и военно-промышленного комплекса, а так же водно-земельных имущественных отношений.

Учитывая, что результаты ГКОЗ в конечном итоге влияют, как на объём платежей юридических и физических лиц за право пользования землей, так и на доходную часть бюджета, в целях соблюдения интересов правообладателей земельных участков и исключения возможных фактов ущемления интересов бюджета, предлагается, что бы такая группа факторов как природные (особенно водный экологического фактор), включающие в себя: гидрологические особенности территории (режим подземных вод, наличие воронки депрессии), геологические (геоморфологические) условия территории, обязательно имела свое отражение в результатах ГКОЗ. Так как, именно такие факторы определяют: величину упущенной выгоды, если говорить о сельском хозяйстве; удорожания строительства; стоимость ремонтных работ при эксплуатации объектов капитального строительства, инженерной и транспортной инфраструктуры; проявляются в повышение или в снижении стоимости объектов недвижимости, примером чего служит проведенная оценка в г. Томске и Томском районе, что в свою очередь влияет на снижение инвестиционной привлекательности в определенных районах.

Проблемы подземного водозабора расположенного на урбанизированной территории нижнего течения реки Томи уже давно вышли за рамки пассивных рассуждений. Необходимо принятие решений по урегулированию таких проблем, но данный вопрос осложняется отсутствием единого управленческого органа. Различные интересы водопользователей можно объединить путем создания ассоциации водопользователей. Данную модель управления водными ресурсами используют такие страны как США (штат Калифорния) с 1960 года, Испания с 1985года, Узбекистан – 2002 года. [6] Опыт этих стран показывает, что именно организации самих водопользователей позволяют принимать наиболее эффективные решения в управлении использованием водных ресурсов, так как они видят корень проблем не понаслышке. При создании подобного рода организаций возможно конструктивное взаимоотношение водопользователей в деле управления использованием водных ресурсов. Для того чтобы ассоциация водопользователей имела успех в нашей стране, необходимо начать с формирования экологического мировоззрения населения, так как большое количество водных ресурсов привело к упадку морально-нравственного воспитания. Все проблемы, связанные с водой воспринимаются, как естественное неизбежное явление. Такого быть не должно. Необходимо освоение стандартов других стран в системе вода-общество, которые имеют успех в применении модели

управления «Ассоциация водопользователей». Ассоциация должна учитывать интересы всех водопользователей. Ее политика не должна быть временной, зависящей от ситуации. Ее создание необходимо для прогнозирования ситуаций, ликвидации накопившихся проблем, в целом – дальновидной. Эта организация не должна быть коммерческой. Иначе это неизбежно приведет к развитию коррумпированности. Для обеспечения развития ассоциации водопользователей без нарушения законодательства Российской Федерации должны быть разработаны соответствующие законодательные и правовые нормативные документы, регламентирующие деятельность ассоциаций водопользователей. Деятельность и услуги не должны облагаться налогом, так как все полученные средства должны быть направлены на поддержание в надлежащем состоянии систем водоснабжения и, в случае необходимости, устранения аварий и восстановления водных систем.

Литература

1. Засядь-Волк В.В. Концепция эффективного привлечения инвестиций в земельно-имущественный комплекс крупного города/В.В. Засядь-Волк//Научно-практический журнал Северо-западной академии государственной службы.-2005.-№2.-С.
2. Козина, М.В. Методология развития оценки земель в России / М.В. Козина // Омский научный вестник.- 2015.- № 4(141). - С. 278-281.
3. Концепция инвестиционной политики муниципального образования "Город Томск" (в ред. решений Думы г. Томска от 06.10.2009 N 1315, от 10.11.2009 N 1328, от 02.02.2010 N 1414).
4. Медведева О.Е., Козлов В.М., Козлов П.В., Проблемы государственной кадастровой оценки земель и предложения по ее совершенствованию/ О.Е. Медведева, д, В.М. Козлов, П.В. Козлов// Вопросы оценки.-2010.-№2(11).с.58-64
5. Попов, В.К. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья / В.К Попов, О.Д. Лукашевич, В.А. Коробкин [и др.]. -Томск: Изд-во ТГАСУ, 2003. -174 с.
6. Радкау, Й. Природа и власть. Всемирная история окружающей среды/ [текст] пер. с нем., сост. Указ. Н.Ф. Штильмарк. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – М.: Изд. Дом Высшей школы экономики, 2014. – 472 с.
7. Рогатнев Ю.М. Кайгородов В.Ю. Институциональные основы и механизмы регулирования земельного налогообложения/ Ю.М. Рогатнев, В.Ю. Кайгородов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.-2010.-№4(64).-С.20-24.
8. Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского Федерального округа в 2013 году : информационный бюллетень / Департ. по недропользованию по Сиб. федер. округу (СИБНЕДРА), Сиб. регион. центр гос. мониторинга состояния недр, ОАО "Томскгеомониторинг" ; [гл. ред. В. А. Лыготин]. — Томск. - 2014 . - 244 с
9. Ушаков, Е.П. Рентные отношения водопользования в России / Е.П. Ушаков; Центральный экономико-математический ин-т РАН. - М. : Наука, 2008. - 303 с.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОДИНОЧНОЙ ОТКАЧКИ В ПОСЁЛКЕ АНГАРСКИЙ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

А.Е. Поскотинов

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия;
E-mail:poskotinov.alexandr@gmail.ru*

Аннотация. Обработка результатов одиночной откачки позволяет надёжно определять только коэффициент водопроницаемости. В случае явного проявления влияния граничных условий в процессе проведения опытно-фильтрационных работ появляется возможность оценки и емкостных параметров водовмещающих горных пород. В статье рассматривается определение коэффициента пьезопроводности по данным одиночной откачки.

The summary. Processing of results of the solitary pumping-out allows to define reliably only water conductivity quotient. In case of obvious exhibiting of influence of boundary conditions in the course of carrying out of skilled-filtrational works there is a possibility of an assessment and capacitor parametres of water containing rocks. In article quotient definition hydraulic diffusivity according to the solitary pumping-out is considered.

Необходимость проведения опытно-фильтрационных работ на водозаборной скважине пос. Ангарский обусловлена работами по подсчету запасов на водозаборах ООО «Водные ресурсы» в населенных пунктах Артюгино, Ангарский, Манзя, Нижнетерякский, Беляки и Иркинеева Богучанского района Красноярского края.

Участок работ располагается в пределах геологических структур Енисейского края. В геологическом строении территории принимают участие образования позднепротерозойского и палеозойского возраста. Позднепротерозойские и нижнепалеозойские отложения слагают складчатые структуры Енисейского края.

Для определения фильтрационных параметров водоносного горизонта силами сотрудников ТЦ «Эвенкиагеомониторинг» была проведена одиночная откачка на действующем водозаборе в пос. Ангарский. Откачка производилась из водоносного средне-верхнекембрийского комплекса эвенкийской свиты (C_{2-3ev}). Водовмещающими породами являются известняки и песчаники с прослоями алевролитов. Нижняя часть свиты сложена аргиллитами и алевролитами с прожилками и гнездообразными включениями гипса. Глубина залегания зеркала подземных вод составляет 14 – 24 м. Мощность водовмещающих пород изменяется от 30 до 90 м. Отложения вскрыты скважинами колонкового бурения при производстве съемочных работ и поисковыми скважинами. Родники, в основном, нисходящего типа имеют расходы 0,1 - 0,2 л/с, но чаще всего разгрузка вод этой части разреза происходит в виде мочажин, с образованием низовых болот.

Глубина эксплуатационной скважины составляет 90 метров. Продуктивный горизонт, сложенный мелкозернистыми трещиноватыми песчаниками эвенкийской свиты, располагается в интервале глубин от 62 до 80 метров. Поднятие воды производилось насосом ЭЦВ 6-10-80, установленным на глубине 45 метров, наблюдения за уровнем воды осуществлялись с помощью электроуровнемера, за временем – с помощью секундомера, дебит измерялся объемным методом, емкостью 200 л. Откачка производилась при постоянном дебите 2,8 л/с

Гидрогеологические параметры определяются с помощью закономерностей, описывающих режим движения подземных вод при искусственном возбуждении фильтрационного потока (откачках) [1]. Значения этих параметров являются количественной мерой фильтрационных и емкостных свойств опробуемых водоносных

горизонтов. При опытно-фильтрационных работах для целей подсчёта запасов подземных вод определяют коэффициенты водопроницаемости, пьезопроводности и водоотдачу [2]. Коэффициент водопроницаемости является комплексным параметром, равным произведению коэффициента фильтрации на мощность водоносного горизонта, поэтому при известной мощности водоносного горизонта можно рассчитать и значение коэффициента фильтрации. Для определения основных расчетных параметров, используемых при подсчёте запасов подземных вод, применяют полевые методы опробования водоносных горизонтов при откачках. На практике часто используется обработка результатов откачки по методу временного прослеживания уровня. Он основан на использовании основного уравнения квазиустановившейся фильтрации в условиях неограниченного водоносного горизонта, а в случае проявления влияния граничных условий позволяет оценить их гидродинамический характер [3].

Для расчёта коэффициента пьезопроводности по данным одиночной откачки нами предлагается использовать время начала стабилизации уровня в скважине под влиянием границы первого рода. Этот момент отчётливо определяется по индикаторному графику откачки (рис. 1).

Данные показывают, что через пять минут после начала откачки уровень стабилизировался. Для более полного определения фильтрационных параметров можно воспользоваться формулой для расчета размеров возмущения от работающей скважины:

$$R = 1,5\sqrt{at},$$

где: R – размер области возмущения, м;

a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут;

t – время развития нестационарного процесса, сут.

Анализ этой формулы показывает, что при известном расстоянии до границы первого рода, которой является русло реки Ангары, можно вычислить значение коэффициента пьезопроводности. Это единственная неизвестная величина в приведённом уравнении. Приводим исходное уравнение к следующему виду, удобному для вычислений:

$$a = \frac{R^2}{2,25 t'}$$

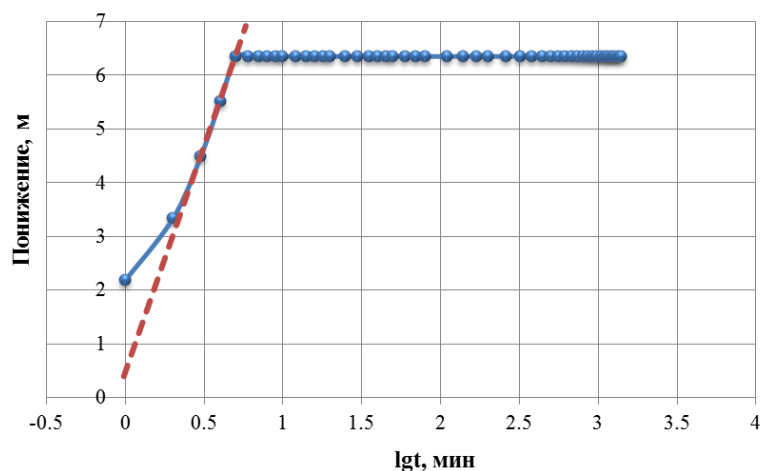


Рис. 1. Индикаторный график временного прослеживания уровня при откачке (пунктиром показано выделение репрезентативного участка графика, использованного для определения коэффициента водопроницаемости)

Расчёт показывает, что при расстоянии до реки R равном 400 м, и времени развития нестационарного режима t равном пяти минутам, что в пересчёте составляет 0,003472 сут, коэффициент пьезопроводности a будет равен $2,0 \times 10^7$ м²/сут.

Известное значение коэффициента водопроницаемости позволяет оценить и величину упругой водоотдачи водовмещающих пород. Коэффициент пьезопроводности связан с коэффициентом водопроницаемости следующим соотношением:

$$a = \frac{kt}{\mu},$$

где: a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут;

kt – коэффициент водопроницаемости, м²/сут;

μ – упругая водоотдача водовмещающих пород, д.е.

Простой расчёт показывает, что при значении коэффициента водопроницаемости 8 м²/сут (эта величина определена на этапе восстановления уровня в скважине после откачки) расчётное значение упругой водоотдачи составит $3,9 \times 10^{-7}$ м²/сут.

Предложенную методику расчетов емкостных параметров водовмещающих пород можно использовать как расчетную схему для определения фильтрационных параметров по данным одиночных откачек в сложных гидрогеологических условиях. Практическая потребность в получении дополнительной гидрогеологической информации при проведении одиночных откачек имеется. В настоящее время на территории Богучанского района Красноярского края проводятся работы по подсчёту запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого и технологического водоснабжения на действующих водозаборах, работающих на неутверждённых запасах.

Литература

1. Б.В. Боревский, Б.Г. Самсонов, Л.С. Язвин / Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек / Москва «Недра» 1973 / 305 с.
2. Н.Н. Биндеман, Л.С. Язвин / Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / Москва «Недра» 1970 / 217 с.
3. Ф.М. Бочевер, И.В. Гамронов, Л.В. Лебедев, В.М. Шестаков / Основы гидрогеологических расчетов / Москва «Недра» 1965 / 309 с.

ПРОГНОЗ ПОДТОПЛЕНИЯ НАБЕРЕЖНОЙ РЕКИ КАМА Г. ПЕРМЬ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.В. Пургина

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, E-mail: purgina_darya@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема подтопления г. Перми на набережной реки Кама. Решена обратная задача фильтрации методом численного моделирования. По полученным результатам построена карта опасности и риска по подтоплению участка.

Abstract. In this paper, the problem of flooding in the city of Perm and Kama River Quay. We solve the inverse problem of filtration method of numerical simulation. In the result built map the dangers and risks of flooding on the area.

Подтопление – является одним из широко распространенных проблем урбанизированных территорий. Подтопление влечет за собой ряд вторичных

разрушающих явлений – крип, оползни, просадка почв, барражный эффект и др. Для оценки масштабов возникновения негативных процессов на подтопленной территории возникает необходимость решения важнейшего вопроса – изменение уровня подземных вод (УПВ). Для прогноза сегодня используются преимущественно 2 способа: аналитическое решение уравнения фильтрации и метод численного моделирования.

Подтопление является актуальным и для г. Перми. В геоморфологическом отношении район расположен на восточной окраине Русской равнины. Рельеф территории речного происхождения, сформировавшийся в результате речного морфогенеза: глубинной, боковой, регрессивной эрозии и аккумуляции. Рельефообразующими элементами являются река Кама, ее притоки и овраги. Основными формами рельефа являются пойма и аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы (абс. отм. 92–180 м).

В геологическом строении территории г. Перми участвуют породы пермской системы (Рисунок 1). К нижнему, приуральскому отделу, состоящему из пяти ярусов, и относится территория города. Отложения верхнего яруса (уфимского- P_2sl+ss) выходят на поверхность практически на всей территории города, они перекрыты отложениями четвертичной (Q) системы. Четвертичные отложения в районе г. Перми представлены в основном аллювиальными, элювиально-делювиальными и озерно-болотными образованиями (рис. 2). В связи со строительным освоением территории с поверхности часто залегают насыпные грунты различного состава, мощности, времени и способа отсыпки.

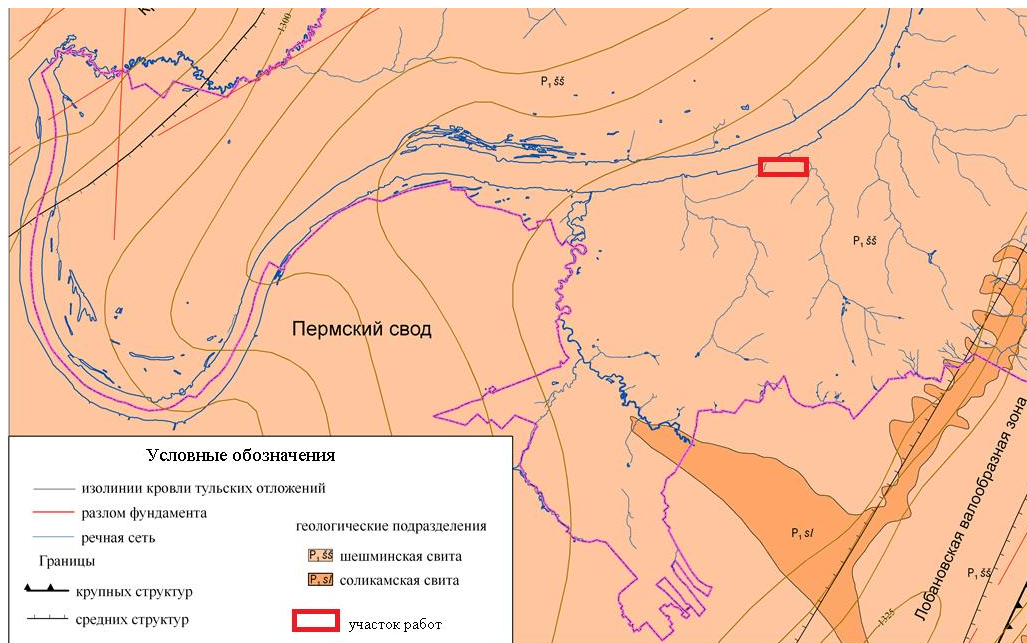


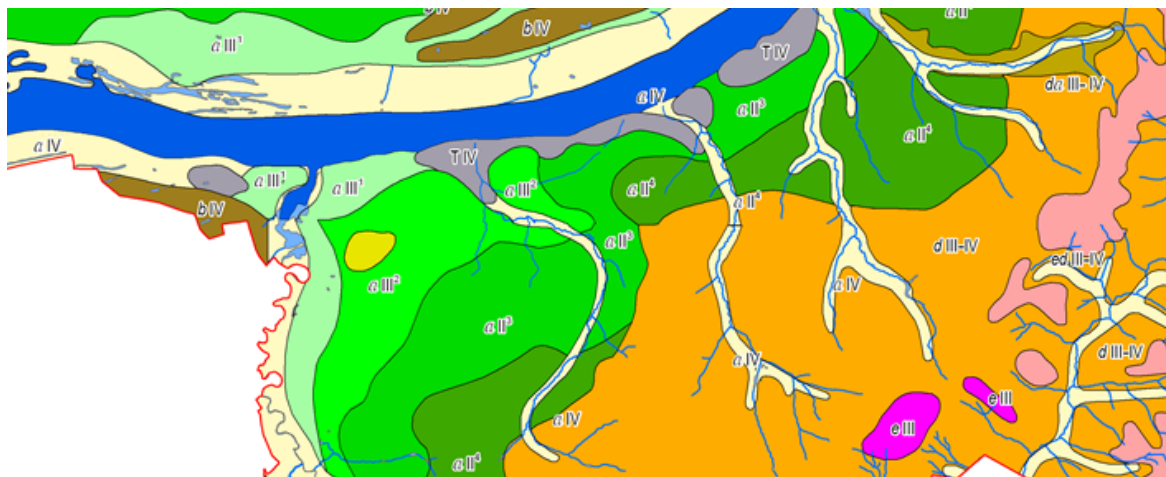
Рис. 2. Фрагмент геологической карты г. Пермь

В тектоническом отношении г. Пермь располагается на севере одной из крупнейших тектонических форм – Пермско-Башкирском своде. По кровле артинского яруса определяется ряд более мелких структур, осложняющих Пермско-Башкирский свод [6].

Район г. Перми находится в восточной окраине Волго-Камского артезианского бассейна второго порядка [2] в Камской гидрогеологической области [3, 4], где широко

распространены порово-грунтовые воды аллювиальных отложений, трещинно-грунтовые и трещинно-пластовые воды шешминского терригенного горизонта. Подземные воды аллювиальных четвертичных отложений образуют первый от поверхности горизонт грунтовых вод.

Гидрогеологические условия территории определяются следующими особенностями: резкой фациальной изменчивостью четвертичных отложений, обуславливающей незакономерное изменение их фильтрационных свойств, наличие в разрезе относительно водоупорных пород, разделяющих водоносные толщи, и существование песчаных окон, способствующих гидравлической взаимосвязи горизонтов; небольшой глубины вреза современной эрозионной сети, не всегда прорезающей водоупорные толщи, что определяет напорно-безнапорный режим вод четвертичных отложений; взаимосвязью вод четвертичных отложений между собой, а также с подземными водами дочетвертичных отложений и водами поверхностных водоемов и водотоков.



Условные обозначения

Верхнее современное этапы	b IV	Болотные отложения. Торф, торфотуф, гумусированные глины
	a IV	Аллювиальные отложения. Пойма и русло. Галечники, гравий, пески, суглинки, глины.
	d III-IV	Делювиальные отложения. Глины и суглинки с дресвой, щебнем и глыбами
	ed III-IV	Элювиально-делювиальные отложения. Глины и суглинки с дресвой, щебнем и глыбами подстилающих пород
	da III-IV	Делювиально-аллювиальные отложения. Глины и суглинки с прослоями песка и гальки.
Верхнее этапы	e III	Элювиальные отложения. Глины, суглинки, щебень, глыбы, галечник
	a III¹	Аллювиальные отложения. Первая надпойменная терраса. Галечник, гравий, пески, супеси, суглинки, глины
	a III²	Аллювиальные отложения. Вторая надпойменная терраса. Галечник, гравий, пески, супеси, суглинки, глины
Среднее этапы	a II³	Аллювиальные отложения. Третья надпойменная терраса. Галечник, гравий, пески, супеси, суглинки, глины
	a II⁴	Аллювиальные отложения. Четвертая надпойменная терраса. Пески, суглинки, глины, гравий, галечник
	v IV	Эоловые отложения. Пески.

Рис. 3. Фрагмент карты четвертичных отложений г. Пермь

В 1998 году Верхнекам- ТИСИзом была проведена большая работа по изучению подтопления. Итогом этих исследований явилась схематическая карта распространения опасных геологических процессов, в том числе процесса подтопления, на территории города Перми.

При этом большая часть площадей изученных жилых районов была отнесена к территориям благоприятным и условно благоприятным для строительства, однако выделяются и неблагоприятные участки. С момента выхода отчета (прошло около 20 лет) появились новые данные по подтопляемости, на некоторых площадях степень подтопляемости изменилась не в лучшую сторону. Частичное подтопление подвалов зданий и сооружений (рисунок 3) требует проведения дополнительных исследований, так прогноз изменения уровня подземных вод вдоль набережной реки Кама был вызван реконструкцией и частичным переносом железнодорожной линии Пермь-I – Пермь-II.



Рис. 3. Вода в подвале здания вокзала на ноябрь 2013 г.

В гидрогеологическом разрезе участка работ, в соответствии с её геологическим строением, выделены следующие водоносные комплексы (соответственно вошедшие в фильтрационную модель): четвертичный (порово-грунтовый) и шешминский (трещинно-поровый) водоносные комплексы, а также воды, вскрытые в техногенных отложениях. Все воды взаимосвязаны между собой и имеют спорадическое распространение (Рисунок 4).

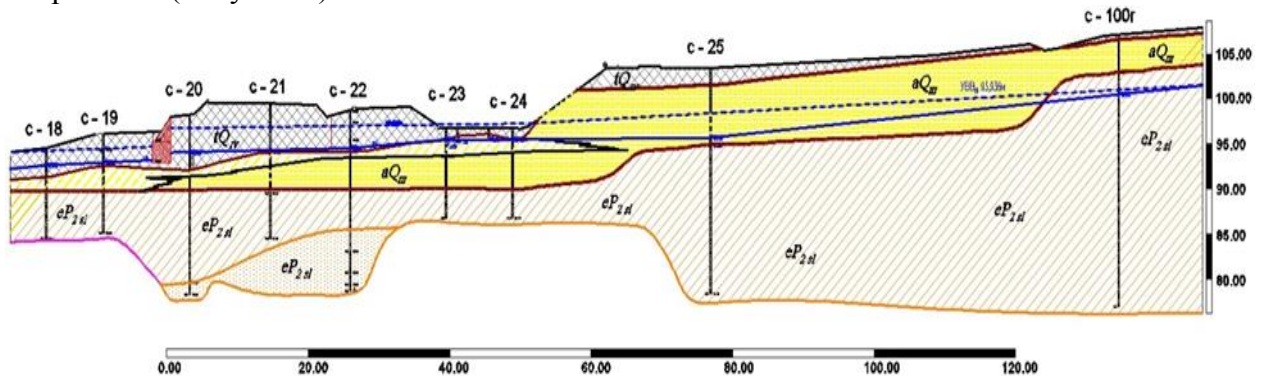
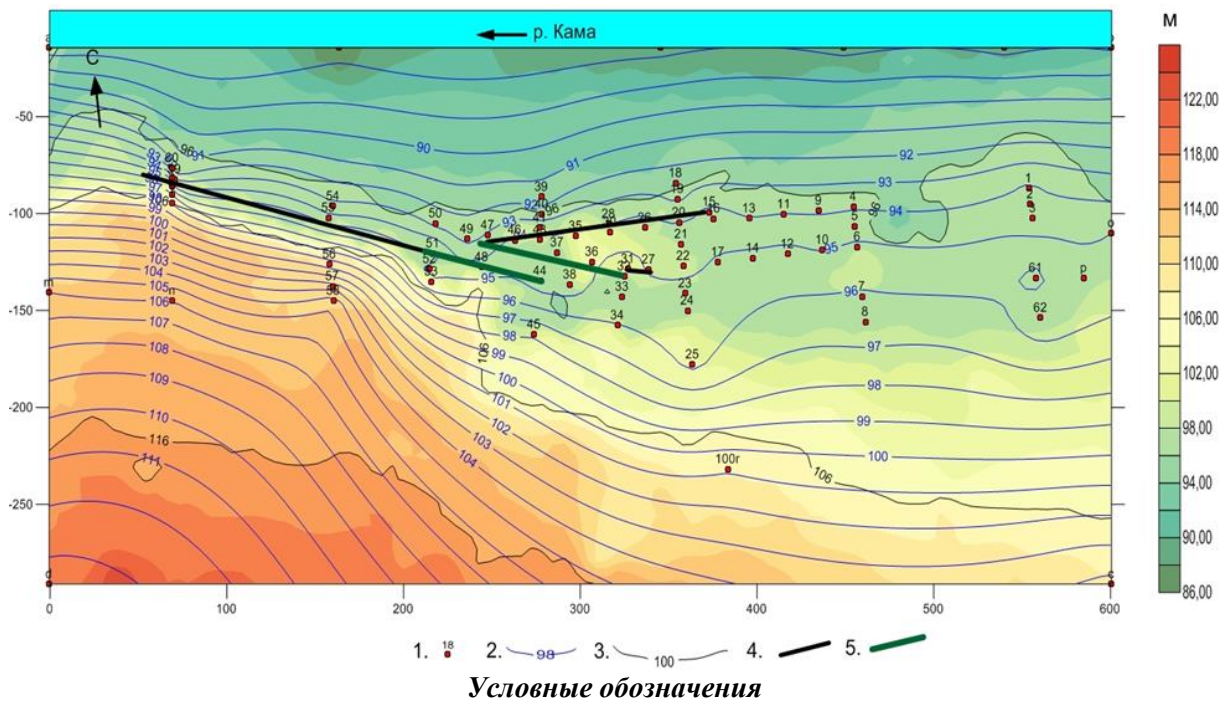


Рис. 4. Гидрогеологический разрез участка

На период обследования (03.08 – 24.11.2013) подземные воды вскрыты на глубине 0,5-12,2 м (абсолютная отметка 91,50-104,76 м). Положение зеркала вод на изучаемом участке находится на абсолютной отметке 91,50-104,76 м, уровень воды в р. Кама в данный период составлял 87,69-87,72 м. Перепад абсолютных отметок составляет 13,26 м. Уклон потока направлен к р. Кама и составляет 0,0608 (разрез). По результатам опытно-фильтрационных работ, выполненных ОАО «Сибгипротранспуть» при участии автора, режимных наблюдений в опытных скважинах и установившихся уровней в разведочных скважинах построена гидрогеологическая карта (Рисунок 5) на момент 16.11.2013.



Условные обозначения
 1 – скважина и ее номер; 2 – гидроизогипсы; 3 – изолинии рельефа; 4 – подпорные стенки;
 Рис. 5. Схематическая карта гидроизогипс участка

Ввиду сложных гидрогеологических условий территории, оценка подъема уровня подземных вод вследствие подъема уровня воды в р. Каме до 93,936м (в системе высот г. Пермь) с обеспеченностью 1%, производилась методом численного моделирования на базе программы Processing Modflow, входящей в пакет программ РМ 5.3 [1].

При определении внешнего контура фильтрационной модели учитывались следующие обстоятельства:

- модельная область должна включать площадь проектируемых сооружений со всеми существующими инженерными сооружениями и прилегающей территорией, а также область потенциального воздействия сооружений на подземные воды;
- влияние внешних границ на изменение структуры фильтрационного потока в связи с дренированием водоносных горизонтов должно быть минимальным;
- плановая ориентировка модели должна быть скорректирована в соответствии с естественным направлением потока подземных вод.

В связи с вышеизложенным была выбрана область моделирования, представляющая собой прямоугольник, площадью 0,18 км², длина сторон которого 600 м и 300 м (рисунок 6). Расчетная область фильтрации была разбита на квадратные

блоки одинакового размера со стороной квадрата 6 м. Количество блоков по оси X – 100, по оси Y – 50, по оси Z – 3. Общее количество блоков в модели – $100 \cdot 50 \cdot 3 = 150000$ (Рисунок 6).

Внешние гидродинамические границы модели и их физико-математическое представление в численной схеме выбирались исходя из общей гидродинамической ситуации, имеющихся карт гидроизогипс, а также руководствуясь общими принципами по схематизации гидрогеологических условий.

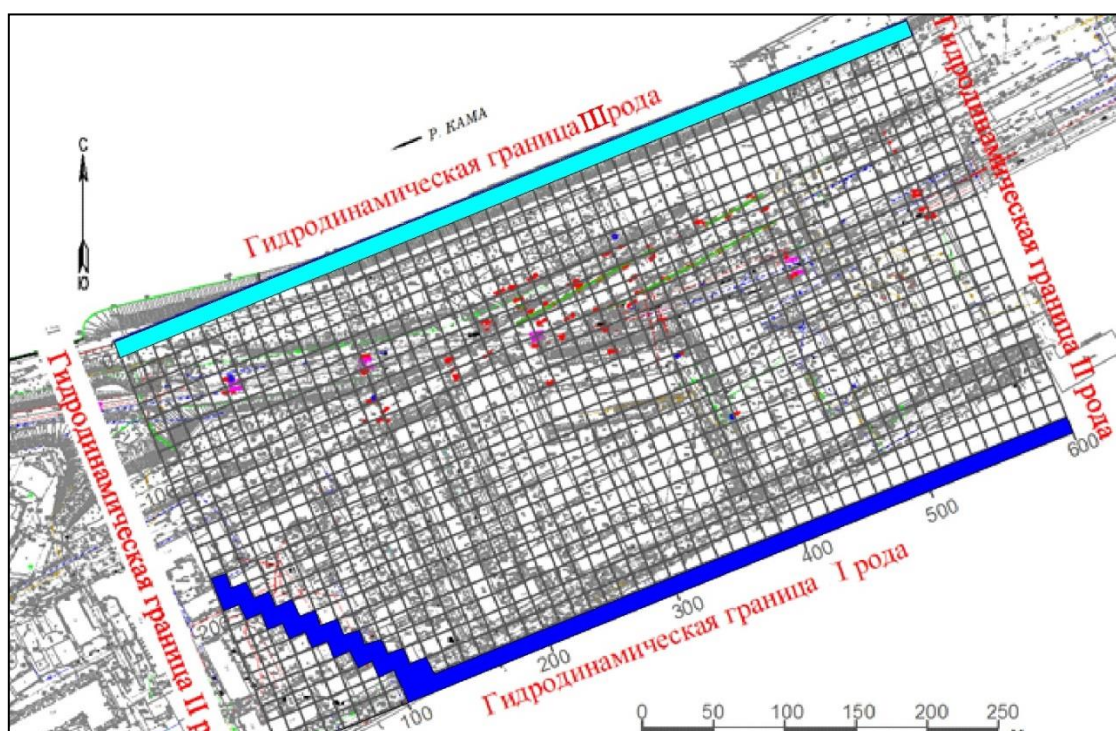


Рис. 6. Схематизация граничных условий моделируемого участка

Внешняя южная граница модели проведена по наиболее приподнятому участку рельефа, являющимся водоразделом поверхностных и подземных вод. Эта граница вводилась как питающая, т.е. расход потока через них (Q) постоянен (ГУ I рода). Западная и восточная границы модели в плане примерно отвечают линиям тока, что позволило отнести их к непроницаемым – на них было реализовано граничное условие II рода ($Q = \text{const} = 0$) (ГУ II рода). Для северной границы модели (р. Кама) было реализовано граничное условие III рода (Рисунок 6).

Профильные границы водоносных комплексов и горизонтов задавались через абсолютные отметки подошвы и кровли каждого из них, полученные по результатам буровых работ. Модель в разрезе состоит из трех слоев. Для построения матриц кровли и подошвы соответствующего слоя использовались материалы литологического описания керна скважин, пробуренных осенью 2013 года.

Первый (верхний) модельный слой: соответствует объединенной толще техногенных отложений (t_{QIV}) коэффициент фильтрации по вертикали (Kz) составляет 6,501 м/сут, параметр перетекания (B_1) – 0,26 м; подошва слоя – подошва аллювиальных отложений.

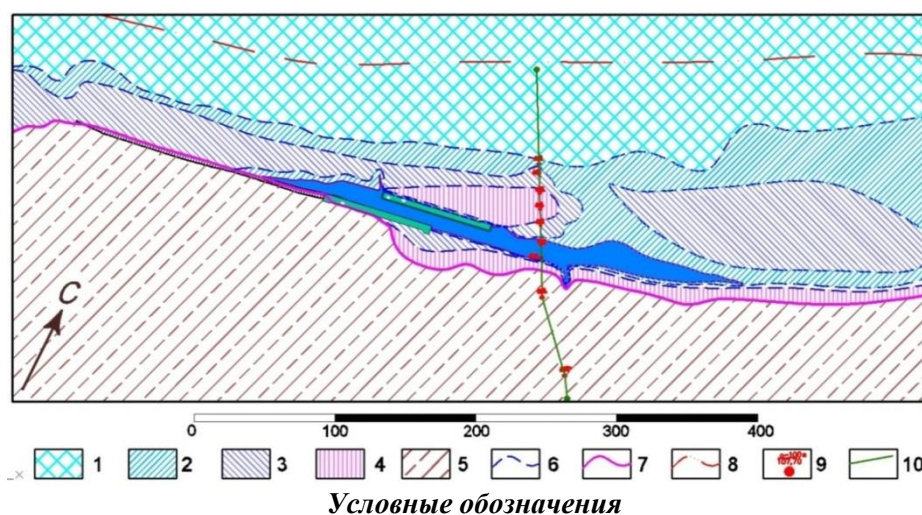
Второй модельный слой: отождествляется с аллювиальными отложениями коэффициент фильтрации по вертикали (Kz) составляет 12,354 м/сут, параметр перетекания (B_1) – 1,8 м; подошва слоя на отметке 85,77 м.

Третий модельный слой: имитирует зону активного водообмена коэффициент фильтрации по вертикали (Kz) составляет 23.125 м/сут, параметр перетекания (B_1) – 3,2 м; подошва слоя на отметке 85,77 м.

Инфильтрационное питание задавалось на модели виде однородной матрицы. Для оценки величины питания первого от поверхности водоносного горизонта привлечены среднегодовая сумма атмосферных осадков.

Калибровка фильтрационной модели по превышению уровня воды в р.Кама заключалась в уточнении значений проводимости подрусловых отложений и коэффициентов фильтрации аллювиальных отложений в прилегающих к водотоку областям.

В результате калибровки модели по основным критериям соответствия реальных и модельных значений (напоров в скважинах), была решена обратная фильтрационная задача – на модели было получено поле распределения естественных напоров, по результатам которых была построена карта опасности и риска подтопления изучаемого участка (Рисунок 7).



Условные обозначения
 1-подзона непосредственного затопления; мощность зоны аэрации составляет для 2 зоны – 0,0-0,5 м; 3 зоны – 0,5-2,0; 4 зоны – 2,0 – 4,0; 5 зона медленного повышения уровня подземных вод; 6 – границы зон подтопления; 7 – граница между зонами сезонно (ежегодно) подтопляемыми и медленного повышения уровня подземных вод; 8 – граница р. Кама на 26.10.2013; 9 – скв; 10 – линия разреза.

Рис. 7. Схематическая карта опасности и риска изучаемого участка

Вся территория была разделена на 2 основных зоны: сезонно (ежегодно) подтопляемая и зона медленного повышения уровня подземных вод. В свою очередь в первой зоне были выделены 4 подзоны в которых прогнозируется положение УПВ в соответствии с максимално возможным положением уреза реки Кама. Первая – непосредственного затопления (вода выходит на поверхность), вторая – мощность зоны аэрации составляет 0,0 - 0,5 м, третья – 0,5-2.0 м и четвертая – переходная 2,0 – 4,0 м.

Выводы

1. В работе представлена гидродинамическая модель территории реконструкции путепровода и прилегающих территорий, созданная с помощью средств трехмерного гидродинамического моделирования (PMWin), используемая для прогноза опасности подтопления изучаемого участка.

2. Дан прогноз изменения уровня подземных вод с учетом максимально возможного изменения уреза воды в реке Кама. Прогноз подъема уровня подземных вод исходил из подъема уровня воды в р. Каме до отметки 93,936 м (в системе высот г. Пермь) с обеспеченностью 1% с помощью подбора поверхностного питания участка.

3. На участке было пробурено 66 скважин, пройдено 22 шурфа, что позволило максимально детализировать как гидрогеологические, так и геологические данные. В результате интеграции полевых работ построена карта гидроизогипс масштаба 1:200.

4. В соответствии с СП 11-105-97 (часть 2) построена карта опасности и риска подтопления изучаемого участка. Вся территория была разделена на 2 основных зоны: сезонно (ежегодно) подтопляемые и зона медленного повышения уровня подземных вод. В свою очередь в первой зоне были выделены 4 подзоны в которых прогнозируется положение УПВ в соответствии с максимально возможным положением уреза реки Кама. Первая – непосредственного затопления (вода выходит на поверхность), вторая – зона аэрации составляет 0,0 - 0,5 м, третья – зона 0,5-2,0 м и четвертая – переходная 2,0 – 4,0 м.

Литература

1. Wen-Hsing Chaing, Wolfgang Kinzelbach. 3D – Groundwater Modeling with PMWIN. Springer. ISBN 3-540-67744-5. Printed in Germany. 346 p
2. Гидрогеология СССР том XIV Урал. Главный редактор А. В. Сидоренко. Издательство «Недра», М, 1972 (648 с.)
3. Иконников Е.А. Гидрогеология/Е.А. Иконников, ЮА. Яковлев, и.Н. Шестов// Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: Энциклопедия. Пермь. 2006. С. 111-123
4. Мошковский В.И, Е. А. Бобров, Е. А. Иконников, В. А. Поповцев, А. В. Ревин, В. П. Куликов и др. Гидрогеологическая карта//горная энциклопедия. М., 1986. Т.2. С.41
5. Синдаловский Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 769 с.
6. Софроницкий П.А., Проворов В.М. Локальные узловые поднятия в осадочном чехле Пермского Прикамья. - Труды ВНИГНИ. Пермь, 1970, вып. 72, с. 22-32

ОЦЕНКА БАРРАЖНОГО ЭФФЕКТА В ГОРОДСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОСРЕДСТВОМ СОЗДАНИЯ ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ ПЕРМЬ I - ПЕРМЬ II СВЕРДЛОВСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Д.В. Пургина

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: purgina_darya@mail.ru

Аннотация. Барражный эффект – подъем уровня грунтовых вод на пути фильтрационного потока перед преградой по потоку и снижением за ней, вследствие перекрытия фильтрационного потока подземных вод. В 2013 году в городе Пермь компанией ОАО «Сибгипротранспуть» проводились изыскания под строительство новых и реконструкцию старых подпорных стенок, при их изучении был обнаружен высокий уровень подземных вод и подпор воды в фундаменте уже имеющихся стенок. Основной задачей для гидрогеологов стало оценка текущего состояния и прогноз изменения уровня подземных вод при строительстве новых подпорных стенок.

Abstract. Barrage effect - the rise of the groundwater level on the way to the seepage barrier for the flow and the reduction of it, due to the overlapping of seepage of groundwater.

In 2013, in the city of Perm company "Sibgiprotransput" carried out researches for construction of new and reconstruction of old retaining walls, in their study had found high levels of groundwater and the head of water in the basement of the existing walls. The main objective was to hydrogeologists to assess the current status and forecast changes in the level of groundwater in the construction of new retaining walls.

Городу Перми более 290 лет, в досоветский период его застройка шла хаотично и изыскания не проводились. Одно из старейших сооружений города построено в 1986 г. – путепровод, расположенный по линии Пермь I–Пермь II. При постройке путепровода была пройдена выемка во второй надпойменной террасе реки Кама (рис. 1).



Рис. 1. Выемка под путепровод

Для предотвращения обрушения склонов были построены подпорные стенки укрепившие, как путепровод, так и срезанный террасированный склон (рис. 2,3)



Рис. 2. Строительство путепровода 1885 г.



Рис. 3. Строительство подпорной стенки 1885 г.

В настоящее время путепровод пришел в аварийное состояние, появилась необходимость в его реконструкции.

На период обследования (03.08 – 24.11.2013) были детально изучены инженерно-геологические, гидрогеологические условия территории.

По генезису на участке изысканий выделяются верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения II надпойменной террасы р. Камы (aQ_{III}) и отложения коры выветривания песчаников и аргиллитов (P_2sl+ss), перекрытые с поверхности техногенными отложениями (tQ_{IV}). По результатам полевых, лабораторных работ и последующей статистической обработки полученных данных на основе ГОСТ 20522-2012 в пределах глубины изучения разреза выделено 59 инженерно-геологических элементов (рис. 4).

сооружениями зданий с глубоким заложением фундамента без дренажных канав. Так отмечен подпор воды у здания вокзала с резким снижением уровня воды за зданием – в подвале отмечено стояние воды). Подпор подземных вод наблюдается у существующих подпорных стенках, расположенных южнее земляного полотна и севернее земляного полотна и у стены путепровода (рис. 5). Сгущение изолиний на подходе к подпорной стенке, расположенной южнее земляного полотна, достигает 2-3 м с уклоном 0,5, и резким снижением уровня воды за ней. Подпора воды не зафиксировано в местах, где состояние кладки подпорных стенок нарушено и вода циркулирует в них (рис. 4).

Для количественной оценки величины подъема уровня подземных вод при строительстве подпорных стенок (подпор грунтовых вод) необходимы фильтрационные показатели всех разновидностей техногенных грунтов. В лабораторных условиях определены коэффициенты фильтрации песчаных и глинистых грунтов, которые в период бурения скважин находились выше уровня подземных вод.

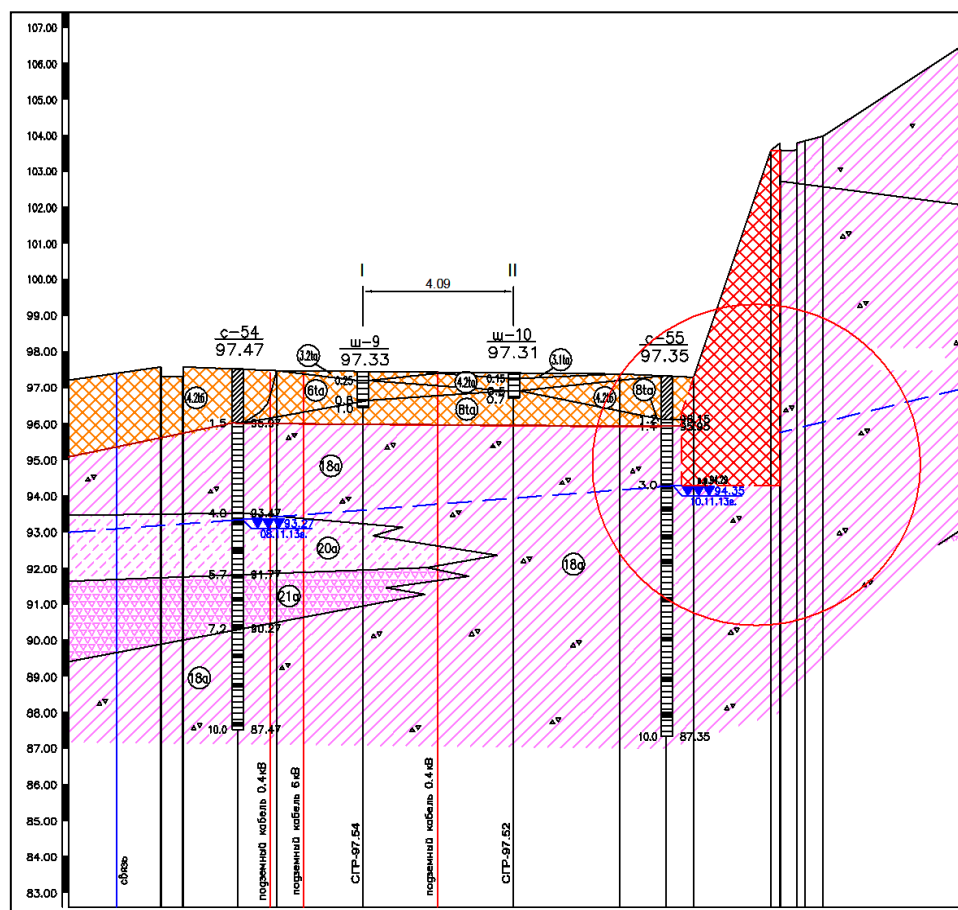


Рис. 5. Фрагмент инженерно-геологического разреза. Проявление барражного эффекта в существующей стенке

В связи с тем, что при сооружении подпорных стенок будет происходить уплотнение грунтов, залегающих в окружении их, коэффициенты фильтрации получены: для песчаных грунтов методом стандартного уплотнения при максимальной плотности и оптимальной влажности; для глинистых грунтов при выполнении консолидационных испытаний (ГОСТ 12248-2010 п.5.4.5) через установленные характеристики фильтрационной консолидации методом расчета.

Для получения достоверных прогнозных оценок изменений гидрогеологических условий при проектировании сооружений выполнен комплекс опытно-фильтрационных работ для определения фильтрационных параметров водоносных горизонтов.

В связи с освоением подземного пространства при строительстве подпорных стенок возникает опасность подтопления их фундаментов подземными водами и возможности возникновения барражного эффекта при заложении подошвы свайного ростверка ниже естественного уровня подземных вод.

Чтобы исключить возможность барражного эффекта необходимо рассчитать глубину заложения подошвы свайного ростверка подпорных стенок. Количественная оценка водопритоков подземных вод выполнена методом численного моделирования.

Усредненная абсолютная отметка залегания уровня подземных вод вблизи проектируемых подпорных стен принимается 94,50 м.

Модельные расчеты водопритоков к проектируемым горизонтальным подпорным стенкам производились для двух ориентировочных вариантов отметки заложения подошвы свайного ростверка: абсолютная отметка 92,0 м и абсолютная отметка 94,5 м.

Для получения возможного превышения напоров относительно естественных были реализованы следующие условия:

- подпорные стенки принимались непроницаемыми, а сами строения полностью гидроизолированными. Численная реализация данного условия заключалась во введении в модель внутренних границ II рода ($Q=\text{const}=0$), пространственно совпадающих с местами расположения стенок;

- отсутствие дренажных систем любого типа (в том числе и нагорной канавы). Данное условие закладывалось для создания повышенного запаса надежности, поскольку за основу брались напоры, отвечающие ненарушенному режиму подземных вод;

- повышенное инфильтрационное питание подземных вод (период весеннего половодья).

Вариант 1. Оценивались величина возможного превышения напоров относительно естественных при заглублении подошвы свайного ростверка до абсолютной отметки 92,0 м – заглубление в водоносный комплекс в среднем на 2,5 м, в отложения аллювия и элювия. Данный вариант строительства приводит к некоторому изменению картины фильтрационного потока, что выражается в подъеме уровней подземных вод возле сооружений. Так вблизи подпорной стенки №1 наблюдается повышение уровней с юго-восточной стороны до 4 м и подтоплению основной площадке земляного полотна (рис. 6). Препяды фильтрационному потоку также создают и остальные рассматриваемые подпорные стенки, что приводит к повышению уровней вблизи них до 0,6-1,2 м.

Для предотвращения подобного рода эффектов, необходимо организовать возможность прохождения подземных вод под подошвой свайного ростверка, не перекрывая аллювиальных и элювиальных отложения, которые обладают более высокими фильтрационными свойствами. Этого возможно достичь, изменив заглубление подошвы свайного ростверка.

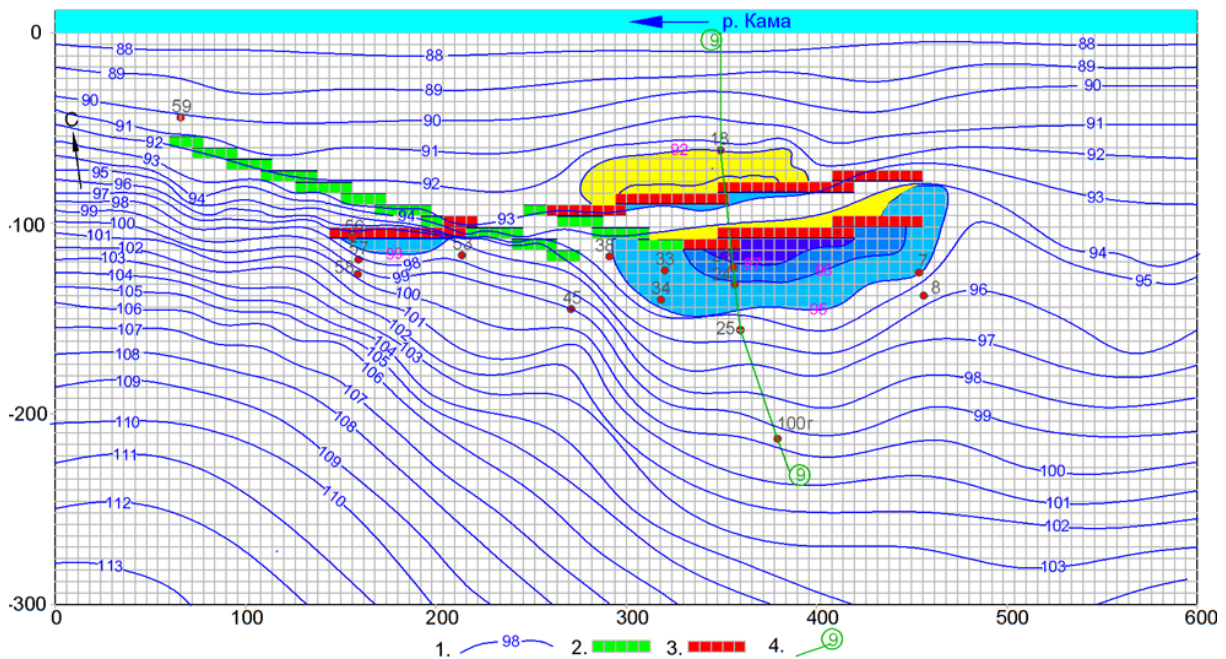


Рис. 6. Прогнозная модель изменения уровня подземных вод при заглублении фундамента проектных подпорных стенок до отметки 92,0 абс м. 1-линии равных напоров; 2-существующие подпорные стенки; 3-проектные подпорные стенки; 4- линия разреза

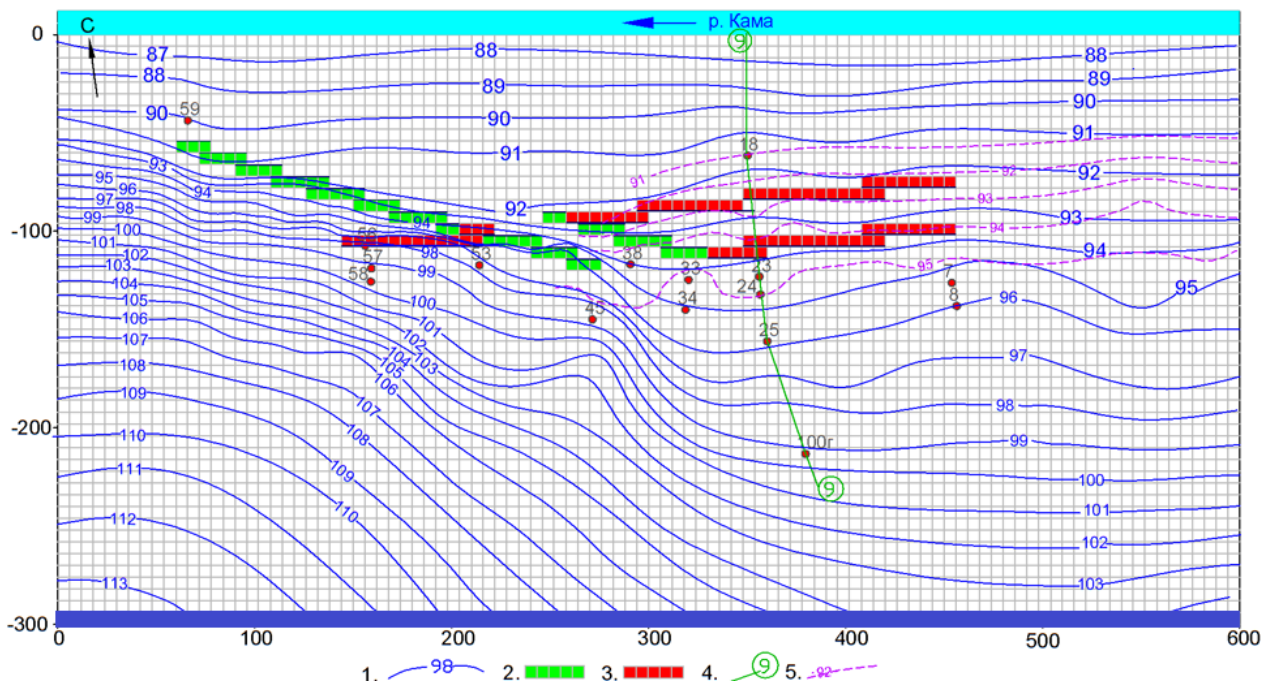


Рис. 7. Прогнозная модель изменения уровня подземных вод при заглублении фундамента проектных подпорных стенок до отметки 94,5 абс м. 1-линии равных напоров; 2-существующие подпорные стенки; 3-проектные подпорные стенки; 4- линия разреза; 5-изолинии естественного потока

Вариант 2. Продолжая модельные исследования зависимости величины подъема уровней подземных вод возле подпорных стенок от различного заглубления подошвы свайного ростверка, в данном расчетном варианте оценивается величина возможного превышения напоров относительно естественных при заглублении подошвы ростверка

до абсолютной отметки 94,5 м – усредненная абсолютная отметка залегания уровня подземных вод вблизи проектируемых подпорных стенок (рис. 7).

При заглублении подошвы свайного ростверка до абсолютной отметки 94,5 м происходит незначительное изменение картины фильтрационного потока. Подъем уровней подземных вод возле подпорных стенок не превышает 0,3-0,5 м относительно естественных уровней, рассчитанных при создании модели для построения гидроизогипс на гидрогеологической карте.

Выводы

1. На участке изысканий было пройдено 66 скважин, 20 шурфов, 43 точек статического зондирования, в результате смоделирована геология участка. Выделены генетические комплексы: верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения II надпойменной террасы р. Камы (aQ_{III}) и отложения коры выветривания песчаников и аргиллитов (P_2sl+ss), с поверхности перекрытые техногенными отложениями (tQ_{IV}).

2. В процессе исследования гидрогеологических условий территории (при проведении ОФР) были получены параметры коэффициенты фильтрации, проводимость пород и пьезопроводность.

3. При изучении существующих подпорных стенок был выявлен подпор воды в фундаменте одной из стенок, что может вызывать изменения свойств грунтового массива. В тех стенках где кладка фундамента нарушена вода циркулирует свободно не создавая дополнительного подъема уровня

4. В работе представлена гидродинамическая модель построенная в программном комплексе PMWin, используемая для реализации прогноза изменения уровня подземных вод при строительстве дополнительных подпорных стенок.

5. Дан прогноз изменения уровней подземных вод методом численного моделирования, при двух возможных сценариях. Первый вариант строительства (при заглублении фундамента до глубины 92,0 абс. м) приводит к некоторому изменению картины фильтрационного потока, что выражается в подъеме уровней подземных вод возле сооружений. Во втором случае (при заглублении фундамента до глубины 94,5 абс. м) подъем уровней подземных вод возле подпорных стенок не превышает 0,3-0,5 м относительно естественных уровней.

6. В результате прогноза рекомендуется при строительных расчетах использовать второй вариант так как, при заглублении подошвы свайного ростверка проектируемых подпорных стенок до уровня подземных вод, не перекрывая песчано-гравийные отложения аллювия (абсолютной отметке 94,5 м) действие барражного эффекта практически не наблюдается и отсутствует подтопление основной площадки земляного полотна.

Литература

1. Wen-Hsing Chaing, Wolfgang Kinzelbach. 3D – Groundwater Modeling with PMWIN. Springer. ISBN 3-540-67744-5. Printed in Germany. 346 p
2. Гидрогеология СССР том XIV Урал. Главный редактор А. В. Сидоренко. Издательство «Недра», М, 1972 (648 с.)
3. Иконников Е.А. Гидрогеология /Е.А. Иконников, ЮА. Яковлев, И.Н. Шестов// Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: Энциклопедия. Пермь. 2006. С. 111-123
4. Мошковский В.И, Е. А. Бобров, Е. А. Иконников, В. А. Поповцев, А. В. Ревин, В. П. Куликов и др . Гидрогеологическая карта//горная энциклопедия. М., 1986. Т.2. С.41
5. Синдаловский Л.Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. – 769 с.
6. Софроницкий П.А., Проворов В.М. Локальные узловые поднятия в осадочном чехле Пермского Прикамья. - Труды ВНИГНИ. Пермь, 1970, вып. 72, с. 22-32

ФОРМЫ МИГРАЦИИ НИКЕЛЯ И МЕДИ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ РАЙОНА ОЗЕРА ИМАНДРА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Т. А. Русинова

Научный руководитель доцент Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия, E-mail: Tanaf93@mail.ru.

Аннотация. В статье описан химический состав различных природных вод в зоне воздействия промышленного предприятия. Приведены неорганические формы миграции никеля и меди в рассматриваемых водах. Выявлены закономерные изменения форм миграции анализируемых элементов в зависимости от минерализации и от параметра pH.

Abstract. The various types chemical composition of nature water being changed from industry are analyzed in the article. Migration forms of Ni and Cu are calculated only for inorganic forms. Migration forms considered to depend on mineralization and pH.

Поведение тяжелых металлов в природных водах - вопрос, требующий пристального внимания, так как они являются экотоксикантами. Данные элементы воздействуют на все компоненты экосферы, имея способность накапливаться в окружающей среде и долгие годы оказывать негативное влияние не только на общий геохимический цикл, но и на все живое в ландшафте [5]. Необходимо отслеживать пути попадания в экосферы и дальнейшую миграцию, а также факторы миграции этих металлов. В данной работе анализируются формы миграции двух тяжелых металлов Ni и Cu в природных водах, так как в исследуемом регионе существует целый комплекс предприятий по добыче и переработке металлосодержащего сырья.

Цель работы - определение неорганических форм миграции никеля и меди в подземных и поверхностных водах района озера Имандра (Кольский полуостров). Объектом исследования являются природные поверхностные и подземные воды, опробованные автором статьи во время полевых маршрутов в рамках летней производственной практики в июле 2014 года (рис.1).

Исследование химического состава вод проводилось в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Научно-образовательного центра «Вода» Института природных ресурсов Томского политехнического университета. Камеральная обработка результатов производилась с помощью программных средств Microsoft Office, ArcGIS. Исследование форм миграции никеля и меди проводилось с использованием возможностей физико-химического моделирования, реализованных в программном продукте HydroGeo (автор М.Б. Букаты) [1].

В модель было включено 19 ионов: H^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , In^{3+} , OH^- , Cl^- , $(SO_4)^{2-}$, $(NO_3)^-$, $(PO_4)^{3-}$, Br^- , F^- , CO_3^{2-} (HCO_3^-), H_2O , SiO_2 . Для моделирования форм миграции Cu включили 29 ассоциатов: $(CuHCO_3)^+$, $Cu(HCO_3)_2$, $CuCO_3$, $(Cu(CO_3)_2)^{2-}$, $(CuNO_3)^+$, $Cu(NO_3)_2$, $Cu_3(PO_4)_2$, $(Cu(PO_4)_2)_4$, $(CuPO_4)^-$, $CuHPO_4$, $(Cu(HPO_4)_2)^{2-}$, $(CuH_2PO_4)^+$, $Cu(H_2PO_4)_2$, $CuSO_4$, $(Cu(SO_4)_2)^{2-}$, $CuHSO_4^+$, $Cu(HSO_4)_2$, $(Cu(Cl)_4)^{2-}$, $(Cu(Cl)_3)^-$, $CuCl_2$, $CuCl^+$, CuF_2 , CuF^+ , $(Cu(OH)_3)^-$, $(CuO_2)^{2-}$, $CuOOH$, $CuOH^+$, $(Cu(OH)_4)^{2-}$, $Cu(OH)_2$. Для моделирования форм миграции Ni включили 35 ассоциатов: $(NiHCO_3)^+$, $Ni(HCO_3)_2$, $NiCO_3$, $(Ni(CO_3)_2)^{2-}$, $(NiNH_3)^{2+}$, $(Ni(NH_3)_2)^{2+}$, $(Ni(NH_3)_6)^{2+}$, $(Ni(NH_3)_5)^{2+}$, $(Ni(NH_3)_4)^{2+}$, $(Ni(NH_3)_3)^{2+}$, $(NiNO_3)^+$, $Ni(NO_3)_2$, $(Ni(PO_4)_2)^{4-}$, $(NiPO_4)^-$, $Ni_3(PO_4)_2$, $Ni(H_2PO_4)_2$, $NiHPO_4$, $(Ni(HPO_4)_2)^{2-}$, $(NiH_2PO_4)^+$, $(NiP_2O_7)^{2-}$, $(NiHP_2O_7)^-$, $NiSO_4$, $(Ni(SO_4)_2)^{2-}$, $(NiHSO_4)^+$,

$\text{Ni}(\text{HSO}_4)_2$, NiCl_2 , NiCl^+ , NiF^+ , NiF_2 , NiOH^+ , $(\text{Ni}(\text{OH})_3)^-$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$, $(\text{Ni}(\text{OH})_4)^{2-}$, $(\text{Ni}_2\text{OH})^{3+}$, $(\text{Ni}_4(\text{OH})_4)^{4+}$.

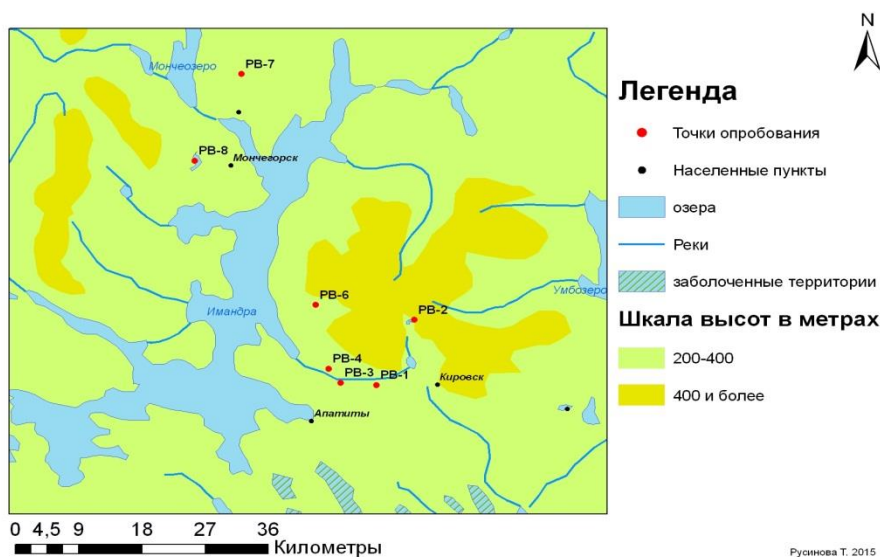


Рис. 1 Карта-схема мест отбора проб

Рассматриваемые воды от слабокислых до слабощелочных, величина pH изменяется от 5,9 до 7,6 при среднем значении 6,9. Воды ультрапресные, величина минерализации варьирует от 24 мг/л до 201 мг/л при среднем значении 52 мг/л. По химическому типу рассматриваемые воды относятся к гидрокарбонатным натриево-кальциевым. По величине общей жесткости воды относятся к очень мягким, среднее значение жесткости 0,52 мг-э/л, и только одна проба воды характеризуется как мягкая, она имеет жесткость 2,27 мг-э/л, что является типичным для вод рассматриваемого района [2, 5].

В рассматриваемых водах среднее содержание меди составляет 5,97 мкг/л, а содержание никеля - 1,61 мкг/л. Согласно данным [6] среднее содержание рассматриваемых элементов в подземных водах провинции с распространением многолетней мерзлоты составляет 2,21 мкг/л и 1,76 мкг/л соответственно. Таким образом, в рассматриваемых водах содержание меди превышено в 2,7 раза, а содержание никеля практически совпадает с кларковыми значениями.

Среди рассматриваемых комплексных соединений меди преобладающими являются лишь четыре, совокупная доля которых составляет 98,9 %. Такие формы меди как Cu^{2+} и CuCO_3 в рассматриваемых водах представлены практически равными долями 49 % и 43 % соответственно. Соединение $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2^-$ составляет 6 %, а $\text{Cu}(\text{OH})^-$ - 1 % (рис. 2 а).

По данным [2] Cu в природных водах мигрируют в форме простых ионов, а согласно [3] в водах с подобным химическим составом отмечаются следующие соединения меди (в % от первого иона): CuCO_3 - 42,5 %, $\text{Cu}(\text{HCO}_3)$ - 19,93 %, Cu^{2+} - 15,49 %, CuCO_3^{2-} - 10,87 %.

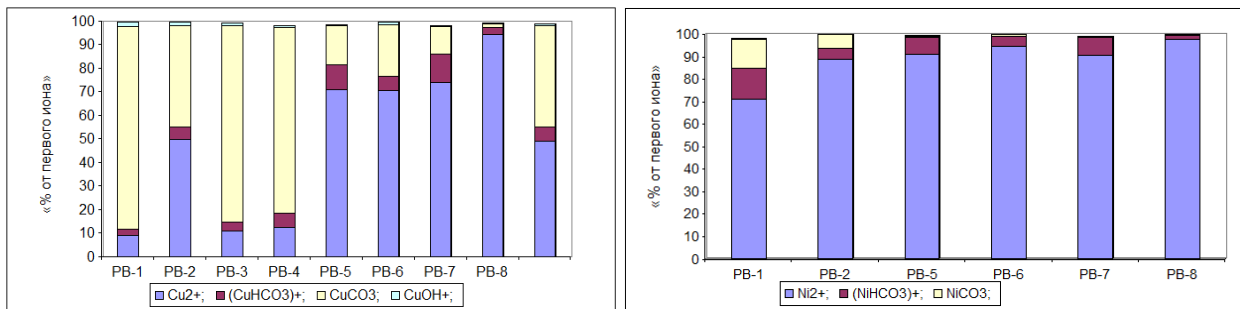


Рис. 2 Основные формы миграции меди (а) и никеля(б)

Кислотно-щелочные условия подземных вод оказывают определяющее значение на миграцию меди. Так с уменьшением величины рН в водах отмечается увеличение доли Cu^{2+} . При рН 5,91 доля Cu^{2+} составляет 94 %, а при рН 7,43 процентное соотношение доли формы миграции двухвалентного иона снижается до 9 % (рис. 3б).

Минерализация вод также оказывает влияние на миграцию меди. При снижении минерализации рассматриваемых вод доля CuCO_3 в водах снижается. Так при величине минерализации 201 мг/л (точка РВ-4) доля CuCO_3 составляет 79 %, а при минерализации 29,81 мг/л (точка РВ-8) доля CuCO_3 снижается до 1,5 % (рис.3а).

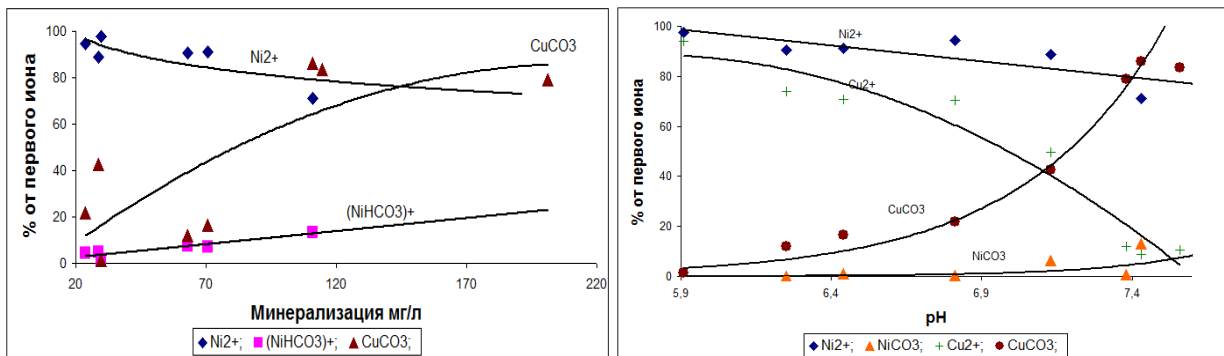


Рис. 3 Зависимость между формами миграции и минерализацией (а) и рН (б)

В рассматриваемых водах преобладающими являются три формы миграции никеля, на долю которых приходится 99,1%. Форма Ni^{2+} в водах преобладает, ее доля составляет 89 %. На долю соединений $(\text{NiHCO}_3)^+$ и NiCO_3 приходится 6,5 % и 3,6 % соответственно (рис.2 б).

Согласно анализу рисунка 3б кислотно-щелочные условия рассматриваемых вод оказывают значительное влияние на формы миграции никеля. В более кислых водах растет процент миграции никеля в форме двухвалентного иона, так при рН 5,91 доля Ni^{2+} составляет 97 %, а при рН 7,43 процент миграции в данной форме снижается до 71 %.

Величина минерализации тоже оказывает влияние на формы миграции никеля. Водам с более низкой минерализацией соответствует более высокая процентная доля формы миграции Ni^{2+} . При минерализации вод 24 мг/л никель мигрирует в форме Ni^{2+} в 94%. При минерализации 111 мг/л доля Ni^{2+} снижается до 71%.

Таким образом, изучен химический состав природных вод района озера Имандра. Рассматриваемые воды от слабокислых до слабощелочных, ультрапресные, очень мягкие, гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Среди рассмотренных форм миграции меди преобладающими являются Cu^{2+} , CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2^-$, $\text{Cu}(\text{OH})^-$, доля которых составляет от 1 % до 49 %. Среди форм миграции никеля преобладающими являются

следующие Ni^{2+} , $(\text{NiHCO}_3)^+$ и NiCO_3 . Установлено, что на соотношение форм миграции никеля и меди значительное влияние оказывают кислотно-щелочные свойства вод и их минерализация

Литература

1. Букаты М. Б. Геоинформационные системы и математическое моделирование. Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПУ, 2009. - 75 с.
2. Кирюхин В. А. Гидрогеохимия: Учеб. для вузов. / В. А. Кирюхин, А. И., Коротков С. Л. Шварцев. - М.: Недра, 1993. - 384с.: ил
3. Геохимия природных вод / В. А. Кирюхин, В. М. Швец // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2010. - № 3. - С. 282-288. - Библиогр.: с. 288
4. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. -М.: Наука, 2004. - 677 с.
5. Перельман А.И. Геохимия природных вод. - М.: Наука, 1982. - 154 с.
6. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. -2-е изд., исправл. и доп. -М.: Недра, 1998. -336с.

ГИДРОГЕОХИМИЯ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОВАНЕНКОВСКО-НУРМИНСКОГО НАКЛОННОГО МЕГАВАЛА (ПОЛУОСТРОВ ЯМАЛ)

К.В.Сесь

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, E-mail: seskv@ipgg.sbras.ru

Аннотация. В пределах нефтегазоносных отложений Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала выявлены подземные воды с минерализацией 3–23 г/дм³, преимущественно хлоридного натриевого состава. Хлоридно-гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые типы воды характерны для апт-альб-сеноманского и неокомского гидрогеологических комплексов. Установлено, что наиболее минерализованными являются воды юрского гидрогеологического комплекса. В неокомском гидрогеологическом комплексе наблюдаются повышенные содержания ионов HCO_3^- и Ca^{2+} . В целом для разреза характерен прямой тип вертикальной гидрогеохимической зональности, который выражается в закономерном увеличении содержания основных солеобразующих макро- и микрокомпонентов с глубиной.

Abstract. Groundwaters with salinity of 3-23 g/dm³ have been discovered within the Bovanenkovsko-Nurminsky tilting megaswell oil-and-gas bearing deposits, with primarily Cl-Na type of water composition. Cl-HCO₃-Na and HCO₃-Cl-Na types of water are typical only for Aptian-Albian-Cenomanian and Neocomian hydrogeological complexes. It is found that groundwaters of the Jurassic hydrogeological complex are the most mineralized. High concentrations of HCO₃⁻ and Ca²⁺ ions are observed in the Neocomian hydrogeological complex. Generally, the normal vertical hydrogeochemical zoning is typical in the section. It is manifested by concentration changing in macro and microcomponent of groundwater with increasing depth.

Гидрогеохимия — это одно из научных направлений гидрогеологии, которая изучает вещественный состав подземных вод, процессы его формирования, историю и миграцию химических элементов в подземной гидросфере [4]. С 50-х годов XX века накоплен огромный фактический материал, отражающий основные особенности геологического строения и гидрогеологии Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна (ЗСНГБ). Большой вклад в изучение гидрогеологических особенностей ЗСНГБ внесли труды Ю.Г. Зимина, А.А. Карцева, А.Э. Конторовича, Н.М. Кругликова, А.Р. Курчикова, Б.Ф. Маврицкого, В.М. Матусевича, А.Д. Назарова, Д.А. Новикова, А.А. Розина, Н.Н. Ростовцева, Б.П. Ставицкого, С.Л. Шварцева и многих других. Их работы были направлены на выявление общих закономерностей гидрогеологического

строения и стратификации бассейна; особенностей распределения подземных вод различного химического и газового состава как в плане, так и в разрезе осадочного чехла, а также на установление генезиса подземных вод [2,3, 5-7].

Несмотря на исследования, проводимые на территории ЗСНГБ, на данный момент полуостров Ямал изучен крайне слабо с гидрогеологической точки зрения. Остаются нерешенными многие фундаментальные вопросы: выявление природы инверсионной вертикальной гидрогеохимической зональности, причин появления аномально высоких пластовых давлений (АВПД); криогенного метаморфизма подземных вод и др. Кроме того, запущена программа по введению в разработку месторождений нефти и газа полуострова Ямал, некоторые из которых уже введены в эксплуатацию (Бованенковское, Новопортовское и др.). В этой связи объектом исследования являются подземные воды нефтегазоносных отложений Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала, где выявлены наиболее крупные месторождения полуострова Ямал: Бованенковское, Харасавейское, Крузенштернское и др.

В тектоническом отношении территория исследования расположена в пределах Карской мегасинеклизы, Южно-Карской мегаседловины, Антипаютино-Тадебяхинской мегасинеклизы. На юге территория граничит с Восточно-Пайхойской моноклизой. (рис. 1). Крупные тектонические элементы осложнены рядом структур более низких порядков. Наиболее крупными из них являются Бованенковско-Нурминский наклонный мегавал, Северо-Гыданский и Ярудейский мегавыступы [2, 3].

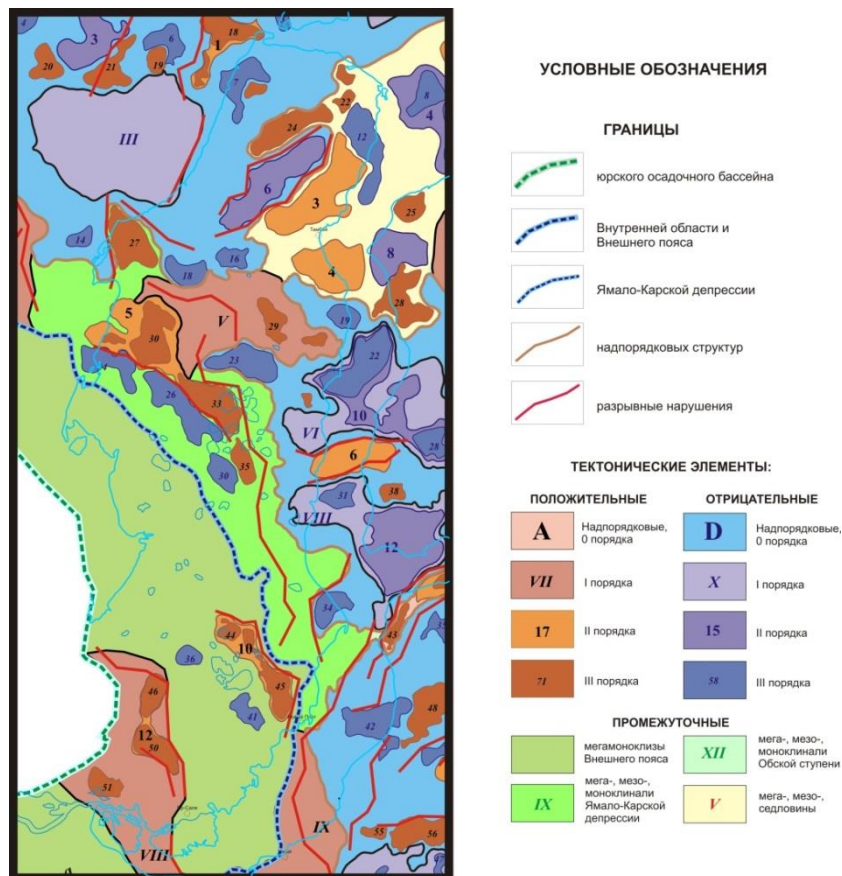


Рис. 1. Фрагмент тектонической карты юрского структурного яруса ЗСНГП [2]

В вертикальном разрезе Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) выделяются два гидрогеологических этажа – верхний, включающий отложения олигоцен-

четвертичного возраста, и нижний, включающий меловые, юрские отложения и образования палеозойского фундамента. Согласно проведенной гидрогеологической стратификации выделяются четыре водоносных комплекса (снизу – вверх): палеозойский, юрский, неокомский и апт-альб-сеноманский [1].

Отличительной гидродинамической особенностью северных и центральной частей полуострова является широкое развитие аномально высоких пластовых давлений (больше 50 МПа).

Детальный анализ гидрогеохимических материалов показал, что в районе Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала доминируют хлоридные натриевые воды, в меньшей мере развиты хлоридно-гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые воды (по С.А. Щукареву). Величина общей минерализации варьирует в пределах от 3 до 23 г/дм³. Построение диаграммы Пайпера (рис. 2а) показало, наличие генетического родства подземных вод различных водоносных комплексов. Практически для всех комплексов характерно преобладание ионов Cl⁻ и Na⁺. Для апт-альб-сеноманского и неокомского водоносных комплексов наблюдается увеличение содержания ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺. Значения содержания ионов Mg²⁺ и SO₄²⁻ минимальны, их вклад в формирование состава подземных вод исследуемой территории незначителен.

Построение диаграммы Шоллера выявило преобладание в юрском гидрогеологическом комплексе высоких содержаний ионов Cl⁻ и Na⁺, в отличие от неокомского комплекса, для которого характерны низкие значения ионов Cl⁻ и Na⁺ и повышенные значения содержания ионов HCO₃⁻ и Ca²⁺ (рис. 2б). Вероятно, это связано с инфильтрационным генезисом последнего.

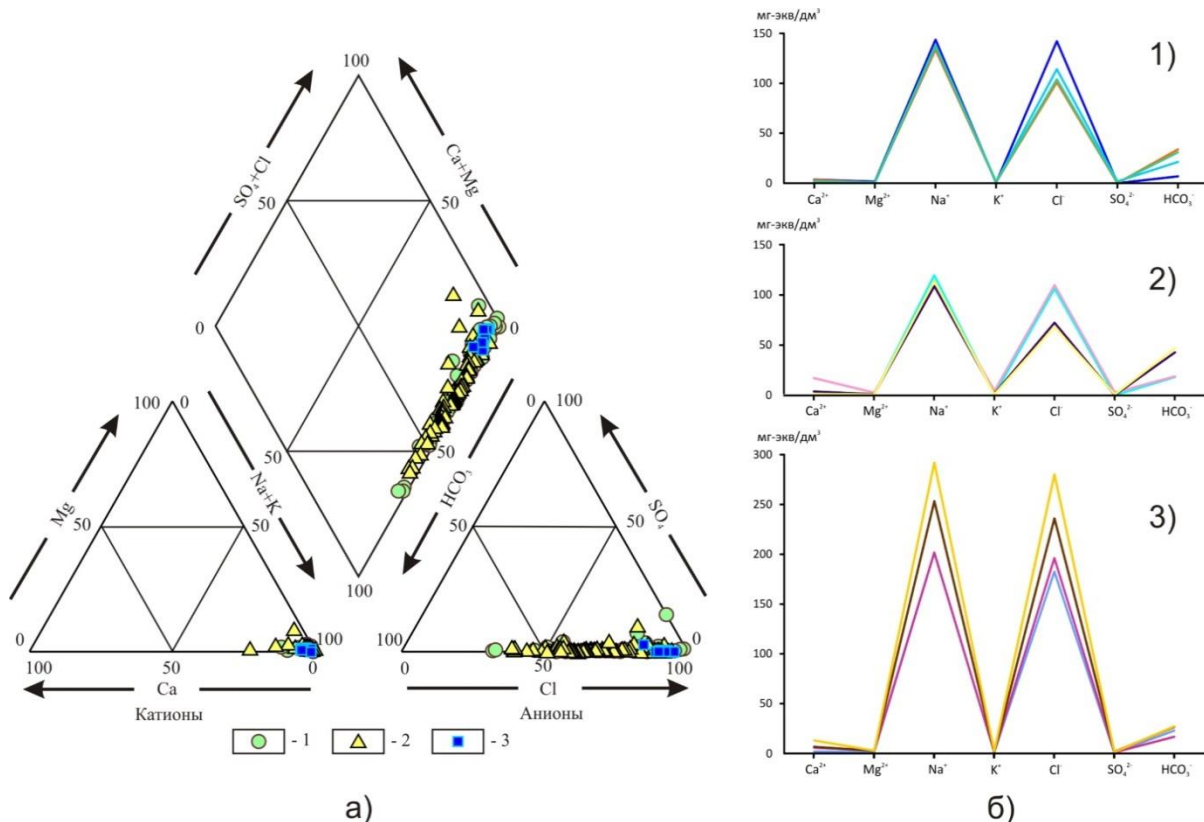


Рис. 2. Диаграммы состава подземных вод нефтегазоносных отложений Бованенковско-Нурминского мегавала: а) диаграмма Пайпера, б) диаграмма Шоллера. Гидрогеологические комплексы: 1- апт-альб-сеноманский; 2- неокомский; 3- юрский.

Величина общей минерализации *юрского* комплекса изменяется от 9 до 23 г/дм³. Среднее значение минерализации составляет 15,8 г/дм³. Для комплекса характерен макрокомпонентный состав (г/дм³): Na⁺+K⁺=5,8; Ca²⁺= 0,15; Mg²⁺= 0,03; SO₄²⁻= 0,06; Cl⁻= 8,5; HCO₃⁻= 1,3; микрокомпонентный состав (мг/дм³): Γ= 31,8; Br⁻= 22,4; B⁺= 5,5; NH₄⁺= 20,8; SiO₂= 35,8; F⁻= 1,6. Преобладают Cl-Na тип вод.

В пределах *неокомского* гидрогеологического комплекса величина общей минерализации изменяется от 2,6 до 21 г/дм³, среднее значение составляет 7,9 г/дм³. Для комплекса характерен следующий макрокомпонентный состав (г/дм³): Na⁺+K⁺=2,7; Ca²⁺= 0,06; Mg²⁺= 0,01; Cl⁻= 3,1; SO₄²⁻= 0,04; HCO₃⁻= 2,0; и микрокомпонентный состав (мг/дм³): Γ= 7,6; Br⁻= 17,2; B⁺= 5,5; NH₄⁺= 12,5; SiO₂= 32,4; F⁻= 6,8. Доминирует Cl-Na тип вод, реже встречаются воды Cl-HCO₃-Na и HCO₃-Cl-Na составов.

Для *апт-альб-сеноманского* водоносного комплекса характерны средние значения концентраций макрокомпонентов (г/дм³): Na⁺+K⁺=3,2; Ca²⁺= 0,06; Mg²⁺= 0,02; Cl⁻= 4,0; SO₄²⁻= 0,03; HCO₃⁻= 1,6; средние значения концентраций микрокомпонентов следующие (мг/дм³): Γ= 5,1; Br⁻= 18,8; B⁺= 16,5; NH₄⁺= 8,0; SiO₂= 24,2; F⁻= 2,8. Разброс значений общей минерализации составляет от 3 до 19 г/дм³, в среднем - 9 г/дм³. Наиболее соленые воды более 15 г/дм³ приурочены к Среднеямальскому, Арктическому и Нейтинскому месторождениям. Преобладают воды Cl-Na состава, реже встречаются Cl-HCO₃-Na и HCO₃-Cl-Na.

Таким образом, установлено, что в пределах нефтегазоносных отложений Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала развиты солоноватые и соленые подземные воды с величиной общей минерализации от 3 до 23 г/дм³. Выявлен прямой тип вертикальной гидрогеохимической зональности: с глубиной наблюдается закономерное увеличение содержания основных солеобразующих макро- и микрокомпонентов. Установлено, что наиболее минерализованными являются воды юрского гидрогеологического комплекса. Анализ гидрогеохимических материалов показал, что в пределах Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала преобладает хлоридный натриевый тип вод; хлоридно-гидрокарбонатные натриевые и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые типы воды (по С.А. Щукареву) встречаются реже.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области)// М.: Недра, 1970. 368 с.
2. Конторович А.Э. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов и др. // М.: Недра, 1975. 680 с.
3. Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. Тектоническое строение и история развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое // Геология и геофизика. 2001. Т.42. № 11-12. С. 1832-1845.
4. Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия: учеб. для вузов / Крайнов С.Р., Швец В.М.// М.: Недра, 1992. 463 с.
5. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / В.М. Матусевич // М.: Наука, 1976. 157 с.
6. Новиков Д.А. Перспективы нефтегазоносности среднеюрских отложений полуострова Ямал по гидрогеологическим данным // Геология нефти и газа. 2013. № 6. С. 65-74
7. Ставицкий Б.П., Курчиков А.Р., Конторович А.Э., Плавник А.Г. Гидрохимическая зональность юрских и меловых отложений Западно-Сибирского бассейна // Геология и геофизика. 2004. Т.45. № 7-С. 826-832.

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА ОЗЕРА ПОЯНХУ (КИТАЙ)

Е.А. Солдатова

Научный руководитель профессор С.Л. Шварцев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: 2a61@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены данные об изотопном составе (δD , $\delta^{18}O$) подземных вод водосборного бассейна оз. Поянху. По соотношению изотопов δD и $\delta^{18}O$ определен генезис исследуемых вод, а также проанализировано возможное влияние испарительного концентрирования на формирование их состава.

Abstract. In the article data about isotopic composition (δD , $\delta^{18}O$) of the Poyang Lake catchment groundwater is presented. Based on δD and $\delta^{18}O$ isotopes correlation genesis of the investigated groundwater and influence of evaporation to the groundwater composition are identified.

Вопросы генезиса и формирования химического состава подземных вод бассейна оз. Поянху весьма актуальны в связи с особенностями экосистемы бассейна, на функционирование которой оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы, основным из которых является сельскохозяйственная деятельность с применением обводнения обширных территорий в связи с выращиванием риса и других культур. Следует также отметить, что неглубоко залегающие подземные воды используются населением для питьевых и хозяйственно-бытовых целей. В этой связи выяснение факторов их формирования и источников восполнения запасов приобретает особую важность. В данной статье рассмотрены вопросы генезиса подземных вод бассейна оз. Поянху, а также некоторые аспекты формирования их состава, связанные с процессами испарительного концентрирования, а также их возможной взаимосвязью с поверхностными водами.

Гидрогеохимическое опробование на территории водосборной площади оз. Поянху осуществлялось в октябре 2013 г. и марте 2014 г. Объектом исследования являлись неглубоко залегающие подземные воды, отобранные из бытовых колодцев и скважин и представляющие собой главным образом грунтовые воды. Для определения содержания изотопов δD и $\delta^{18}O$ отбирали 100 мл воды в стерильные непрозрачные емкости. Аналитические работы были проведены в лаборатории Восточно-Китайского Технологического Института (г. Наньчан, Китай) с помощью изотопного масс-спектрометра с анализатором элементов TC/EA-IRMS (Finnigan MAT 253, Thermo Scientific). Изотопное отношение D/H определялось методом сжигания пробы при температуре 1350 °C, погрешность метода составляет $\leq 2\%$. Определение изотопного отношения $^{18}O/^{16}O$ проводилось при температуре 25 °C после добавления 0,1% раствора CO_2 и выдерживания 20 ч до состояния равновесия, погрешность метода $\leq 2\%$. Полученные данные (таблица) приведены относительно Венского стандарта среднеокеанической воды (V-SMOW).

Содержание δD изменяется от -21,5 до -42,6 ‰ (таблица). Содержание $\delta^{18}O$ в грунтовых водах водосборного бассейна оз. Поянху варьируются в пределах от -3,5 до -7,1 ‰, что лишь несколько отличается от содержания $\delta^{18}O$, приведенных Г. Крейгом и Л. Гордоном для атмосферных осадков, формирующихся в приповерхностном слое морей и океанов тропических и субтропических областей (0 – -5 ‰) [4].

Корреляционная зависимость между содержанием стабильных изотопов дейтерия и кислорода-18 позволяют определить возможное происхождение природных вод и оценить вклад различных процессов в формирование их химического состава. Так

Г. Крейг [3] впервые установил зависимость между содержаниями δD и $\delta^{18}O$ для атмосферных осадков, называемую глобальной линией метеорных вод или прямой Крейга (1):

$$\delta D = 8\delta^{18}O + 10\text{‰}, \quad (1)$$

где 10‰ – это параметр d (*excess parameter*), определяющий избыток дейтерия в атмосферных осадках по сравнению с его количеством в равновесном процессе, где $d=0$ [2]. Однако тангенс угла наклона прямой, выражающейся уравнением (1), и параметр d могут несколько варьироваться в зависимости от удаленности источника формирования водяного пара от места выпадения осадков, температуры и других факторов. Поскольку уравнение (1) справедливо только при усреднении среднегодовых данных об изотопном составе δD и $\delta^{18}O$ атмосферных осадков по различным районам земного шара, поэтому часто необходимо вводить региональные коэффициенты [2].

Таблица

Изотопный состав (δD , $\delta^{18}O$) подземных вод водосбора оз. Поянху, ‰

Номер пробы	δD	$\delta^{18}O$	Номер пробы	δD	$\delta^{18}O$
P2	-29,1	-3,5	P37	-42,1	-6,3
P7	-37,2	-6,1	P38	-41,2	-5,3
P8	-37,4	-6,1	P39	-34,4	-6,6
P9	-29,1	-5,1	P42	-39,4	-6,7
P10	-38,2	-6,2	P43	-39,0	-6,8
P11	-37,5	-6,2	P44	-32,8	-5,2
P12	-29,6	-5,8	P45	-26,8	-4,5
P13	-38,0	-6,5	P46	-28,7	-5,0
P14	-25,5	-4,6	P47	-40,0	-6,9
P15	-21,5	-3,7	P48	-35,3	-6,3
P16	-29,5	-4,6	P49	-37,1	-6,4
P17	-30,4	-4,3	P50	-37,2	-6,5
P18	-34,6	-5,5	P51	-42,6	-7,1
P19	-32,4	-5,3	P52	-39,7	-6,8
P20	-29,6	-4,9	P53	-38,9	-6,7
P24	-39,2	-6,4	P54	-30,4	-5,1
P25	-30,2	-5,8	P56	-35,4	-6,3
P27	-32,2	-5,9	P57	-25,0	-4,7
P28	-28,9	-5,8	P59	-35,3	-6,2
P29	-34,9	-6,8	P60	-34,0	-6,0
P30	-31,3	-5,6	P61	-31,4	-6,3
P32	-32,2	-6,2	P63	-28,2	-5,6
P33	-30,3	-5,9	P64	-31,8	-5,3
P34	-32,3	-6,0	P65	-29,6	-4,6
P35	-36,4	-6,3	P66	-30,3	-5,4
P36	-35,0	-6,2	P67	-32,7	-5,7

Соотношение изотопов дейтерия и кислорода-18 в исследуемых подземных водах оценивалось на основе уравнения Г. Крейга, модифицированного для регионов со среднегодовой температурой менее $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и с учетом удаленности района исследований от океана, как основного источника формирования водяного пара, по

эмпирической зависимости, приведенной в работах [1, 2]. Исходя из этих данных, уравнение получило следующий вид:

$$\delta D = 8\delta^{18}O + 9,83\text{‰} \quad (2)$$

Также при изучении генезиса грунтовых вод учитывалось положение локальной прямой метеорных вод, полученное для области распространения термальных источников Лушань [7, 8, 10], которая располагается в непосредственной близости от района исследований к северо-западу от оз. Поянху и к юго-востоку от г. Лушань:

$$\delta D = 7,16\delta^{18}O + 8,88\text{‰}, (R^2 = 0,98) \quad (3)$$

Локальная линия метеорных вод хорошо аппроксимирует точки, соответствующие содержаниям δD и $\delta^{18}O$ в подземных водах водосборного бассейна оз. Поянху (рис. 1).

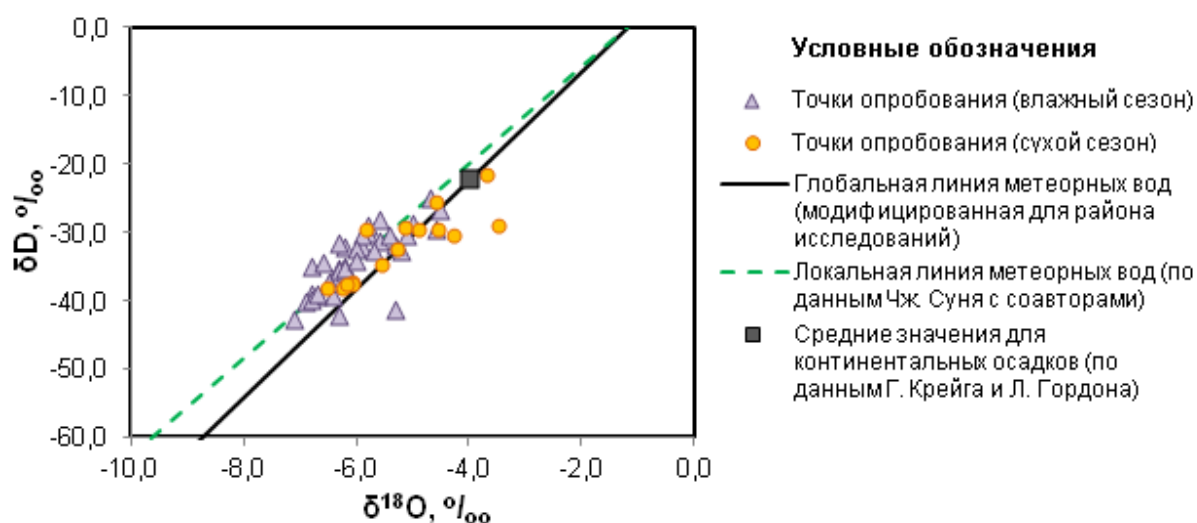


Рис. 1. Зависимость содержания изотопов $\delta^{18}O$ от δD с нанесением данных по химическому составу исследуемых вод

Также содержания изотопов δD и $\delta^{18}O$ в подземных водах водосборного бассейна оз. Поянху близки к средним значениям, рассчитанным для континентальных осадков Г. Крейгом и Л. Гордоном [4], но несколько обеднены по сравнению с ними тяжелыми изотопами (рис. 1). Это может быть связано с большим количеством выпадающих осадков, поскольку установлено, что содержание изотопов δD и $\delta^{18}O$ зависит от объема выпадающих осадков («количественный эффект») – чем больше на территории выпадает атмосферных осадков, тем сильнее они обеднены тяжелыми изотопами [5, 9].

Стоит отметить, что пробы, отобранные во время сухого сезона несколько больше обогащены тяжелыми изотопами кислорода и водорода, чем воды, отобранные в начале влажного сезона. Это можно объяснить разницей в величине осадков и испарения в разные сезоны года. Во время сухого сезона суммарная испаряемость обычно превышает количество осадков. В результате испарения в процессе инфильтрации через зону аэрации атмосферные осадки обогащаются $\delta^{18}O$, соответственно увеличивается и содержание тяжелых изотопов кислорода в подземных водах. Таким образом, обогащение грунтовых вод тяжелыми изотопами кислорода и связанные с этим редкие отклонения от линии метеорных вод, вероятно, вызваны влиянием испарительного концентрирования на формирование химического состава подземных вод в течение сухого сезона [2]. В начале влажного сезона, количество осадков резко увеличивается, в результате чего происходит обеднение подземных вод тяжелыми изотопами кислорода и водорода. Однако и среди проб, отобранных во влажный

период, встречаются воды, обогащенные тяжелыми изотопами кислорода и водорода. В этом случае отклонение от линии метеорных вод может объясняться тесной взаимосвязью подземных вод с поверхностными, которые подвержены более интенсивному испарению и, как следствие, обогащены тяжелыми изотопами [6]. При этом поверхностные воды в данном случае могут быть представлены как водоемами и водотоками, так и водой, используемой для обводнения рисовых полей, которая может просачиваться в водоносный горизонт. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения изотопного состава поверхностных вод в исследуемом районе.

Таким образом, можно заключить, что подземные воды водосборного бассейна оз. Поянху имеют метеорное происхождение. Влияние испарительного концентрирования на процессы их формирования незначительно и проявляется, главным образом во время сухого сезона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-05-31267) и Государственного задания «Наука» № 5.1931.2014/К.

Литература

1. Поляков В.А., Колесникова Л.Н. Некоторые региональные аспекты формирования изотопного состава атмосферных осадков // Тезисы докладов VII Всесоюзного симпозиума по стабильным изотопам в геохимии. М.: ГЕОХИ, 1978. С. 148–149.
2. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы земли. М.: Научный мир, 2009. 632 с.
3. Craig H. Isotopic variations in meteoric water // Science, 1961. Vol. 133. P. 1702–1703.
4. Craig H., Gordon L. Deuterium and oxygen-18 variations in ocean and marine // Stable Isotopes in Oceanographic Studies and Paleotemperatures. Spoleto, 1965. P. 9–130.
5. Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation // Tellus, 1964. Vol. 19. P. 435–463.
6. Gonfiantini R., Gratzini S., Tongiorgi E. Environmental isotope hydrology in the Bodna region, Algeria // Isotope Techniques in Groundwater Hydrology. Proc. Symp. IAEA. 1974. Vol. 1. P. 293–316.
7. Sun Z., Li X. Studies of geothermal waters in Jiangxi Province using isotope techniques // Science in China (Series E), 2001. Vol. 44. P. 144–150.
8. Sun Z., Liu J., Gao B. Hydrogeochemistry and direct use of hot springs in Jiangxi Province, SE-China [Электронный ресурс] // Proceedings World Geothermal Congress; Bali, Indonesia, 25–29 April 2010. Режим доступа: <http://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAstandard/WGC/2010/2807.pdf>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 18.07.2015).
9. Yurtsever Y., Gat J.R. Stable isotopes in atmospheric waters // Stable isotope hydrology / Eds. J.R. Gat and R. Gonfiantini. Vienna: IAEA, 1981. P. 103–142.
10. Zhou W., Sun Z., Li X., Shi W. Studies of geothermal background and isotopic geochemistry of thermal waters in Jiangxi Province : China Nuclear Science and Technology Report : CNIC-01104. Beijing: China Atomic Energy Press, 1996. – 25 p.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЦОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО)

Т.С. Спиридонов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: tim3899@yandex.ru*

Аннотация. Ачимовский нефтегазоносный комплекс в Надым-Пурской нефтегазоносной области Западной Сибири в настоящее время является главным и наиболее сложным объектом поисково-разведочных работ и разработки. Много работ опубликовано по корреляции разрезов ачимовской толщи с учетом материалов сейсморазведки, по её геологическому строению, но недостаточно изучены литологические свойства пород. Этому вопросу посвящена данная работа.

Для выявления перспективных зон нефтегазоаккумуляции в ачимовских отложениях необходимо изучение условий их формирования и литологических закономерностей строения. Для получения наибольшего объема информации о литологических особенностях пород-коллекторов были проведены лабораторные исследования керн: минералогические и гранулометрические, текстурный и стадильный анализы, определены обстановки седиментации, которые позволили выявить закономерности строения продуктивной ачимовской толщи.

Abstract. The achimovsky oil and gas complex in Nadym-Pursky oil and gas area of Western Siberia is the main and most difficult object of search and estimated works and development now. Many works are published on correlation of cuts of achimovsky thickness taking into account seismic exploration materials, on its geological structure, but lithologic properties of breeds are insufficiently studied. This work is devoted to this question.

For identification of perspective zones of oil and gas accumulation in achimovsky deposits studying of conditions of their formation and lithologic regularities of a structure is necessary. For obtaining the greatest volume of information on lithologic features of breeds collectors laboratory researches of a core were conducted: mineralogical and granulometric, the textural and stadial analysis, defined of situations of sedimentation, which allowed to reveal regularities of a structure of productive achimovsky thickness.

Объектом исследования являются терригенные породы ачимовской толщи Восточно-Уренгойской зоны Западной Сибири, которая протягивается с севера на юг от Северо-Уренгойского до Западно-Таркосалинского месторождения на расстояние 200 км и имеет ширину 100–120 км от Северо-Уренгойского до Тазовского месторождения на севере и от Юбилейного до Усть-Ямсовейского месторождения на юге [1].

Целью работы было изучение литологических особенностей строения ачимовской толщи Песцового месторождения и определение фациальной принадлежности этих отложений.

В геологическом строении района принимают участие терригенные отложения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла и интенсивно метаморфизованные и дислоцированные образования палеозойского складчатого фундамента. Отложения ачимовской толщи входят в состав нижнего мела сортымской свиты. Нижнемеловые отложения на территории Западно-Сибирской плиты развиты повсеместно. Слагая значительную часть платформенного чехла, они согласно залегают на породах юры и всюду согласно перекрываются образованиями верхнего мела.

Нижний мел сложен в основном сероцветными терригенными породами: глинами (в том числе плотными аргиллитоподобными), алевролитами и песчаниками. Нередко они тонко переслаиваются, образуя глинисто-алевритовые пачки, местами содержат

маломощные прослои известняков, бурых углей, а по окраинам равнины – прослои и линзы гравийно-галечных пород и мелкогалечных конгломератов. Иногда встречаются глины, в отдельных пачках битуминозные.

Исследуемая площадь приурочена к отрицательной структуре – Большехетской мегасинеклизе. Она находится севернее Нерутинской мегавпадины (размером 110x55 км), вблизи разлома, простирающегося в субмеридианальном направлении (размером 82,5 км), в пределах Песцового вала, представленного тремя куполами [4].

Месторождения Песцовой площади, совместно с Уренгойским, Ен-Яхинским и рядом других месторождений, составляют Большой Уренгой. В разрезе месторождений Большого Уренгоя выделено три этажа газоносности. Верхний этаж – сеноманские залежи, залегающие на глубине 1030–1280 м, средний этаж – нефтегазоконденсатные залежи нижнего мела, образующие по площади самостоятельные месторождения, глубина залегания 1700–3340 м и третий этаж – глубокозалегающий комплекс, сложенный ачимовскими и юрскими отложениями [1].

Ачимовские отложения – единый глинистый массив, включающий песчаные тела клиноформного типа, характеризующийся как гидродинамическая система закрытого типа. Коллекторы изменчивы, порового и порово-трещиноватого типа с широким диапазоном изменения проницаемости, характером насыщения: газ, конденсат, нефть, вода. Глубина залегания ачимовской толщи 3472–3687 м. Песцовое месторождение в соответствии со схемой гидрогеологического районирования территории Западной Сибири, располагается в Обском суббассейне Западно-Сибирского артезианского бассейна [3].

В разрезе месторождения, по аналогии с сопряженными районами, выделяются следующие водоносные комплексы: палеозойский (породы фундамента и кора выветривания), юрский (тюменская и васюганская свиты), меловой (куломзинская, тарская, киялинская, алымская и покурская свиты), палеоген-четвертичный.

Разделяющие их региональные водоупоры сложены аргиллитами низов тюменской свиты, глинисто-аргиллитовыми породами баженовской свиты верхней юры, глинами кузнецовской и березовской свит верхнего мела, а также глинами талицкой свиты палеоцена и люлинворской свиты эоцена. В целом водовмещающие комплексы и водоупорные толщи регионально выдержаны по толщине и литологии [3].

Литологические характеристики пород ачимовской толщи были изучены по 50 шлифам и керну трех скважин в интервале 3502–3741,5 м. Для определения петротипов пород выполнен гранулометрический анализ и количественно-минералогический подсчет с вынесением результатов на тройную классификационную диаграмму В.Н. Шванова.

В результате исследования шлифов были выделены следующие петротипы пород: песчаник граувакковый кварцевый, песчаник аркозовый, песчаник мезомиктовый, алевролит полимиктовый и аргиллит. Для пород характерно развитие цементов кальцитового, глинистого, кремнисто-хлоритового, глинисто-гидрослюдистого, железистого и смешанного состава. В песчаниках преобладают такие типы цементов как пленочный, коррозионный, базальный, пойкилитовый, поровый закрытый, поровый открытый, агрегатный, регенерационный. В алевролитах: базальный, поровый открытый, коррозионный. В песчаниках широко развиты конформные и инкорпорационные типы межзерновых контактов. Эти и другие признаки, выявленные при детальном макро- и микроскопическом изучении пород, свидетельствуют о том, что их формирование происходило на поздней стадии катагенеза.

Кроме этого, был проведен анализ текстур образцов керна, который имеет важное значение для понимания механизма формирования осадочных геологических

образований, процессов их литификации и преобразования как в момент диагенеза осадка, так и в постдиагенетическую стадию. Определение текстур проводилось с использованием «Сводной классификационной схемы осадочных текстур» О.С. Черновой (2006) [7]. При исследовании керн Песцового месторождения диагностированы текстуры:

синседиментационные: массивная, беспорядочная, горизонтально-слоистая, волнистая, пологоволнистая, косоволнистая, брекчиевидная (интракластовая);

биогенные: биотурбации;

постседиментационные (деформационные): конволютная, оползневая, внедрения, шаровая, подушечная, оплывания и взмучивания.

Преобладание текстур деформации в разрезе скважин, а также их определенная последовательность позволили найти существенное сходство их строения с существующими стандартными текстурными схемами [5], предложенными для песчаных (цикл Боума) и глинисто-алевритовых (последовательность Стоу) турбидитов. Выделены три типа разрезов турбидитов: осадки проксимальных высокоплотных турбидитов, для которых характерны песчаники массивные, часто с включениями неокатанных обломков аргиллита; осадки медиальных низкоплотных турбидитов, особенностью которых является наличие горизонтально-слоистых песчаников, песчаников с косой и запутанно-волнистой (конволютной) слоистостью, тонких песчаников и алевролитов с параллельной слоистостью и осадки дистальных низкоплотных турбидитов и гемипелагической седиментации, характеризующиеся переслаиванием алевролитов и аргиллитов с преобладанием последних.

На основании анализа литературы и согласно проведенным исследованиям, сделан вывод, что терригенные породы ачимовской толщи относятся к фациям турбидитов и, соответственно, отвечают глубоководно-морским условиям седиментации. Выполненная корреляция турбидитовых фаций по разрезам трех скважин позволила выделить составные части турбидитного потока и его ориентировку на местности.

Придерживаясь клиноформной модели строения берриас-нижнеаптских отложений Западной Сибири [5], куда входит и ачимовская толща, можно предположить, что данный конус выноса подводного мутьевого потока является составной частью одной из клиноформ.

Литература

1. Анализ юрских и неокомских отложений Песцового, Ен-Яхинского месторождений и прилегающих структур на основе биостратиграфии и литогеохимии: Отчет о НИР / Томский государственный университет; Отв. исполнитель Г.М. Татьяна. Томск: 2004. Книга I-160 с.
2. Бетхер О.В., Вологодина И.В. Осадочные горные породы. Систематика и классификации. Примеры описания: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2012.–170 с.
3. Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири / А.А. Нежданов, В.А. Пономарев, Н.А. Туренков и др. М.: Изд. Академии горных наук, 2000.–246 с.
4. Гурари Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ неокомских отложений Западно-Сибирской плиты (история становления представлений). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003.–140 с.
5. Курчиков А.Р., Бородкин В.Н., А.В. Храмцова. Условия формирования и атлас текстур пород ачимовского клиноформного комплекса севера Западной Сибири. Зап.-Сиб. фил. Ин-та нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, ОАО «СибНАЦ». Новосибирск: Изд. СО РАН, 2010.–130 с.
6. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988.–309 с.
7. Стоу Д.В. Морские глубоководные терригенные отложения / Обстановки осадконакопления и фации. М.: Мир, 1990.–194 с.

8. Чернова О.С. Роль и место текстурного анализа в прогнозе обстановок седиментации / Актуальные вопросы литологии и седиментологии: Мат-лы школы-семинара. Томск: Дельтаплан, 2007.–134 с.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ИЗ ДРЕНАЖНОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЛАГЕРНОМ САДУ (ТОМСК)

Е.И. Стародубцева, А.Г. Гридасов, В.Д. Покровский
Научный руководитель профессор Е.М. Дутова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: a.star0209@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты химического анализа подземных вод, отобранных из скважин вертикального дренажа в горной выработке Лагерного сада города Томска. Средствами ПК HydroGeo выполнена оценка форм миграции химических элементов.

Abstract. The article presents the results of chemical analysis of groundwater from wells of vertical drainage in mines Lagernyy garden city of Tomsk. By means HydroGeo estimated migration forms of chemical elements.

Природные условия города Томска в совокупности с техногенными факторами обуславливают развитие опасных экзогенных процессов [3]. Наиболее выражены данные процессы на правобережном склоне долины реки Томь, в районе мемориально-паркового комплекса Лагерный сад [2].

Лагерный Сад расположен в южной части Томска и включает в себя участок берегового склона р. Томи, протягивающийся от Коммунального моста до ул. 19-ой Гвардейской Дивизии. На этой территории наблюдалось интенсивное развитие оползневых процессов, овражной эрозии и плоскостного смыва. Своеобразие гидрогеологических условий здесь проявляется в виде многочисленных участков разгрузки подземных вод, что в сочетании с геологическим строением и особенностями рельефа обуславливает активность склоновых процессов [4, 5].

Развитие оползней является следствием нарушения равновесия между силами, сдвигающими и удерживающими массив пород. Данное нарушение может быть вызвано увеличением крутизны склона, ослаблением прочности пород при переувлажнении, сейсмическим воздействием, а также нерациональной хозяйственной деятельностью. На склоне Лагерного сада имеет место сочетание ряда факторов, таких как размыв подножия склона водами Томи, а также природное и техногенное переувлажнение массива слагающих склон пород. Для обеспечения устойчивости склонов, с целью снижения степени опасности для объектов городской инфраструктуры, был разработан комплексный проект противооползневых мероприятий на рассматриваемой территории, который предусматривает: вышаживание и укрепление склона, отвод поверхностных вод и проходку дренажной горной выработки для осушения пород, подверженных размоканию. Согласно проекту, дренажная горная выработка (ДГВ) пройдена на глубине до 45 м и имеет длину 2200 м при поперечном сечении устьевой части $12,8 \text{ м}^2$ [2]. С дневной поверхности в ствол ДГВ пробурены скважины вертикального дренажа, водоприёмные части которых оборудованы в наиболее проницаемых зонах разреза. Подземные воды, перехваченные дренажными скважинами, разгружаются в водоотливную канавку на дне выработки, по которой сбрасываются в реку Томь. В результате выполненных мероприятий, развитие склоновых процессов в районе Лагерного сада удалось остановить.

В настоящее время проект ДГВ реализован на 80%, успешному завершению строительства препятствует аварийная ситуация, связанная с обрушением железобетонной крепи на одном из участков. Причины разрушения железобетонных конструкций штольни нуждаются в изучении. Одним из компонентов подземной среды, воздействующим на конструкции ДГВ являются подземные воды. Опробование подземных вод на участке и оценка их агрессивности к бетону выполнялись на стадии изысканий, но в ходе 20-ти лет эксплуатации ДГВ изучений состава и свойств подземных вод не проводилось. В свете обозначенной проблематики, целью данной работы является изучение химического состава и свойств вод из ДГВ Лагерного сада.

Летом 2015 года сотрудники кафедры ГИГЭ обследовали ДГВ под руководством геолога ОАО «Томскгеомониторинг» Нестерова Анатолия Васильевича. В ходе обследования проведен визуальный осмотр состояния горной выработки, выполнены замеры температуры и расхода воды из скважин вертикального дренажа, отобраны пробы. Химико-аналитические исследования проб воды были проведены в аккредитованной лаборатории научно-образовательного центра «Вода» (НИ ТПУ) по сертифицированным методикам. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав воды

№ пробы	рН	Концентрация макрокомпонентов, мг/л							Минерализация, мг/л	ОЖ, мг-экв/л
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
СФ1А	7,6	427	60	39	146	19,5	9,5	0,65	701,65	8,90
СФ3А	7,6	454	89	55,5	173	23,2	12	0,66	807,36	10,55
СФ12	7,6	454	42	56	152	16	38	0,8	758,8	8,91
СФ27	7,4	451	52	35	153	19	11,7	0,69	722,39	9,21
СФ12	7,45	433	50	40	140	19	16	1	699	8,56
СФ30	7,8	464	47	28	150	17,7	11,2	0,76	718,66	8,95

Согласно результатам лабораторных анализов, все пробы воды, отобранные в ДГВ Лагерного сада, имеют схожий состав и свойства. В целом, воды являются гидрокарбонатными кальциевыми, пресными с минерализацией от 699 до 822 мг/л, слабощелочными (рН 7,3–7,8), преимущественно жесткими. Преобладающим катионом в них является кальций.

На основании полученных данных выполнено исследование форм миграции макрокомпонентов подземных вод. Расчеты выполнялись с использованием программного комплекса HydroGeo [1], разработанного профессором кафедры ГИГЭ М.Б. Букаты. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Соотношение форм миграции химических элементов в подземных водах, %

Компоненты	№ проб					
	СФ1А	СФ3А	СФ12А	СФ27А	СФ12А	СФ30А
Na ⁺	99,0656	98,9681	98,9509	99,0259	99,0769	98,9768
NaHCO ₃	0,836194	0,900749	0,962254	0,893103	0,840206	0,929074
Na ₂ CO ₃	6,87444E-7	9,26298E-7	3,14486E-6	5,69034E-7	8,24377E-7	1,4248E-6
(NaCO ₃) ⁻	0,0187505	0,0203887	0,0217099	0,0126673	0,0133291	0,0330492
Na ₂ SO ₄	2,25062E-5	3,88476E-5	6,11935E-5	2,35045E-5	3,19719E-5	2,0616E-5
(NaSO ₄) ⁻	0,0652127	0,090836	0,0448763	0,055584	0,0549162	0,0508003
NaHSO ₄	7,50765E-8	1,03598E-7	5,13483E-8	1,01169E-7	8,93638E-8	3,68666E-8
NaCl	0,0142148	0,019894	0,0201824	0,0127015	0,0145987	0,0101837
Mg ²⁺	93,4982	92,6093	93,6243	93,777	93,9114	93,2769
Mg(HCO ₃) ₂	0,15174	0,168722	0,199607	0,172433	0,154957	0,186589

(MgHCO ₃) ⁺	3,52135	3,63342	4,02525	3,74588	3,57984	3,89429
(Mg(CO ₃) ₂) ²⁻	0,00091883	0,00106078	0,00123868	0,00041981	0,000469014	0,00284865
MgCO ₃	0,466592	0,47694	0,530102	0,312397	0,336033	0,817056
MgSO ₄	2,2845	2,99135	1,5426	1,92978	1,94901	1,76804
(Mg(SO ₄) ₂) ²⁻	0,0319976	0,0606187	0,0152378	0,023272	0,0229206	0,0193772
(MgHSO ₄) ⁺	2,14834E-7	2,83961E-7	1,45958E-7	2,88334E-7	2,58724E-7	1,05004E-7
Mg(HSO ₄) ₂	3,05456E-16	5,57337E-16	1,41939E-16	5,5254E-16	4,3774E-16	7,33675E-17
MgCl ⁺	0,0410929	0,0550882	0,0579562	0,0365705	0,0426989	0,0293028
MgCl ₂	7,53109E-5	0,000141351	0,000150811	5,98989E-5	8,03449E-5	3,85027E-5
Mg(OH) ₂	8,76913E-12	8,2396E-12	8,60366E-12	3,4591E-12	4,45381E-12	2,18672E-11
MgOH ⁺	0,00355454	0,00337154	0,00350907	0,00222777	0,00254842	0,00559794
Ca ²⁺	92,4665	91,5651	92,176	92,7797	93,0058	91,5301
(CaHCO ₃) ⁺	4,0716	4,23749	4,70964	4,37811	4,13918	4,52208
Ca(HCO ₃) ₂	0,30643	0,343668	0,407892	0,351989	0,312922	0,378417
(Ca(CO ₃) ₂) ²⁻	0,00294006	0,00342361	0,00401069	0,00135786	0,00150073	0,00915408
CaCO ₃	1,13718	1,17245	1,30735	0,769622	0,818972	1,99986
(Ca(SO ₄) ₂) ²⁻	0,0257324	0,0491707	0,0124	0,0189179	0,0184324	0,0156498
CaSO ₄	1,95827	2,58633	1,33805	1,67212	1,67067	1,52204
Ca(HSO ₄) ₂	5,96665E-17	1,09809E-16	2,80559E-17	1,091E-16	8,55053E-17	1,43926E-17
(CaHSO ₄) ₊	8,44184E-8	1,12546E-7	5,80363E-8	1,14527E-7	1,01664E-7	4,14377E-8
CaCl ₊	0,0311126	0,0420694	0,0444027	0,0279885	0,0323282	0,022281
CaCl ₂	1,28152E-5	2,42607E-5	2,59679E-5	1,0303E-5	1,36716E-5	6,57978E-6
CaOH ₊	0,000266002	0,000254488	0,000265725	0,00016852	0,000190707	0,000420711
Ca(OH) ₂	6,20069E-12	5,87661E-12	6,15609E-12	2,47244E-1	3,14927E-12	1,55286E-11
K ⁺	98,9271	98,7806	98,8593	98,9029	98,9579	98,87
KHCO ₃	0,856526	0,921474	0,985169	0,914475	0,860732	0,951488
K ₂ CO ₃	5,70114E-8	6,15943E-8	8,01712E-8	4,06453E-8	6,24653E-8	1,17145E-7
(KCO ₃) ⁻	0,0102918	0,0111767	0,0119103	0,0069502	(0,00731693	0,0181367
(KSO ₄) ⁻	0,203479	0,283068	0,139956	0,17337	0,17137	0,158479
K ₂ SO ₄	5,75088E-6	7,95907E-6	4,80652E-6	5,17286E-6	7,46433E-6	5,22255E-6
KHSO ₄	3,48115E-9	4,7975E-9	2,37976E-9	4,68924E-9	4,1441E-9	1,70912E-9
KCl	0,00260061	0,003635	0,00369059	0,00232289	0,00267115	0,00186279
(SO ₄) ²⁻	85,2134	84,2289	85,6334	85,029	85,4625	85,3716
Cl ⁻	99,8614	99,8434	99,8478	99,856	99,8611	99,8609
(HCO ₃) ⁻	91,7443	91,3183	91,5599	89,581	90,3753	92,6947

По представленным в таблице данным можно сделать вывод, что миграция макрокомпонентов (Na, Ca, K) в подземных водах осуществляется преимущественно в виде собственных простых ионов, роль комплексных соединений здесь незначительна. Так, например, натрий и калий наиболее часто образуют комплексные соединения с гидрокарбонат ионом, а магний – с гидрокарбонат и сульфат ионами. При этом комплексное соединение кальция с гидрокарбонат ионом встречается в 2 раза чаще, чем с сульфат ионом. Следует подчеркнуть, что комплексные соединения этих элементов представлены преимущественно гидрокарбонатными формами.

В настоящей работе впервые представлены данные исследований химического состава и свойств подземных вод из ДГВ Лагерного сада и проведен анализ форм миграции макрокомпонентов. Выполненные исследования являются отправной точкой изучения этого уникального объекта. В контексте обозначенных проблем, первоочередной задачей дальнейших исследований является изучение агрессивности подземных вод к бетонным конструкциям. Планируется также оценить экологическое состояние дренажных вод, а при соответствующих возможностях изучить изменение их химического состава и свойств во времени, оценить зависимость этих параметров от изменений режима подземных вод в зоне влияния дренажных сооружений.

Литература

1. Букаты М.Б. Рекламно-техническое описание программного комплекса HydroGeo. – М.:ВНТИЦ, 1999, - 5 с. – Номер гос. Регистрации алгоритмов и программ во Всероссийском научно-техническом центре (ВНТИЦ) №5098000051 ПК.
2. Ольховатенко В.Е., Рутман М.Г., Лазарев В.И. Опасные природные и техноприродные процессы на территории города Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. Томск : Печатная мануфактура, 2005.
3. Ольховатенко В.Е. Опасные природные и техногенные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. – Томск, 2005. – 141 с.
4. Покровский Д.С., Кузеванов К.И. Гидрогеологические проблемы строительного освоения территории г. Томска // Обской вестник. – 1999. – № 1–2. – С. 96–101.
5. Покровский Д.С., Дутова Е.М., Кузеванов К.И. Применение геоинформационных технологий для оценки гидрогеоэкологических условий застраиваемых территорий //Известия ВУЗов. Строительство, 2008, - № 3 (591). - с. 107-112

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИСАЯНСКОГО ПРОГИБА

В.А. Черенева

Иркутский Национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия,
E-mail:vchereneva@list.ru

Аннотация. В работе представлены результаты структурно-гидрогеологического анализа условий формирования месторождений подземных вод в пределах юго-восточной части Присаянского предгорного прогиба.

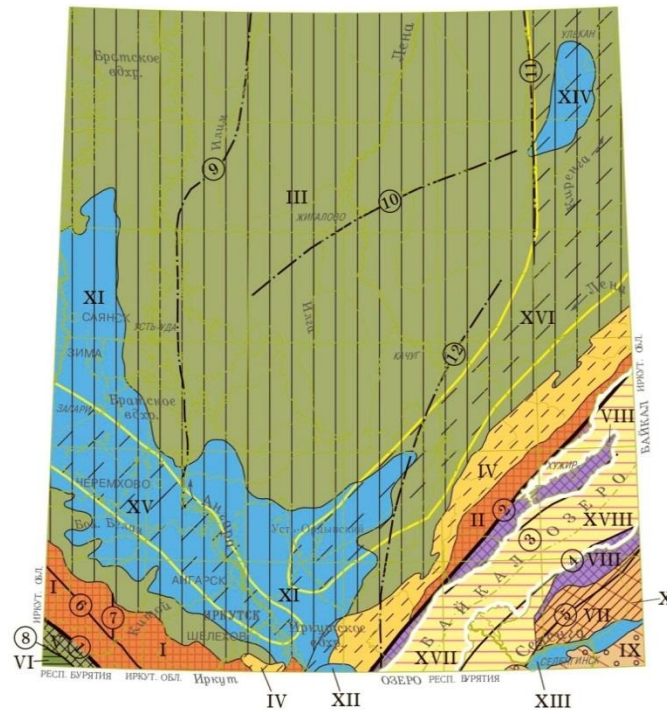
Abstract. The article describes the results of the structural hydrological analysis of forming's conditions of subsurface water fields in the South-Eastern part of the Sayan foothill deflection.

Рассматриваемый регион приурочен к наиболее освоенной части Иркутской области, где сосредоточены основные населенные пункты, включая областной центр, а также крупные объекты различных отраслей промышленности. Все это требует привлечения значительных объемов водных ресурсов. Основной задачей выполняемых исследований в этой связи является проведение структурно-гидрогеологического анализа условий формирования месторождений подземных вод различного целевого использования. Главная цель анализа – на основе геологического развития региона и становления современных структур, обосновать их перспективность для локализации крупных скоплений подземных вод и выявить участки проведения результативных поисково-разведочных работ.

На палеозойских структурах чехла юга Сибирской платформы мезозойская седиментогенная активизация проявилась формированием Присаяно-Прибайкальской зоны присводовых прогибов, включающей Присаянский (Иркутский) прогиб (в его составе — Иркутская (Прииркутская) впадина), Ангаро-Котинскую и Гарбитканскую впадины (рис. 1) [5].

Осадочный чехол расчленен на средне-верхнерифейский, вендско-нижнепалеозойский, среднемезозойский и кайнозойский структурные ярусы [5].

Мезозойский структурный ярус представлен юрскими континентальными отложениями, выполняющими южную часть Присаянского предгорного прогиба, образовавшегося в среднем мезозое вдоль предгорий Восточного Саяна и Западного Прибайкалья. Они представлены породами черемховской, присаянской и кудинской свит суммарной мощностью до 800 м.



У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

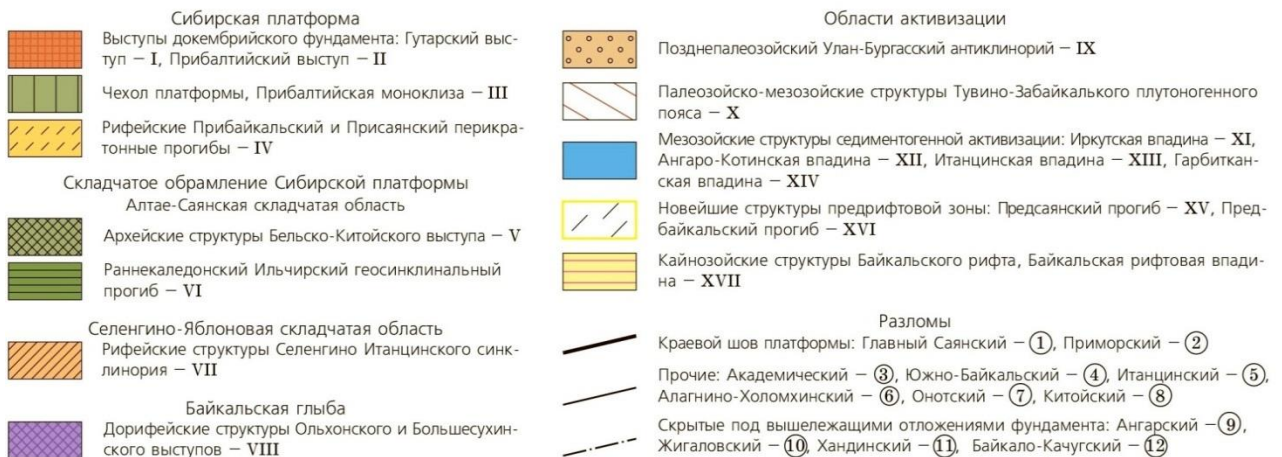


Рис. 1. Схема тектонического районирования [5]

В разрезе юры выделены нижнеюрская угленосная песчаниково-конгломератовая лимническая и среднеюрская угленосная туффито-песчаниково-конгломератовая молассоидная формации; к первой отнесены породы черемховской и присаянской свиты, ко второй - кудинской свиты.

Присяянский прогиб подразделён на Иркутскую и Ангаро-Котинскую впадины, которые отделены Крестово-Щегловским поднятием пород фундамента сложного строения. В Иркутской впадине выделены зоны предгорного прогибания и платформенного крыла. В первой, юрские слои вдоль юго-западного ограничения впадины падают круто под углами до 30° и более; во второй они залегают полого под углами $3-5^\circ$ и горизонтально. В зоне предгорного прогибания установлено Прииркутское понижение (впадина), а в зоне платформенного крыла - Усть-Ордынское поднятие. Прииркутская впадина представляет собой асимметричный, вытянутый более чем на 100 км в северо-западном направлении предгорный прогиб, типа

синклинального, максимальная ширина – 80 км. Наибольшая амплитуда впадины 650-700 м. Юго-восточное замыкание впадины намечается в районе д. Бурдаковка с появлением в нижних частях разреза юры грубых осадков (конгломераты дабатской толщи черемховской свиты) и ограничивается Крестово-Щегловским (Большереченским) поднятием. В центральной части Прииркутской впадины осадки юры залегают практически горизонтально. На юго-западном, присаянском крыле, падают под углами до 15-35 о, на северо-восточном крыле углы падения 3-5о. В долине р. Мегет разведано Мегетское МППВ для водоснабжения п. Мегет.

Прииркутское понижение дифференцировано на ряд более мелких брахиформных структур 3-го порядка. Здесь зафиксированы Кудинская и Михалёвская мульды, наиболее погруженные части которых характеризуются изогипсами минус 100 м. Отложения яруса с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на нижележащих породах и перекрываются осадками кайнозоя.

В конце среднего мезозоя юрские отложения были дислоцированы в широкую пологую Кудинскую синклиналь, угол падения слоев на северо-восточном крыле которой не более 2-3°, а на юго-западном - достигает 10° и более. Осевая линия складки протягивается в северо-западном направлении. Размеры этой складки соответствуют контурам Иркутской впадины. На северо-восточном крыле этой складки отмечена небольшая до 10 км в поперечнике брахиформная Куядская антиклиналь, существование которой фиксируется по выходам пород ангарской свиты. Обе складки сложены породами черемховской, присаянской и кудинской свит.

В пределах Кудинской и Михалевской мульд подземные воды формируются в основной массе ниже местных базисов эрозии, почти повсеместно обладая напором. В долинах рек скважины часто фонтанируют. Глубина вскрытия подземных вод изменяется от первых метров до 40-50 м. Водоносные комплексы выдержаны по площади, мощность их составляет преимущественно 20-50 м. Коэффициенты фильтрации водовмещающих пород изменяются от 0,5 до 50-200 м/сут.; коэффициенты водопроницаемости от 10 до 2000 м²/сут. Дебиты источников достигают нескольких литров в секунду. Нередко встречаются пластовые выходы с дебитом 10-25 л/с. Удельный дебит скважин часто превышает 1 л/с, а суммарный дебит измеряется несколькими литрами в секунду. Основное направление движения подземных вод с юго-запада на северо-восток. В целом водообильность юрских отложений субгеосинклинальной части Иркутского артезианского бассейна позволяет осуществить водоснабжение многих водопотребителей.

В верхней части разреза пород юрского возраста (до глубины 65-100 м) подземные воды в субгеосинклинальной части прогиба гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,4-1,0 г/л. На глубине свыше 65-100 м формируются гидрокарбонатные натриевые воды. Минерализация этих вод изменяется в пределах 0,2-0,7 г/л и является меньшей, чем в вышележащих горизонтах. Из растворенных газов иногда присутствует сероводород. На химический состав подземных вод юры большое влияние оказывает подток рассолов и соленых вод из подстилающих пород нижнего кембрия по зонам разрывных тектонических нарушений.

В границах Кудинской мульды в 1972 г. в долине реки Ушаковки было разведано Ушаковское МППВ [1] для водоснабжения правобережной части г. Иркутска, а в 2014 г. разведаны и оценены запасы Пивоваренского МППВ для водоснабжения коттеджного поселка.

Удельные дебиты скважин Пивоваренского МППВ составили 0,41-2,39 л/с; среднее значение коэффициента водопроницаемости 242 м²/сут, коэффициента пьезопроводности $2,7 \times 10^6$ м²/сут. По химическому составу подземная вода

гидрокарбонатная магниевая-кальциевая. Минерализация 0,28-0,34 г/л, жесткость 2,7-4 мг-экв/л. Вода по основным показателям соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 к питьевым водам за исключением содержания железа, марганца; показателей цветности, мутности; содержанию сероводорода. Для доведения воды до показателей централизованного водоснабжения предполагается водоподготовка.

В 2014 г. в границах Михалевской мульды разведаны Каролокское (в отложениях присаянской и черемховской свит нижней-средней юры) [2] и Новолисихинское (в среднеюрских отложениях кудинской свиты и нижне-среднеюрских присаянской свиты) [4] месторождения.

В юго-восточной части Сибирской платформы, в зоне Иркутско-Черемховской депрессии выделяется Арансахойская впадина, выполненная отложениями юрского возраста. Гидрогеологические подразделения представлены водоносными комплексами присаянской, черемховской и заларинской свит. Наиболее водообильны два первых.

В Арансахойской впадине отчетливо наблюдается увеличение водообильности присаянского комплекса в направлении от крыльев к оси. Напор уменьшается от центра впадины к периферии. Аномально высокая обводненность пород отмечена по долинам рек Тельминки и Биликтуйки, где удельные дебиты достигают 20 л/с и более. Водопроницаемость пород составляет от нескольких десятков до 6500 м²/сут. По химическому составу воды гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,2-0,7 г/л.

Арансахойская впадина представляет наибольший интерес с точки зрения использования подземных вод. Водоносный комплекс черемховской свиты всей мощностью прослеживается на участках, где он погружается под водоносный комплекс присаянской свиты. Глубина залегания его кровли под четвертичными отложениями составляет в среднем 15-30 м с погружением вглубь возрастает до 90-110 м. Суммарная мощность черемховского комплекса достигает 40-60 м. повсеместно отмечается напор, уменьшающийся от центра к крыльям впадины (от 50-90 м в центре до 2-15 м на крыльях). Водообильность комплекса по площади сильно изменчива. Удельные дебиты составляют 0,5-40 л/с. Наиболее перспективные участки отмечаются в северо-восточной части впадины в долинах рек Тельминки и Биликтуйки. В 1973 г. было разведано Тельмино-Биликтуйское МППВ для водоснабжения г. Усолье-Сибирское [3].

Цоколем впадины являются доломиты ангарской свиты. Во время каледонского орогенеза кембрийский комплекс пород претерпел складкообразование, затем эрозией был создан расчлененный рельеф. Отрицательные формы этого рельефа в начале юры заполнились обломочным и грубозернистым материалом. Накопление континентальных осадков в среднеюрское время происходило с одновременным прогибанием ложа, что и обусловило их значительную мощность. Затем юрская толща вместе с подстилающими ее кембрийскими породами, в период альпийского орогенеза, были смяты в пологие складки северо-западного простирания, в результате этого окончательно сформировался синклиальный прогиб. Именно эта складчатость в настоящее время оказывает основное влияние на локализацию подземного стока и формирование месторождений подземных вод в пределах Присаянского предгорного прогиба.

Таким образом, основное влияние на формирование месторождений подземных вод оказывают геолого-структурные факторы:

- приуроченность месторождений к крылу прогиба обуславливает активизацию и локализацию подземного стока;
- увеличение мощности водовмещающих юрских отложений к центральной, наиболее погруженной части прогиба, а также рост напоров подземных вод в этом же

направлении, в совокупности, существенно повышают величины допустимых понижений уровня при эксплуатации месторождений, а значит, увеличивают их ресурсные потенциалы;

- наличие складчатых и разрывных нарушений в юрских отложениях определяет как распределение и формирование подземных вод, так и их состав.

Задачи дельнейших исследований сводятся к дополнению формирующейся базы данных по МПВ и разработке их структурно-генетической систематизации, а также к осуществлению разномасштабного структурно-гидрогеологического картографирования Присаянского мезозойского предгорного прогиба и выделению перспективных структур для проведения поисково-разведочных на воду работ.

Литература

1. Бондаренко Л.Н., Бондаренко Е.М., Преловский К.К. Отчет о результатах разведки пресных подземных вод для водоснабжения северной части г. Иркутска. г. Иркутск, 1972
2. Дергачев В.Д., Скребнев Е.И. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на подземные воды по объекту «Оценка запасов питьевых подземных вод по участку недр, эксплуатируемому одиночным водозабором в пос. Бурдаковка по состоянию на 01.06.2014 г. с. Мальта, 2014
3. Куренной В.В., Лумпова Ж.М., Топорков В.А. Отчет о результатах работ по разведке пресных подземных вод для водоснабжения г. Усолье – Сибирское, Иркутск, 1972
4. Ланкин Ю.К. и др. Отчет по оценке запасов питьевых подземных вод по участку недр, эксплуатируемому групповым водозабором в п. Новолисица по состоянию на 01.06.14 г.», Иркутск, 2014
5. Объяснительная записка к Государственной геологической карте Российской Федерации Масштаб 1:1 000 000. Серия Ангаро-Енисейская, Лист N-48-Иркутск, Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, 2009

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ АНАБАРО-ХАТАНГСКОГО БАСЕЙНА

А.В.Черных

Национальный исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия, E-mail: tolyachernykh@gmail.com

Аннотация. В данной работе приводятся результаты детальных палеогидрогеологических реконструкций отложений Анабаро-Хатангского бассейна. Установлено, что развитие его водонапорной системы проходило в 12 гидрогеологических циклов. В целом, на всей территории преобладал элизионный режим. Наиболее высокая палеосоленность вод отвечала солеродному бассейну нижнего девона и характеризовалась величиной общей минерализации до 400 г/дм³ на стадии садки галита.

Abstract. This paper presents the results of detailed reconstructions paleohydrogeological deposits Anabar-Khatanga Basin. It was found that the development of the water system through its 12 hydrogeological cycles. In general, throughout the territory prevailed regime of elision. The highest water paleosalinity responsible halogenic basin basins of the Lower Devonian and characterized by size of total mineralization up to 400 g/dm³ in the precipitation stage of halite.

Исследуемый район является одним из перспективных для прироста запасов углеводородов. Изучение Анабаро-Хатангского бассейна с 30-х годов прошлого века привело к открытию мелких месторождений нефти (Нордвикское и Южно-Тигянское). Стоит отметить низкую гидрогеологическую изученность исследуемой территории при наличии нефтегазопроявлений по всему разрезу. Предыдущими исследованиями

Калинко М.К., Сиденко П.Д., Басковым Е.А. и др. выявлены два типа вертикальной гидрогеохимической зональности (инверсионная, в районах с распространением солянокупольных структур, и нормальная, в районах с их отсутствием), основные особенности состава подземных вод и рассолов.

Палеогидрогеология зародилась в России в 1929 году, когда в книге по геологии и гидрогеологии бассейнов рек Терека и Кумы П.Н. Чирвинский ввел и обосновал понятие об ископаемой гидрогеологии или палеогидрогеологии. Наиболее значимый вклад в ее теоретические основы внесли К.И. Маков, А.Н. Семихатов. В дальнейшем методы палеогидрогеологического анализа применялись и разрабатывались С.А. Шагоянцем, А.И. Силиным-Бекчуриным, Н.К. Игнатовичем, Б.И. Куделиным, Е.А. Басковым, Б.Ф. Маврицким, Г.В. Богомоловым и многими другими. Работы М.А. Гатальского, А.А. Карцева, В.Н. Корценштейна, Е.В. Пиннекера, В.М. Матусевича, А.М. Никанорова, С.Б. Вагина, Б.Н. Любомирова, Я.А. Ходжакулиева, Л.А. Абуковой, Г.П. Якобсона и других явились основой для применения палеогидрогеологических исследований в целях изучения условий формирования и закономерностей размещения месторождений нефти и газа [3].

Основой для научных исследований послужили фондовые материалы научных и производственных организаций и опубликованные материалы по Анабаро-Хатангскому бассейну, каталог палеогеографических карт 1966 (Виноградов А.П.), 1968 (Гольберт А.В.), 1976 (Нестеров И.И.) и 2011гг (ИНГГ СО РАН). Электронная база представлена данными геолого-геофизических и гидрогеологических исследований по 120 объектам 15 поисковых площадей Анабаро-Хатангского бассейна и сопредельных территорий.

Для представления процессов формирования химического состава подземных вод бассейна необходимо провести реконструкцию гидрогеологической истории – выделить гидрогеологические циклы и их этапы. Гидрогеологический цикл начинается с трансгрессии, включает в себя осадконакопление и формирование седиментационных вод, охватывает время последующего поднятия и регрессии и заканчивается новым погружением и трансгрессией. Первая часть гидрогеологического цикла (от начала трансгрессии до начала регрессии) — образует седиментационный (элизионный) этап, характеризующийся образованием седиментационных вод в накапливающихся отложениях. Вторая часть гидрогеологического цикла образует инфильтрационный этап, когда формируются инфильтрационные воды, постепенно вытесняющие и замещающие седиментационные воды [1].

При оценке перспектив нефтегазоносности района детальные палеогидрогеологические реконструкции помогают выяснить гидрогеологические условия формирования, сохранения и разрушения залежей нефти и газа в геологической истории.

Административно территория исследования располагается в северо-восточной части Красноярского края и в северо-западной части республики Саха (Якутия), приурочена к Хатангскому заливу и охватывает территорию от полуострова Юрюнг-Тумус до Анабарского щита (рис 1).

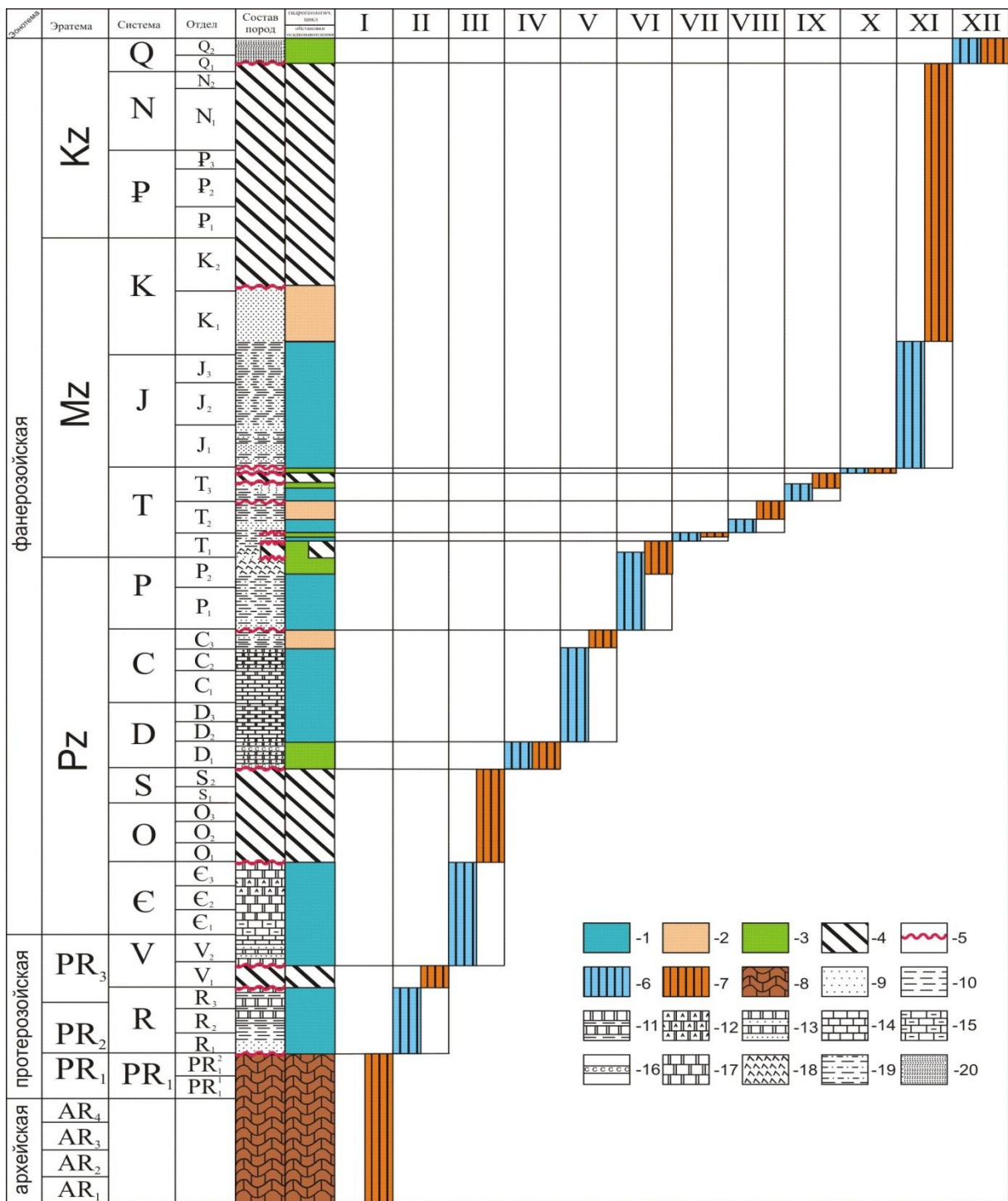


Рис. 2. Периодизация гидрогеологической истории Анабаро-Хатангского бассейна
 Условные обозначения: 1-морская обстановка осадконакопления; 2-континентальная обстановка осадконакопления; 3-переходная обстановка осадконакопления; 4-зоны отсутствия отложений; 5-зона размыва и несогласного залегания пластов; 6-элизионный этап; 7-инфильтрационный этап; 8-породы кристаллического фундамента; 9-песчаники; 10-аргиллиты; 11-переслаивание доломитов и аргиллитов; 12-ангидриты; 13-переслаивание доломитов и песчаников; 14-известняки; 15-глинистые известняки; 16-соленосная толща; 17-доломиты; 18-туфы; 19-переслаивание аргиллитов и алевролитов; 20-преимущественно пески, супеси, суглинки.

В пермско-нижнеоленинском цикле выделяется пермский элизионный этап, проходивший в условиях морского терригенного осадконакопления, затем в течение раннего и среднего триаса территорию Анабаро-Хатангского бассейна можно разделить на два различно развивавшихся района – Южно-Таймырский на северо-западе Хатангского залива и Усть-Анабарский на юго-востоке. В период с индского века до середины оленекского Южно-Таймырский район находился преимущественно в прибрежно-морских условиях терригенного осадконакопления с некоторой долей вулканической активности, в то время как в Усть-Анабарском преобладали процессы денудации. В середине оленекского века заканчивается пермско-нижнеоленинский цикл и начинается верхнеоленинский, когда на юго-востоке территории протекает терригенное осадконакопление с перерывом на границе оленекского и анизийского веков [2]. В среднем триасе Южно-Таймырский и Усть-Анабарский районы испытывали постепенный переход от морских условий к континентальным. В верхнем триасе можно выделить два гидрогеологических цикла: карнийско-нижнерэтский – характеризующийся регрессией, которая в итоге привела к перерыву в осадконакоплении в период с середины нория до середины рэта и преобладанием инфильтрационных процессов; верхнерэтский – с одновременным протеканием элизионных и инфильтрационных процессов в прибрежно-морских условиях, закончившийся перерывом в осадконакоплении.

На протяжении всей юры и раннего неокома на территории Анабаро-Хатангского бассейна проходило спокойное терригенное морское осадконакопление. В позднем готериве началась очередная крупная регрессия, которая привела к континентальным условиям осадконакопления практически на всей территории исследования в период с баррема по ранний сеноман. До неоплейстоцена Анабаро-Хатангский бассейн представляла собой денудационное плато – инфильтрационный этап. Начиная с неоплейстоцена район подвергался воздействию многочисленных оледенений.

В целом, на всей территории преобладал элизионный режим. Наиболее высокая палеосоленость вод отвечала солеродному бассейну нижнего девона и характеризовалась величиной общей минерализации до 400 г/дм^3 .

Литература

1. Карцев А.А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений. - М.: Гостоптехиздат, - 1963. – 354 с.
2. Сакс В.Н., Грамберг И.С., Ронкина З.З., Аглонова Э.Н. Мезозойские отложения Хатангской впадины // Тр. НИИГА. - 1959 - Т.99. - 226 с.
3. Суббота М.И., Клейменов В.Ф., Стадник Е.В. Интерпретация результатов гидрогеологических исследований при поисках нефти и газа. - М.: Недра, 1990. - 118 с.

НЕГАТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИНТЕНСИВНОГО ВОДООТБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

А.В. Четверикова, К.В. Сучкова

*Институт водных проблем РАН, Москва, Россия, E-mail 4etverikova.anna@gmail.com,
E-mail kseniyasuchkova@mail.ru*

Аннотация. Изменение окружающей среды является одной из основных проблем, которые могут возникнуть при водопользовании. В данном исследовании рассматривается негативное влияние на окружающую среду вследствие интенсивного отбора подземных вод. Одним из способов минимизации и предотвращения негативных последствий для окружающей среды является метод искусственного восполнения подземных вод. Для определения возможности использования данного метода рассмотрены различные критерии целесообразности его применения.

Abstract. Environmental changes are one of the main problems that can occur during water use. Negative impacts of large groundwater withdrawal on the environmental are considered in this study. One of the ways of minimization and prevention of negative consequences is the method of managed aquifer recharge (MAR) of groundwater. To determine the possibility of using MAR different criteria of its feasibility are determined.

Как известно, интенсивный отбор подземных вод оказывает негативное воздействие на прилегающие территории. Вследствие интенсивного водоотбора происходит снижение уровня водоносного горизонта, изменение химического состава подземных вод и сокращение речного стока, что в дальнейшем может привести к деградации, а также полной или частичной гибели растительности, истощению подземных вод, привлечению сильноминерализованных вод в эксплуатируемый водоносный горизонт, оседанию земной поверхности, осушению целевых водоносных горизонтов, развитию карстово-суффозионных процессов, подтоплению и заболачиванию территорий и т.д. Каждое из этих последствий не только представляет серьезную угрозу для окружающей среды, но также может причинить значительный экономический ущерб предприятию или государству.

Одним из многочисленных проявлений влияния крупного отбора подземных вод на окружающую среду является развитие депрессионных воронок в эксплуатируемом водоносном горизонте. Площадь таких воронок, обусловленных значительным снижением уровня подземных вод при их откачке, иногда достигает сотен и даже тысяч квадратных километров. Так, например, площадь депрессионной воронки в каменноугольном водоносном горизонте Московского артезианского бассейна составляет 39 тыс. км², а глубина воронки в центре (снижение уровня подземных вод за период эксплуатации) достигает 100 м [4].

В тех районах, где взаимосвязь подземных вод эксплуатируемых горизонтов и вышележащих безнапорных грунтовых вод достаточно тесная, под влиянием водоотбора происходит снижение уровня безнапорных грунтовых вод. Такое снижение может сказаться на состоянии ландшафтов. Самым чувствительным элементом ландшафтов, реагирующих на изменение уровня поверхности грунтовых вод, является растительность [2].

Помимо этого, значительное влияние снижения уровня грунтовых вод прослеживается на заболоченных территориях. Как известно, осушение заболоченного участка вызывает понижение уровня грунтовых вод. При этом если уровень грунтовых вод падает так, что происходит разрыв капиллярного сообщения между ними и

поверхностным слоем почвы, это оказывает крайне негативное воздействие на окрестные леса: ухудшается их обеспеченность влагой, высыхает подлесок, усиливается горимость [1].

Одним из проявлений негативного воздействия интенсивной эксплуатации подземных вод на окружающую среду является проседание земной поверхности, вызванное интенсивным отбором подземных вод. Понижение пьезометрических уровней подземных вод и изменения пластовых давлений вызывают изменения напряжений в горных породах, скоростей, а иногда и направлений движения подземных вод, что увеличивает интенсивность суффозионных и карстовых процессов. В одних условиях понижения уровней приводят к оседанию земной поверхности, а в других - к образованию провалов. При откачке снижается напор подземных вод, что увеличивает эффективное давление на скелет грунта и приводит к уплотнению сжимаемых отложений, и, как следствие - к оседанию земной поверхности [3].

Оседание земной поверхности, связанное с интенсивным водоотбором, широко развито во многих странах - США, Мексика, Индонезия, Тайланд, Япония и др. Так, в Калифорнии (США) в долине Сан-Хоакин наблюдается одно из самых значительных проседаний земной поверхности: за период с 1925 до 1977 оно достигло 9 м [10]. В настоящее время оседание земной поверхности в долине Сан Хоакин является не только историческим событием, но и текущей проблемой. В некоторых районах скорости оседания достигают 0,3 м/год. Стоимость работ по предотвращению последствий оседания в течение 1955-1972 гг. оценено свыше 1,3 \$ млрд. в 2013 не включая значительные повреждения речных долин и затопления каналов [9]. Такое значительное проседание земной поверхности объясняется тем, что подземные воды в Калифорнии составляют около 40 % потребляемой воды в среднем за год, а в период засух, когда запасы воды на поверхности ограничены, водоснабжение практически полностью переводится на подземные воды. В 2014 году использование подземных вод в Калифорнии превысило 65% из-за экстремально засушливого периода этого года [11].

Основными мероприятиями, позволяющими предотвратить или минимизировать негативное влияние отбора подземных вод, являются управление режимом отбора подземных вод на крупных водозаборах (в большинстве случаев - уменьшение отбора) и искусственное восполнение запасов подземных вод.

При искусственном восполнении подземных вод (ИВПВ) дополнительное количество воды постоянно подается непосредственно в эксплуатируемый водоносный горизонт с помощью инфильтрационных устройств, или же происходит разовое кратковременное создание дополнительных запасов воды на некоторой площади распространения водоносного горизонта. Специально создаются инфильтрационные сооружения – инфильтрационные бассейны, каналы, площадки и др. или поглощающие и нагнетательные скважины (рис. 1, 2).

Преимущества метода ИВПВ – увеличение водоотбора без коренного переустройства водозаборных сооружений, сокращение потерь ценных сельскохозяйственных угодий, улучшение физических и санитарных характеристик воды [5]. Также сооружение систем ИВПВ на уже существующих водозаборах часто оказывается дешевле поиска и строительства новых источников водоснабжения [6, 7].

Метод ИВПВ нашел широкое применение за рубежом - в Индии, Нидерландах, Германии, Голландии, Новой Зеландии, Аргентине, Китае и др. В настоящее время в России этот метод практически не используется, так как наша страна является одной из стран, наиболее обеспеченных поверхностными водами. Однако в условиях возрастания антропогенной нагрузки на поверхностные воды и напряженной экологической обстановки метод ИВПВ становится все более актуальным.

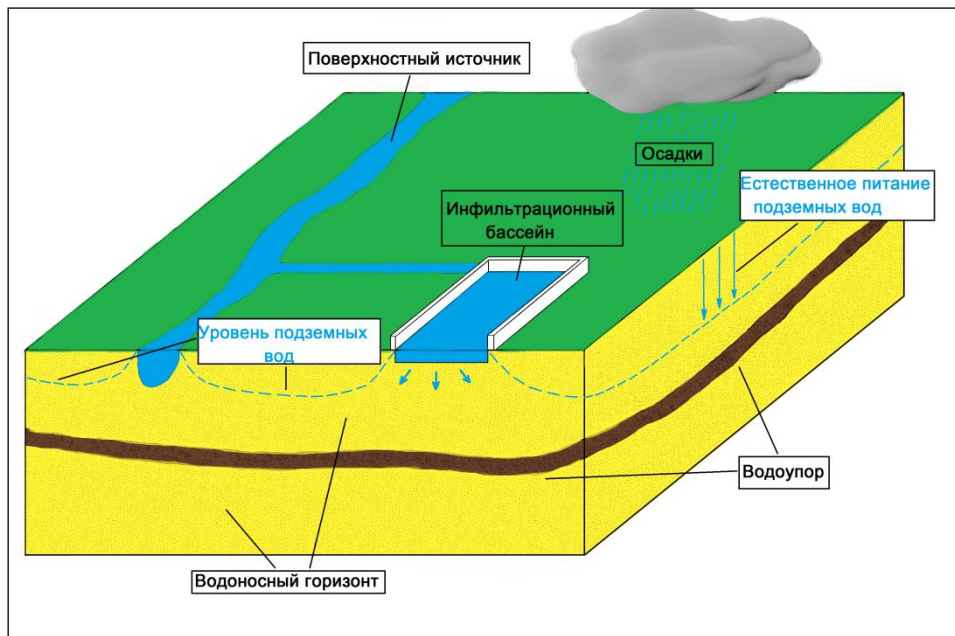


Рис. 1. Схема ИВПВ с использованием инфильтрационного бассейна

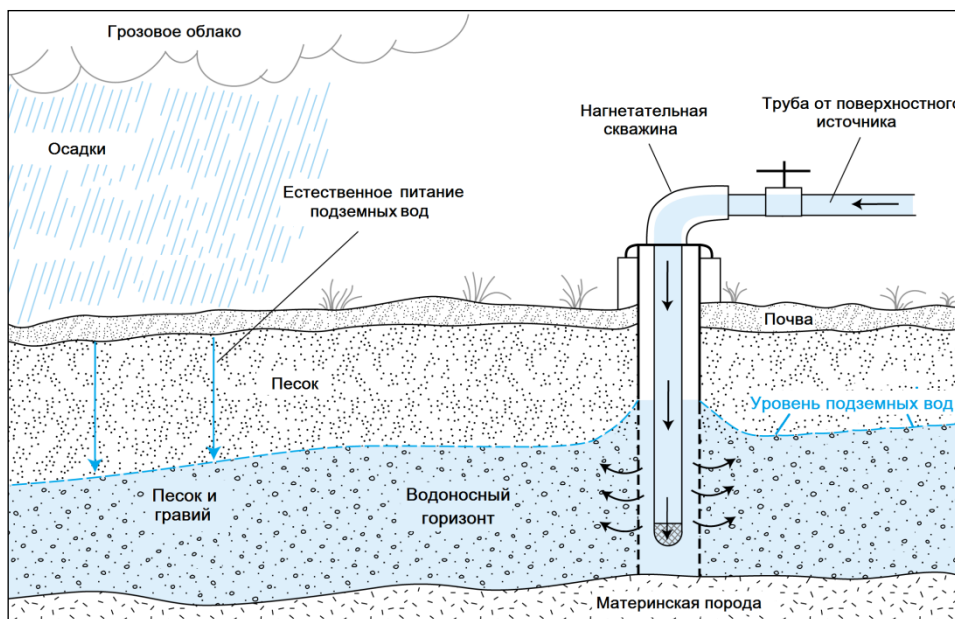


Рис. 2. Схема ИВПВ с использованием нагнетательной скважины

Развитие систем ИВПВ в первую очередь зависит от возможности и целесообразности их применения. В 1970-х гг. институтом ВСЕГИНГЕО была разработана система критериев оценки возможности применения искусственного восполнения, а также проведено районирование территории СССР по условиям ИВПВ. К указанным критериям относились наличие потребности в искусственном восполнении подземных вод, наличие емкости водоносного горизонта для «принятия» дополнительного количества воды и наличие возможного источника восполнения подземных вод определенного качества [8]. С нашей точки зрения в настоящее время

для определения возможности и целесообразности применения искусственного восполнения, помимо указанных критериев, необходимо отдельно выделять критерии экономической и экологической целесообразности.

Таким образом, при районировании по условиям ИВПВ следует выделять шесть типов районов: 1) – районы перспективные для искусственного восполнения при наличии актуальной потребности, экономической и экологической целесообразности; 2) – районы перспективные для искусственного восполнения при отсутствии современной потребности, но при наличии всех возможностей; 3) – районы перспективные для искусственного восполнения с точки зрения наличия потребности, емкости и источника восполнения, но с отсутствием экономической и экологической целесообразности; 4) – районы перспективные для искусственного восполнения с точки зрения наличия потребности, емкости и источника восполнения и экономической целесообразности, но с отсутствием экологической целесообразности; 5) – районы перспективные для искусственного восполнения с точки зрения экологической целесообразности, потребности, емкости и источника восполнения, но с отсутствием экономической целесообразности; 6) – районы не перспективные для искусственного восполнения, в которых отсутствует возможность проведения мероприятий по искусственному восполнению.

Важно отметить, что помимо определения района, к которому относится исследуемый водозабор, для применения метода ИВПВ необходимо проводить дополнительные исследования, включающие опытно-фильтрационные работы, геофизические исследования, химико-аналитические исследования качества подземных и поверхностных вод, оценку санитарно-экологического состояния территории и др.

Таким образом, искусственное восполнение подземных вод является надежным способом предотвращения негативных экологических последствий при интенсивном отборе подземных вод, а также важным способом увеличения эксплуатационных запасов подземных вод в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на поверхностные воды.

Литература

1. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир, 2012. 232 с.
2. Жоров А.А. Подземные воды и окружающая среда М.: Геоцентр-Москва, 1995. 136 с.
3. Зекцер И.С. Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод. Современное состояние и перспективы использования в России. М.: Научный мир, 2012. 428 с
4. Информационный бюллетень Федерального агентства по недропользованию о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2012 г, выпуск 36, М. 2013
5. Орадовская А. Е., Лапшин Н. Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. — М.: Недра, 1987. – 167 с.
6. Плотников Н.И., Плотников Н.А., Сычев К.И. Гидрогеологические основы искусственного восполнения запасов подземных вод. М.: Недра, 1978. 301 с.
7. Смольянинов В.М. Водозаборы с искусственным пополнением подземных вод для орошения земель – Воронеж: изд.-во Воронежского Госагроуниверситета, 2001. 152 с.
8. Хордикайнен М.А. Методика районирования территории СССР с целью магазинирования подземных вод. «Разведка и охрана недр», 1974, № 1, С. 38-48.
9. James W. Borchers, Michael Carpenter. Land Subsidence from Groundwater Use in California. Full Report of Findings, Luhdorff & Scalminini Consulting engineers, 2014.
10. Zektser I.S., Loaiciga H, Wolf J.T. Environmental impact of groundwater overdraft: Selected case studies in the Southwestern United States // Environ. Geol. Vol. 47. 2005. P. 396-404
11. <http://drought.unl.edu/NewsOutreach/MonthlySummary/May2015DroughtandImpactSummary.aspx>

ОБОСНОВАНИЕ НОВОГО ГИДРОХИМИЧЕСКОГО ТИПА МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ЧОЙГАН (ВОСТОЧНАЯ ТЫВА)

А.В. Шестакова

Научный руководитель доцент А.А.Хващевская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия,
E-mail: stysha@sibmail.com*

Аннотация. Для подземных минеральных вод природного комплекса Чойган по данным о химическом составе, минерализации, температуре впервые представлена их типизация согласно действующему стандарту. Приведена формула химического состава, на основании которой был установлен аналог рассматриваемых вод и выделен новый геохимический тип минеральных вод – Чойганский. Выделенный тип относится к гидрокарбонатной кальциево-натриевой и натриево-кальциевой группе вод, с минерализацией 0,6-3,0 мг/л, с содержанием H_2SiO_3 50-70 мг/л и CO_2 500-1500 мг/л и наличием радона 200-520 Бк/л.

Abstract. According to the current standard typification was first presented for groundwater of the natural spa complex Choigan based on the chemical composition, salinity, temperature. The formula of the chemical composition was shown and based on this analogue considered water was established, also a new geochemical type of mineral water – Choigansky has been allocated. Dedicated type refers to the HCO_3 -Ca-Na and HCO_3 -Na-Ca group of water with a salinity of 0.6-3.0 mg/L, containing H_2SiO_3 50-70 mg/L and CO_2 500-1500 mg/L, and has a radon 200-520 Bq/l.

Минеральные воды являются уникальными и ценными природными ресурсами благодаря повышенному содержанию полезных биологических активных компонентов, их ионному или газовому составу, оказывающему на организм человек лечебное действие.

В настоящее время требования для отнесения тех или иных подземных вод к минеральным и их использование для внутреннего применения устанавливает национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54316-2011. Согласно стандарту минеральными природными питьевыми водами считаются подземные воды, добытые из водоносных горизонтов или водоносных комплексов, защищенных от антропогенного воздействия, сохраняющие естественный химический состав и относящиеся к пищевым продуктам, а при наличии повышенного содержания отдельных биологически активных компонентов (бора, брома, мышьяка, железа суммарного, йода, кремния, органических веществ, свободной двуокиси углерода) или повышенной минерализации оказывающие лечебно-профилактическое действие [3].

Значимость минеральных подземных вод устанавливается на основании уровня минерализации, ионного состава, газовой составляющей, содержания органических веществ и биологически активных компонентов, радиоактивности и температуры. В бальнеотерапии применение минеральных вод возможно как внутреннее (питьевое), так и наружное в виде ванн, орошений, купаний в бассейнах [4]. К категории наиболее ценных и широко известных минеральных вод относятся углекислые воды, на их месторождениях создаются лечебные курорты.

На территории Республики Тыва в Восточных Саянах находится одно из уникальных проявлений углекислых подземных вод – природный комплекс «Чойганские минеральные воды». Чойганские термальные и холодные источники – это потенциальное месторождение углекислых лечебных вод. На небольшой площади около 28 гектар насчитывается 33 родника с различной геоморфологией, температурой и химическим составом.

Эти воды известны достаточно давно. Изучением источников Чойгана занимались многие исследователи Сибири, такие ученые как: И.С. Крыжин (1858), С.В. Обручев (1945), В.Г. Ткачук (1955), Е.В. Пиннекер (1966–1967) и др. Благодаря их работам дано геологическое описание территории и исследован макрокомпонентный состав отдельных источников. С 90-х годов их комплексное исследование проводится сотрудниками Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов (ныне ТИКОПР СО РАН) и Национального исследовательского Томского политехнического университета [1]. Летом 2013 г. научной полевой экспедицией было проведено подробное гидрогеохимическое опробование родников, организованной Лабораторией аржаанологии и туризма (ООО «АржаанЛаб» г. Кызыл) совместно с ПНИЛ гидрогеохимии НОЦ «Вода» ИПР ТПУ, в результате которого были получены новые данные о химическом и газовом составе всех родников [5].

Источники Чойган известны и популярны среди окрестного населения и туристов. Ежегодно до пятисот человек приезжают сюда отдыхать и лечиться стихийным образом, используя воду родников в качестве ванн или для приема внутрь. Ввиду практического использования этих вод населением возникла необходимость в типизации этих подземных вод.

Исследуемая территория, согласно схемы гидрогеологического районирования [3], относится к Алтае-Саянской сложной гидрогеологической складчатой области, и приурочена к Таннуоло-Сангиленский межгорному артезианскому бассейну, характеризующиеся развитием преимущественно трещинных и трещинно-жильных вод в породах протерозоя, нижнего и среднего палеозоя. Наличие на территории зоны разрывных нарушений и проявление молодого вулканизма также обуславливает в таких структурах широкое проявление углекислых минеральных вод.

Согласно ГОСТ Р 54316-2011, к углекислым минеральным питьевым подземным водам относят воды, содержащие не менее 500 мг/л свободной двуокиси углерода. Из 33 родников, расположенных на территории комплекса, в 21 роднике концентрация углекислоты составляет от 550 мг/л до 1500 мг/л, что позволяет отнести их к углекислым минеральным водам (табл.).

На территории Чойгана разгружаются холодные (Т 13-20 °С) и теплые (Т до 39 °С) углекислые минеральные воды. Наличие в водах углекислоты определяет слабокислый характер водной среды (рН вод в диапазоне значений 5,9-6,5). Значение окислительно-восстановительного потенциала наблюдается в широких пределах от -150 до 200 мВ. Под воздействием свободной углекислоты в водах формируется гидрокарбонатный анионный состав вод с долей гидрокарбонатов от 90 до 99 экв.-%. В катионном составе преобладают преимущественно ионы кальция (35-75 экв.-%) и натрия (20-55 экв.-%). Согласно классификации вод в соответствии с ГОСТ Р 54316-2011, углекислые воды природного комплекса Чойган относятся к лечебно-столовым с содержанием солей от 600 мг/л до 2650 мг/л.

Помимо наличия углекислоты в водах как основного биологически активного компонента в некоторых рассматриваемых родниках обнаружены также высокие концентрации кремния, которые в пересчете на метакремниевую кислоту составляют от 56 мг/л до 65 мг/л, что позволяет отнести эти воды к кремнистым питьевым.

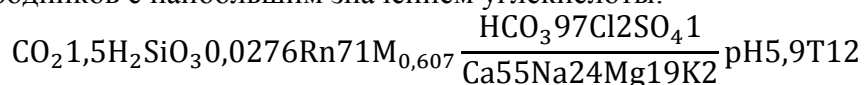
Также, благодаря наличию в подземных водах Чойгана радона в количествах от 200 до 520 Бк/л, они могут использоваться для наружного применения в качестве ванн, [4]. Появление радоновых вод связано эманацией гранитов, обогащенных радиоактивными элементами, в которых расположены подземные воды.

Таблица

Химический состав углекислых минеральных вод природного комплекса Чойган

Номер родника	CO ₂ раств.	Rn	T	pH	Eh	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ₂ SiO ₃	Минерализация
	мг/л	Бк/л	°С		мВ	мг/л								
4	1487,6	71,4	11,5	5,9	188	450	4,5	5	82	17,1	41,4	7,4	27,5	607,4
27	1251,7	399,6	21,4	6,3	169	1490	24	19,5	270	30,5	203,2	27	38,4	2064,2
26	1235,3	114,7	20,2	6,2	183	1220	31,1	18,5	220	24,4	177,7	26	42,6	1717,6
1	1133,2	122,8	22,6	6,2	62	1646	4,5	32,5	196	32,9	328	48	65,4	2288
17	1073,8	74	22,4	6,1	70	1085	45,2	14	190	24,4	162,5	24,2	33,5	1545,3
2	971,7	479,9	17,5	6,2	169	800	5,5	9,2	132	21,4	106,5	19,2	42,5	1093,8
5	946,5	125,8	13,5	6,2	200	744	4,8	10,6	108	22	111	17,7	36,2	1018,1
16	914,6	89,9	27	6,1	-34	1540	19	23,4	207,5	25,9	293	41,9	53	2150,6
21a	871,8	–	13	6,2	236	712	55,5	6,2	190	12,2	52,5	8,7	24	1037,1
7	800,5	203,5	23,8	6,4	-150	1350	6,2	18,9	156	32,9	256	43	56,2	1863,1
3	759,8	519,9	18,4	6,3	190	906	5,3	8,9	154	23,2	117	20,2	42,7	1234,5
12	745,6	310,4	31,5	6,3	29	1671	6,7	25,2	208	31,7	322	53,2	61,5	2317,9
6	744,4	95,1	29,5	6,3	-90	1695	6,2	24,8	216	45,1	296	49,3	65,5	2332,5
31	735,7	58,1	27,4	6,4	137	1910	20,7	28	287,5	36,9	318,7	44,8	55,4	2646,7
13	690,7	138,8	38,5	6,3	-54	1824	6,8	28,7	240	30,5	342	53,3	64,9	2525,3
28	688,5	354,5	12,7	6,3	180	840	51,9	6,3	190	18,3	84,4	13,3	29,6	1204,1
14	612,7	–	36,8	6,3	0	1870	5,7	27,7	240	36,6	350	56,2	65,7	2586,2
18	608,3	8,5	30,9	6,4	142	1530	35,8	18,5	270	30,5	220	34,7	59	2139,5
25	599,5	92,5	16,4	6,4	195	1110	10,8	17,8	220	18,3	135,8	20,2	–	1532,9
32	565,5	64,8	26,6	6,5	129	1464	22,9	22,9	190	30,5	282,3	39,4	–	2052
24	553,4	–	16,1	6,5	188	800	50,6	9,5	181	17,7	84,6	14,9	28	1158,3

По полученным результатам приведена формула химического состава воды одного из родников с наибольшим значением углекислоты:



По критериям отнесения подземных вод к минеральным подземные воды Чойгана можно охарактеризовать как маломинерализованные лечебно-столовые воды, слабоуглекислые, кремнистые и слаборадоновые воды.

Для сопоставления бальнеологической активности принято находить аналоги исследуемым типам минеральных вод. В зависимости от химического состава минеральные воды подразделяют на группы и на гидрохимические типы. В нормативном документе [3] приведены «эталонные» группы минеральных вод, широко используемые в настоящее время. Установление аналога, рассматриваемых минеральных вод, сводится к последовательному определению группы и типа минеральных вод по основным ионам, уровню минерализации, наличию и концентрации тех или иных биологически активных компонентов.

Углекислые минеральные воды природного комплекса Чойган принадлежат к гидрокарбонатному кальциево-натриевому и натриево-кальциевому типу воды. Судя по ионному составу и минерализации подземные воды Чойгана близки к Терсинскому типу (Терсинское месторождение, Кемеровская область). Однако воды этого типа имеют более высокую минерализацию, высокое содержание кремниевой кислоты и диоксида углерода, а также отличаются процент-эквивалентной формой катионов. Помимо этого, подземные воды Чойгана содержат радон.

На основе определений химического состава вод в таблице гидрохимических типов минеральных [3] вод предлагается выделить новый тип в группе гидрокарбонатных кальциево-натриевых и натриево-кальциевых вод – Чойганский, с минерализацией 0,6-3,0 мг/л, с содержанием H_2SiO_3 50-70 мг/л и CO_2 500-1500 мг/л и наличием радона 200-520 Бк/л.

Таким образом, очевидно, что республика Тыва обладает огромными рекреационными ресурсами и потенциалом для использования минеральных вод. Представленная типизация минеральных подземных вод природного комплекса Чойган по химическому составу дает представление о закономерностях их распространения и бальнеологической ценности. Это позволяет более целенаправленно вести работы по дальнейшему изучению и практическому освоению минеральных вод республики.

Работа выполнена в рамках Государственного задания «Наука» № 5.1931.2014/К.

Литература

1. Аракчаа К.Д., Смирнова И.Н., Копылова Ю.Г. Аржаан Чойган – целительная жемчужина Тувы. – Кызыл: типография КЦО «Аныяк», 2012. – 164 с.
2. Гидрогеология СССР. Том XVIII. Красноярский край и Тувинская АССР. Коллектив авторов. Красноярское геологическое управление. Редакция И. К. Зайцев. М. «Недра», 1972. – 479 с.
3. ГОСТ Р 54316-2011. Воды минеральные природные питьевые. – М.: Стандартинформ, 2011.
4. Контроль качества и безопасности минеральных вод по химическим и микробиологическим показателям, МР Минздрава России, 07.04.1997, N 96/225.
5. Шестакова А.В., Камбалина М.Г. Геохимические условия формирования углекислых холодных и термальных вод природного комплекса Чойган // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова. Том I. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – С. 568-570.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
Строкова Л.А. История кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ТПУ.....	4
Копылова Ю.Г. Пятьдесят лет в геологии – пятьдесят лет в строю (группа 219 выпуска 1964 года).....	66
Сердюков В.М. Воспоминания о работе во Вьетнаме.....	76

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Шварцев С.Л., Трифонов Н.С., Сидкина Е.С. Равновесие хлоридных кальциевых рассолов Оленёцкого криоартезианского бассейна с основными породообразующими минералами.....	114
Алешина В.М., Токарев И.В., Рыженко Б.Н., Черкасова Е.В. Термодинамическая модель формирования состава поверхностных вод месторождения Ак-Тюз.....	123
Вологодина И.В., Покровский Д.С., Дутова Е.М., Кульков А.С., Радюк И.В., Спиридонов Т.С. Методические аспекты изучения гидрогенных минеральных новообразований систем водоснабжения.....	131
Гринеvский С.О., Поздняков С.П. Влияние климатических изменений на формирование ресурсов подземных вод.....	136
Грязнов О.Н. Инженерно-геологические условия складчатых поясов.....	142
Дашко Р.Э. Междисциплинарный подход к решению инженерно-геологических проблем при освоении и использовании подземного пространства городов.....	150
Дутова Е.М., Никитенков А.Н. Моделирование миграции урана в водных средах средствами программного комплекса Hydrogeo.....	156
Замана Л.В. Геохимические особенности углекислых вод Восточного Забайкалья	160
Кондратьев В.Г., Бронников В.А. Опасные инженерно-геокриологические процессы и явления на трассе магистрального нефтепровода ВСТО-1: методы изучения и защиты.....	164
Копылова Г.Н. Гидрогеосейсмология: достижения и проблемы.....	168
Лепокурова О.Е. Содовые подземные воды юга-востока Западной Сибири: определение и распространение.....	172
Матусевич В.М., Попов В.К., Ковяткина Л.А. Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии Западно-Сибирского мегабассейна.....	177
Морару К.Е. Современные аспекты изучения и картирования зоны активного водообмена подземных вод.....	181
Новиков Д.А. Особенности гидрогеохимии нефтегазоносных отложений арктических районов Сибири.....	186
Норова Л.П. Развитие региональных гидрогеологических исследований в работах В.А. Кирюхина.....	190
Озерский А.Ю. Специфические гидрохимические типы вод.....	194
Ольховатенко В.Е. Геоэкологические проблемы Томской агломерации.....	199
Плюснин А.М. Воздействие горно-добывающего производства на состояние подземных вод г. Закаменск и окружающей его территории.....	202
Савичев О.Г., Льготин В.А. Подземный сток в таёжной зоне Западной Сибири: многолетние изменения и их причины.....	207
Сальников В.Н., Попов В.К. Электромагнитная эмиссия при дегидратации минералов и горных пород.....	214

Судариков С.М., Змиевский М.В. Гидрогеохимические исследования гидротермальных растворов океана.....	223
Чудаев О.В., Челноков Г.А., Брагин И.В., Харитонов Н.А., Блохин М.Г., Александров И.А. Распределение редкоземельных элементов в реках Восточного и Южного Сихотэ-Алиня в условиях природных и антропогенных аномалий.....	231
Шабалин Л.И. Экспериментальное подтверждение силы разуплотнения поверхностного слоя воды	235

СЕКЦИЯ 1 – РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ ВОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Болдина С.В., Копылова Г.Н. Современное состояние метода урвнмерных наблюдений в скважинах в системе геофизического мониторинга Камчатки.....	240
Бондарева Г.Л. Проблемы разработки центрального участка Кисловодского месторождения минеральных вод.....	244
Евграшкина Г.П., Калинин О.Е. Математические модели изменения гидрогеологических условий шахтных полей Западного Донбасса.....	248
Еремин О.В., Эпова Е.С., Юргенсон Г.А. Оценка теоретической сорбционной ёмкости природного сорбента шивыртуина	253
Калитов Д.К., Завалей В.А., Кисмельева Б.Р., Калитова А.Д. Геотермальные воды Илийского артезианского бассейна и их использование	254
Коханенко А.А., Сидорина Н.Г., Джабарова Н.К. Использование минеральных вод юга Сибири в лечебно-оздоровительных целях.....	259
Кузеванов К.И. Применение гидродинамического моделирования для обоснования мероприятий по борьбе с подтоплением при использовании лучевого дренажа.....	263
Кузеванов К.К., Балобаненко А.А. Методические приемы изучения пространственной изменчивости минерализации подземных вод палеогеновых отложений на примере Томской области.....	267
Магидов С.Х. Влияния истощения ресурсов на геодинамические процессы.....	271
Мязина Н.Г. Роль подземной гидросферы в формировании залежей углеводородов Прикаспийского нефтегазоносного бассейна.....	275
Садыкова Я.В. Гидрогеологическая стратификация Енисей-Хатангской нефтегазоносной области.....	279
Самарцев В.Н., Муромец Н.Н. Опыт эпигнозного моделирования и калибрации модели для оценки запасов подземных вод берегового водозабора.....	283
Сухорукова А.Ф. Геокриологические проблемы освоения нефтегазовых месторождений арктических районов Сибири	287
Трифонов Н.С. Совместимость подземных вод Первомайского нефтегазоконденсатного месторождения, используемых для поддержания пластового давления, с пластовыми водами и породой продуктивных отложений.	290
Харитонов Н.А., Челноков Г.А., Асеева А.В. Минеральные воды месторождения Малкинское (Камчатка): условия формирования и эволюции состава.....	294
Чембарисов Э.И., Лесник Т.Ю., Рахимова М.Н. Коллекторно-дренажные воды голодной степи Республики Узбекистан	398
Шмаков А.В. Методический комплекс исследования химического состава болотных вод и его апробирование на примере «Тимирязевского» болота.....	301
Шушаков О.А., Марьясов А.Г. Магнитно-резонансное зондирование подземных водоносных пластов в гидрогеологии и инженерной геологии.....	306

СЕКЦИЯ 2 – ГРУНТОВЕДЕНИЕ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Беспалова Ю.В., Абдрашитова Р.Н. Применение ингибиторов солеотложений в условиях Западно-Сибирского мегабассейна.....	311
Бракоренко Н.Н. Состояние компонентов геологической среды территорий АЗС и АЗК г. Томска.....	315
Васютич Л.А. Оценка изменений инженерно-геокриологических условий урбанизированных территорий Центрального Забайкалья.....	320
Гридина О.Н. Опыт использования приборов трехосного сжатия производства ООО НПП «Геотек» в определении механических свойств каолинизированных песков для проектирования нового моста через реку Зeya (2013 год).....	324
Жаркова Н.И., Латыпов А.И., Шевелёв А.И., Хузин И.А. Создание постоянно действующей модели геологической среды г. Казани для решения различных инженерно-геологических задач.....	329
Костарев В.П., Папиrowая В.Т., Утемова С.А. О карстоопасности территории большой Перми.....	336
Крамаренко В.В., Никитенков А.Н., Молоков В.Ю. О применении микроволновых печей для определения влажности органических и органоминеральных грунтов.....	338
Латыпов А.И., Жаркова Н.И., Нуриев И.С. Оценка оползневой опасности на территории строящегося города Иннополис (Татарстан).....	343
Леонова А.В. Инженерно-геологические условия развития неблагоприятных геологических процессов на территории городов (на примере г. Кемерово).....	347
Мухина И.Г. Особенности просадочных грунтов Омской области.....	350
Ольховатенко В.Е., Прянишников Е.Г. Оценка инженерно-геологических условий разработки открытым способом союзного месторождения графита в Еврейской автономной области.....	354
Подборская В.О., Невечера В.В. Анализ опыта изучения влияния процесса криогенного пучения грунтов на устойчивость элементарных ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря.....	357
Решетько М.В. К вопросу о возможном влиянии изменений климатических условий на интенсивность экзогенных процессов в районе строительства магистрального газопровода "Сила Сибири" на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск.....	361
Саммаль А.С., Анциферов С.В., Деев П.В. Расчет обделок комплексов тоннелей мелкого заложения на сейсмические воздействия землетрясений.....	366
Строкова Л.А. Теоретические и методологические аспекты создания расчетных моделей грунтовых оснований.....	371
Труфанов А.И., Чернышов В.И., МаксUTOва Н.К. Карст севера Русской плиты (в пределах территории Вологодской области).....	377
Хомутов А.В., Дворников Ю.А., Лейбман М.О., Губарьков А.А., Мулламуров Д.Р. Активизация термоденудационных процессов на Центральном Ямале под действием климатических изменений и техногенеза.....	381
Phi Hong Thinh, Pham Quoc Tuan, Pham Ngoc Minh Solution to prevent rockslide at left portal of North tunnel of DA Nang - Quang Ngai expressway in Quang Nam, Vietnam.....	384

СЕКЦИЯ 3 – ГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД

Борзенко С.В. Редкоземельные элементы в водах минеральных озер Восточного Забайкалья.....	392
Брагин И.В., Бушкарева К.Ю., Иванова И.С., Челноков Г.А. Геолого-гидрогеохимическая характеристика карстового источника Серебряный ключ (хребет Лозовый).....	396
Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Хвощевская А.А. Исследование насыщенности термальных вод вторичными минералами (на примере природного комплекса Тарыс, Тува).....	400
Домрочева Е.В., Лепокурова О.Е. равновесия подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) с минералами вмещающих пород.....	405
Замана Л.В., Чечель Л.П. Гидрогеохимия зоны техногенеза молибденовых месторождений Восточного Забайкалья.....	409
Зыкин Н.Н., Токарев И.В., Эйрих А. Результаты изучения изотопного состава кислорода и водорода воды Телецкого озера и вод питающих его рек.....	414
Иванова Л.И., Романова Т.И., Хабибуллина Р.Д. Характеристика пресных подземных вод Ханты-Мансийского автономного округа.....	417
Калкаманова З.Г., Мусин Р.Х. Литофациальные комплексы и геохимия подземных вод верхней части разреза Республики Татарстан.....	420
Кац В.Е., Шитов А.В., Ролдугин В.В. Изменение химического состава подземных вод Республики Алтай вследствие Чуйского землетрясения и его афтершокового процесса.....	424
Колпакова М.Н., Шварцев С.Л., Борзенко С.В., Исупов В.П., Шацкая С.С. Геохимическая специфика озерных вод Кулундинской степи Алтайского края.....	428
Кондратьева Л.М., Полевская О.С., Коновалова Н.С. Элементный состав натёчных обрастаний в пещере Снежная (Абхазия).....	432
Ларина Г.В., Инишева Л.И. Химический состав болотных вод Алтайской горной области.....	437
Наймушина О.С., Колпакова М.Н. Зональные особенности химического состава болотных и озерных вод при переходе от гумидных к аридным ландшафтам юга Западной Сибири.....	440
Оргильянов А.И., Крюкова И.Г., Бадминов П.С. Минеральные углекислые воды месторождения Ямкун (Восточное Забайкалье).....	446
Салыбекова В.С., Калитов Д.К., Завалей В.А., Рахимов Т.А. Гидрогеологические аспекты технологии комплексной очистки хромсодержащих сточных вод методом in-situ.....	450
Сидкина Е.С., Рыженко Б.Н., Черкасова Е.В. Термодинамическое моделирование взаимодействия системы «вода – минеральный осадок – органическое вещество» на стадии диагенеза.....	454
Токаренко О.Г., Никитенков А.Н., Пасечник Е.Ю. Анализ минеральных равновесий термальных вод Байкальской рифтовой зоны с использованием программных пакетов Hydrogeo и PHREEQC.....	458
Фетисов В.В. Изучение аварийных рассолов калийных рудников на основе физико-химического моделирования их взаимодействия с хлоридными минералами.....	463
Челноков Г.А., Колубаева Ю.В., Васильева М.К. Высокоминерализованные воды юга Приморья: условия формирования и бальнеологические свойства.....	471

Черняев Е.В., Федюнина Н.В. Поисковая геохимия на основе масс-спектрометрии (ICP-MS).....	475
Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Зиппа Е.В., Чж. Сунь Геохимия фтора в азотных термальных водах Забайкалья и провинции Цзянси (Китай).....	478
Эпова Е.С., Еремин О.В. Интенсивность выщелачивания лантаноидов из руд месторождения Любовь (Восточное Забайкалье) при различных температурных режимах.....	482
Янковский В.В. Йод в пластовых водах нефтяных месторождений Томской области.....	486

СЕКЦИЯ 4 – ГЕОЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Абдулазимов Р.А., Алиева Н.Х., Маммедова Дж.А. Оценка экологической обстановки озер урбанизированных территорий Апшерона.....	490
Бушкарева К.Ю., Калитина Е.Г., Харитонов Н.А., Челноков Г.А., Брагин И.В. Химический и микробиологический состав техногенных вод Краснореченской обогатительной фабрики (Приморский край, Россия).....	493
Верхотуров А.Г., Размахнина И.Б. Геоэкологические проблемы разработки Татауровского месторождения бурого угля в Забайкалье.....	499
Жапарханов С.Ж., Ерикулы Ж. Эколого-гидрогеологические условия загрязнения подземных вод территории Жайремского ГОКа.....	503
Зыков А.И. Автоматизированный информационный комплекс мониторинга полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов.....	506
Калитина Е.Г., Никулина Т.В., Харитонов Н.А., Вах Е.А. Материалы к изучению разнообразия микроорганизмов в термальных источниках Камчатки (Россия).....	510
Кончакова Н.В., Ушакова Н.С. Оценка экологического риска при использовании подземных вод Томской области в питьевых целях	513
Курлянов Н.А., Мусин Р.Х. Вертикальная гидрохимическая зональность озер Среднего Поволжья.....	517
Мусин Р.Х., Курлянов Н. А., Калкаманова З. Г. Техногенез и геохимия подземных вод на производственных площадках ПАО “Нижнекамскнефтехим” – одной из крупнейших нефтехимических компаний Европы.....	521
Наливайко Н.Г., Хващевская А.А. Микрофлора природных вод источников нецентрализованного питьевого водоснабжения.....	526
Подлипский И.И., Зеленковский П.С. Эколого-геохимическая оценка состояния системы оз. Лошамьё (НП «Смоленское Поозерье»).....	530
Сахаров Е.В. Экология подземного пространства Кемеровской области.....	536
Сахаров В.Н., Сахаров Е.В., Минтянов Ю.В., Минтянов В.Ю. Геоэкологические проблемы г. Кемерово	538
Севостьянова О.А., Полиенко А.К., Осадчий В.А. Факторы и уровень заболеваемости мочекаменной болезнью населения Томской области.....	546
Семенов М.Ю., Маринайте И.И. Принципы смешения вещества как основа взаимодействия компонентов природной среды и их использование в системе геоэкологического мониторинга.....	550
Тимошенкова А.Н., Морару К.Е., Пасечник Е.Ю., Токаренко О.Г. Равновесие грунтовых и межпластовых вод Молдовы с минералами водовмещающих пород в условиях антропогенной нагрузки.....	555

СЕКЦИЯ 5 – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ БУРЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Афиян В.Ю. Преимущества роторной управляемой системы для эффективного бурения Power Drive Vortex.....	560
Бер А.А., Курулюк А.В. Разработка технических средств гравийной обсыпки (гравий-гильза) при фильтровой зоне технологических скважин.....	564
Бузанов К.В., Боярко Ю.Л., Нечаева Л.Н. Разработка методики расчета требуемого давления на компрессоре при бурении интервалов под направление с очисткой забоя воздухом для геологических условий Дулисьминского месторождения.....	567
Виноградов Е.В. Анализ эффективного применения смазочных добавок в буровом растворе.....	576
Глущенко А.А. Анализ классификации аварий, возникающих при строительстве скважин.....	580
Гуран Л.В. Разработка облегченных вермикулитосодержащих материалов.....	584
Дегтярёв И.В. Сравнительный анализ конструкций отечественных и зарубежных насосов.....	588
Замулин П.В. Виды буровых растворов. Развитие полимеросодержащих буровых растворов, их особенности и преимущества над остальными растворами	591
Звижинский В.И. Анализ типов и особенностей эксплуатации противовыбросового оборудования в бурении скважин	596
Ковалев А.В., Рябчиков С.Я., Исаев Е.Д. Моделирование процессов шароструйного способа бурения скважин.....	600
Козлов Д.Е., Минаев К.М. Повышение устойчивости ствола скважины для предупреждения и ликвидации поглощения бурового раствора.....	604
Макаров А.И. Современные тенденции наклонно-направленного бурения в Западной Сибири.....	611
Мельников В.В. Анализ опыта изучения влияния температуры на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей.....	615
Минаев К.М., Яновский В.А., Мишунина А.С., Чуркин Р.А. Сравнительный анализ реологических свойств модельных полимерглинистых буровых растворов на основе современных полисахаридных реагентов.....	619
Мурзин А.М. Современные способы и технические средства для борьбы с поглощениями.....	622
Новосельцев Д.И., Епихин А.В. Сравнительный анализ применения роторных управляемых систем и управляемого двигателя в наклонно-направленном бурении, критерии сравнения.....	628
Плетнев Н.С., Семенов Н.В. Анализ типовых конструкций вибрационных сит и особенностей их эксплуатации	632
Райхе А.А. Типы профилей наклонно-направленных скважин и способы их проектирования.....	635
Рудов И.А. Анализ покрытия для обсадных колонн «Изоллат».....	641
Рудов И.А. Анализ опыта применения и выбора оптимальной величины расширения тампонажных материалов. Разработка тампонажных составов с высокой степенью расширения.....	645

Сенченко М.А. Анализ исследований по управлению устойчивостью горных пород в стенках скважины.....	650
Сугаков И.А. Совершенствование технических средств для разобщения пластов и изоляции межпластовых перетоков. Нефтегазобухающие пакера.....	656
Трапезников А.И. Технологическая оснастка потайных обсадных колонн (хвостовиков).....	660
Щербаков Р.Э. Строительство скважин и экология: проблемы, методы решения, перспективы.....	663

МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА

Афанасьева М.И. Растворенное органическое вещество аквальных ландшафтов Приамурья.....	668
Батуева Э.М. Озеро Гусиное как источник водоснабжения.....	671
Волженина А.Ю. Оценка загрязненности вод реки Васюган по основным гидрохимическим показателям.....	675
Ворожейкина Е.А., Дребот В.В. Сравнительная характеристика химического состава минеральных вод Шадринского месторождения.....	679
Гейвус А.С. Поступление загрязняющих веществ с поверхностным стоком городских территорий в реку Ушайку.....	683
Гридасов А.Г. Условия формирования запасов подземных вод Тутуяского месторождения (Южный Кузбасс).....	688
Грифинштейн Т.И., Синюткина А.А. Пространственная дифференциация болот бассейна р. Чая.....	692
Грязнов О.Н., Гуляев, А.Н. Рубан, Н.В. Савинцев И.А., Черкасов С.А. Инженерная геология г. Екатеринбург.....	696
Евтюгина З.А., Копылова Ю.Г., Гусева Н.В., Мазурова И.С., Русинова Т.А., Воробьева Д.А. Химический состав природных вод окрестностей озера Имандра (Мурманская область).....	699
Ермолаева А.В. Применение методики оценки агрессивности подземных вод для оценки карстового процесса при строительстве магистральных газопроводов.....	705
Ефстифеева Э.М. Инженерно-геологические процессы неблагоприятные для строительства в Рудничном районе города Кемерово.....	709
Зарубов М.С. Извлечение полезных элементов из подземных рассолов Западной Сибири на примере алмазодобывающего карьера «Удачный».....	713
Иванова Е.В. Исследование деформации речных русел как фактора аварийности на нефтегазотранспортных системах Западной Сибири на примере реки Кия.....	716
Лехов В.А. Методика определения коэффициента диффузии в слабопроницаемых отложениях.....	720
Ликаровская М.В. Оценка состояния территории по ул. Октябрьский взвоз,1 и мероприятия по ее инженерной защите.....	724
Луен Ван Нгуен Гидрогеохимические условия в уезде Чодонь (Северный Вьетнам, провинция Баккан).....	727
Лямин И.А. Равновесие поверхностных вод с минералами Кизеловского угольного бассейна в условиях влияния шахтных вод.....	734
Мальцев А.Е., Леонова Г.А., Бобров В.А. Геохимия поровых вод донных отложений озера Большие Тороки (Западная Сибирь).....	738
Молоков В.Ю. Содержание радона в природных водах Горного Алтая.....	742

Орлова Т.В. Структура геотермического поля нефтегазоносных отложений Северного свода.....	745
Покровский В.Д. Оценка барражного эффекта свайных оснований на примере г. Томска.....	749
Попов В.К., Козина М.В., Левак Ю.Ю. Экологизация водно-земельных имущественных отношений на территории нижнего течения реки Томи.....	754
Поскотинов А.Е. Обработка результатов одиночной откачки в посёлке Ангарский (Красноярский край)	759
Пургина Д.В. Прогноз подтопления набережной реки Кама г. Пермь методом численного моделирования.....	761
Пургина Д.В. Оценка барражного эффекта в городском строительстве посредством создания численной модели на примере железнодорожной линии Пермь I - Пермь II свердловской железной дороги.....	768
Русинова Т. А. Формы миграции никеля и меди в природных водах района озера Имандра (Кольский полуостров).....	775
Сесь К.В. Гидрогеохимия нефтегазоносных отложений Бованенковско-Нурминского наклонного мегавала (полуостров Ямал).....	778
Солдатова Е.А. Изотопный состав подземных вод водосборного бассейна озера Поянху (Китай).....	782
Спиридонов Т.С. Литологические и фациальные особенности нижнемеловых терригенных пород Ачимовской толщи на примере Песцового месторождения (Янао).....	786
Стародубцева Е.И., Гридасов А.Г., Покровский В.Д. Химический состав подземных вод из дренажной горной выработки в Лагерном саду (Томск).....	789
Черенева В.А. Гидрогеология юго-восточной части Присяянского прогиба.....	792
Черных А.В. Периодизация гидрогеологической истории Анабаро-Хатангского бассейна.....	796
Четверикова А.В., Сучкова К.В. Негативные последствия интенсивного водоотбора подземных вод и способы их предотвращения.....	801
Шестакова А.В. Обоснование нового гидрохимического типа минеральных вод на примере природного комплекса Чойган (Восточная Тыва).....	805

Научное издание

Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии» с элементами научной школы

Издательство ТПУ
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс (3822) 563535, 564557
e-mail: publish@tpu.ru

Подписано к печати ____ 2015. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .

Заказ . Тираж экз.




Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO 9001:2000



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Тел. / факс: 8(3822) 56-35-35. www.tpu.ru