

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Том I

*Труды XXVI Международного симпозиума
имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных,
посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Расказова,
120-летию со дня рождения А.А. Халфина,
50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова*

Томск 2022

УДК 504(063)
ББК 20.1л0
П78

П78 **Проблемы геологии и освоения недр** : труды XXVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Расказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 351 с.

ISBN 978-5-4387-1101-8 (т. 1)
ISBN 978-5-4387-1100-1

В сборнике отражены проблемы палеонтологии, стратиграфии, тектоники, исторической и региональной геологии, минералогии, геохимии, петрологии, литологии, полезных ископаемых, металлогении, гидрогеологии, гидрогеохимии, инженерной геологии, геофизики, нефтяной геологии, геоинформационных систем в геологии, разработки нефтяных и газовых месторождений, переработки углеводородного и минерального сырья, нефтегазопромыслового оборудования, бурения нефтяных и газовых скважин, техники и технологии разведки и добычи, транспорта и хранения нефти и газа, горного дела, технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых, геоэкологии, гидрогеоэкологии, охраны и инженерной защиты окружающей среды, комплексного использования минерального сырья, землеустройства, экономики минерального сырья и горного права.

Статьи даны в авторской редакции.

УДК 504(063)
ББК 20.1л0

Главный редактор – А.С. Боев, к.х.н., директор ИШПР

Ответственный редактор – Е.Ю. Пасечник, доцент, к.г.-м.н.

Ответственные редакторы секций:

Секция 1 – И.В. Рычкова, к.г.-м.н., доцент.

Секция 2 – Л.Г. Ананьева, к.г.-м.н., доцент.

Секция 3 – А.К. Мазуров, д.г.-м.н., профессор.

Секция 4 – Н.М. Недоливко, к.г.-м.н., доцент.

Секция 5 – В.И. Исаев, д.г.-м.н., профессор.

Секция 6 – Н.В. Гусева, д.г.-м.н., профессор.

Секция 7 – М.В. Козина, к.т.н., доцент.

Секция 8 – Е.Г. Язиков, д.г.-м.н., профессор.

Секция 9 – П.Н. Зятиков, д.т.н., профессор.

Секция 10 – П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., профессор.

Секция 11 – Е.Н. Ивашкина, д.т.н., профессор.

Секция 12 – В.И. Верещагин, д.т.н., профессор.

Секция 13 – А.В. Ковалев, к.т.н., доцент.

Секция 14 – К.К. Манабаев, к.ф.-м.н., доцент.

Секция 15 – А.В. Шадрин, д.т.н., доцент.

Секция 16 – С.Н. Харламов, д.ф.-м.н., профессор.

Секция 17 – Г.Ю. Боярко, д.э.н., профессор.

Секция 18 – Л.М. Болсуновская, к.фил.н., доцент.

Секция 19 – О.В. Савинова, к.г.-м.н., доцент.

Технический редактор – И.В. Павлова, эксперт организационного отдела ИШПР

ISBN 978-5-4387-1101-8 (т. 1)
ISBN 978-5-4387-1100-1

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2022



TOMSK
POLYTECHNIC
UNIVERSITY

PROBLEMS OF GEOLOGY AND SUBSURFACE DEVELOPMENT

Part I

*Proceedings of the 26th International Scientific Symposium
of students, postgraduates and young scientists devoted to
the 90th anniversary of birth of N.M. Rasskazov,
to the 120th anniversary of birth of L.L. Khalfin
and to the semicentury of scientific conferences in honor of academician M.A. Usov*

UDC 504(063)
BBC 20.1.10
P78

P78 **Problems of Geology and Subsurface Development** : Proceedings of the 25th International Scientific Symposium of students, Postgraduates and young Scientists devoted to the 90th anniversary of birth of N.M. Rasskazov, to the 120th anniversary of birth of L.L. Khalfin and to the semicentury of scientific conferences in honor of academician M.A. Usov. Part I / Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2022. – 351 p.

Problems of paleontology, stratigraphy, tectonics, historical and regional geology, mineralogy, geochemistry, petrology, lithology, mineral products, hydrogeology, hydrogeochemistry, engineering geology, geophysics, oil geology, hydrocarbon and minerals refining, oil and gas fields development, oil field equipment, well drilling, techniques and technology of oil and gas transportation and storage, mining, exploration technique, geocology, environmental protection, complex mineral resource usage, land management, mineral economics and mining law were discussed.

Articles autographed by authors.

UDC 504(063)
BBC 20.1.10

Editor-in-chief – Editor-in-chief – A.S. Boev, PhD (in Chemistry)

Director for Science and Academic Affairs,

Executive editor – E.Y. Pasechnik, Associate Professor, PhD (in Mineralogy)

Panels' executive editors:

Panel 1 – I.V. Rychkova, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 2 – L.G. Ananieva, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 3 – A.K. Mazurov, Professor, Dsc (in Mineralogy);

Panel 4 – N.M. Nedolivko, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 5 – V.I. Isaev, Professor, Dsc (in Mineralogy);

Panel 6 – N.V. Guseva, Professor, Dsc (in Mineralogy);

Panel 7 – M.V. Kozina, Associate Professor (Engineering Sciences);

Panel 8 – E.G. Yazikov, Professor, Dsc (in Mineralogy);

Panel 9 – P.N. Zyatikov, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 10 – P.A. Strizhak, Dsc (Physico-Mathematical Sciences);

Panel 11 – E.N. Ivashkina, Professor, Dsc (Engineering Sciences);

Panel 12 – V.I. Vereshchagin, Professor, Dsc (Engineering Sciences);

Panel 13 – A.V. Kovalev, Associate Professor, PhD (Engineering Sciences);

Panel 14 – K.K. Manabaev, Associate Professor, PhD (Physico-Mathematical Sciences);

Panel 15 – A.V. Shadrina, Associate Professor, Dsc (Engineering Sciences);

Panel 16 – S.N. Harlamov, Professor, Dsc (Physico-Mathematical Sciences);

Panel 17 – G.Yu. Boyarko, Professor, Dsc (Economic Sciences);

Panel 18 – L.M. Bolsunovskaya, Associate Professor, PhD (Philological Sciences);

Panel 18 – O.V. Savinova, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Technical editor – I.V. Pavlova, expert of organization department
of School of Earth Sciences & Engineering.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) 4-8 апреля 2022 г. состоялся XXVI Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Рассказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова.

Организация и проведение XXVI Международного научного симпозиума «Проблемы геологии и освоения недр» осуществлялась при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ и была поручена Инженерной школе природных ресурсов (ИШПР) Национального исследовательского Томского политехнического университета, старейшего высшего технического учебного заведения в подготовке геологических кадров и высоких достижений в научных исследованиях. Инженерная школа природных ресурсов (в прошлом ГРФ, НГФ, ИГНД, ИПР) была основана в 1901 г. как горное отделение Томского технологического института В.А. Обручевым – первым штатным геологом Сибири, впоследствии ставшим академиком АН СССР, Героем Социалистического Труда, первым в нашей стране лауреатом Ленинской премии.

Горное отделение ТТИ являлось родоначальником геологического образования и геологической науки в азиатской части России. Созданная В.А. Обручевым и М.А. Усовым Сибирская горно-геологическая школа сыграла и сегодня продолжает играть важную роль в открытии, изучении и освоении минерально-сырьевых ресурсов не только Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока нашей страны, но и Средней Азии.

Среди выпускников – целая плеяда выдающихся ученых, инженеров и организаторов производства. Это М.А. Усов – ученик и первый аспирант В.А. Обручева, первый из числа выпускников научной школы (факультета) – профессор и первый из сибиряков – академик, с именем которого связано становление горнодобывающей промышленности Сибири и перенца ее геологической службы – Сибгеолкома; академик К.И. Сатпаев – организатор и первый президент Академии наук Казахстана; профессор Н.Н. Урванцев, первооткрыватель уникального Норильского рудного региона, Заслуженный полярник СССР; профессор М.К. Коровин, первым указавшей на перспективы нефтегазоносности Западной Сибири и многие другие. Из более чем 35 тысяч выпускников научной школы (факультета) более 450 стали первооткрывателями месторождений полезных ископаемых, 1 – Лауреатом Нобелевской премии, 50 – Лауреатами Ленинской и Государственной премий, более 270 – докторами и более 1700 – кандидатами наук. Из стен ИШПР вышло 15 академиков и членов-корреспондентов Академии Наук СССР (РАН), 5 Героев Социалистического Труда.

Сегодня Инженерная школа природных ресурсов ТПУ представляет собой крупный учебный (почти 2000 студентов, обучающихся по очной форме обучения) и научный центр в области геологии, поисков, разведки и разработки разнообразных полезных ископаемых, в том числе геологии углеводородного сырья и его переработки, нефтегазодобычи, транспорта и хранения нефти и газа. С момента основания в ИШПР ТПУ успешно осуществлялось единство научно-исследовательской работы по фундаментальным и прикладным наукам – высшего образования и производственной деятельности, создавались и развивались богатые традиции НИРС, бережно сохраняемые и развиваемые и по сей день.

В 2022 г. симпозиум проводился в гибридном формате: участники представляли свои доклады очно, а также имели возможность выступить онлайн.

Симпозиум работал одновременно по 19 секциям: 1 секция – Палеонтология, стратиграфия и региональная геология; 2 секция – Минералогия, геохимия и петрография; 3 секция – Геология и генезис рудных месторождений, минералогия; 4 секция – Геология нефти и газа. Современные методы поисков и разведки углеводородного сырья; 5 секция – Геофизические методы исследования Земли и поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; 6 секция – Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология; 7 секция – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель; 8 секция – Геоэкология, охрана и защита окружающей среды; 9 секция – Современные технологии разработки нефтяных и газовых месторождений; 10 секция – Энергоснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности; 11 секция – Химическая технология подготовки и переработки углеводородных ресурсов; 12 секция – Комплексное использование минерального сырья; 13 секция – Современные техника и технологии бурения скважин; 14 секция – Горное дело. Разработка рудных и нерудных полезных ископаемых. Машины и комплексы; 15 секция – Современная техника и технологии транспортировки и хранения нефти и газа; 16 секция – Математическое моделирование, фундаментальные и численно-экспериментальные исследования в технике и технологиях интенсификации процессов в нефтегазовом деле; 17 секция – Экономика минерального и углеводородного сырья. Природоресурсное право; 18 секция – Геология, горное и нефтегазовое дело (доклады на английском и немецком языках); подсекция 18.1 – Трансдисциплинарность в инженерных исследованиях; 19 секция – Юные исследователи в науках о Земле (доклады школьников).

Заявки для участия в симпозиуме подали 490 авторов России, ближнего и дальнего зарубежья.

В период работы симпозиума на заседаниях 19 секций было представлено 471 доклад: все доклады были заслушаны в гибридном формате. Активное участие в работе симпозиума приняли иногородние участники, которые представили 157 докладов, 341 участник из г. Томска.

По отраслевой принадлежности участники были представлены следующим образом: из ВУЗов: Томский политехнический университет – 268, Томский государственный университет – 25, Томский государственный архитектурно-строительный университет – 4, Альметьевский государственный нефтяной институт – 1, Башкирский государственный университет – 2, Государственный университет по землеустройству – 3, Грозненский государственный нефтяной технический университет – 2, Иркутский национальный исследовательский технический университет – 8, Казанский (Приволжский) федеральный университет – 4, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева – 1, Карагандинский государственный технический университет (Казахстан) – 1, Новосибирский государственный университет – 1, Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина – 1, Кубанский государственный университет – 5,

Международный университет нефти и газа имени Ягшигелди Какаева (Туркменистан) – 19, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова – 2, Пермский государственный национальный исследовательский университет – 1, Пермский национальный исследовательский политехнический университет – 17, Сибирский федеральный университет – 2, Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе – 2, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина – 1, Российский университет дружбы народов – 2, Санкт-Петербургский Горный университет – 16, Санкт-Петербургский государственный университет – 2, Сибирский государственный университет геосистем и технологий – 8, Тувинский государственный университет – 1, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск – 1, Тюменский государственный университет – 3, Тюменский индустриальный университет – 4, Ухтинский государственный технический университет – 1, Югорский государственный университет – 2, Американский университет Рас аль Хаймы (ОАЭ) – 1, Ягеллонский университет, г. Краков, Польша – 1, Тринити Колледж (Trinity College), г. Хартфорд, США – 1; из средних специальных образовательных учреждений: Томский политехнический техникум – 34; из школ – 15; из НАН – Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан – 2, Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ – 1, Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ – 3, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток – 1, Институт геодинамики и геологии ФГБУН ФИЦКИА РАН, г. Архангельск – 2, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск – 1, Институт геологии и сейсмологии Академии наук Республики Молдова, г. Кишенев – 1, Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск – 2, Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск – 2, Институт нефтехимии и катализа РАН, г. Уфа – 2, Институт химии нефти СО РАН, г. Томск – 6, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток – 1, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН – 4; из НИИ: Тюменский нефтяной научный центр – 6, ОАО «ТомскНИПИнефть», г. Томск – 5, ООО «НК «Роснефть» - НТЦ», г. Краснодар – 1; из предприятий: АО «ТОМКО», г. Томск – 1, Славнефть-Красноярскнефтегаз – 1, ПАО «Славнефть-мегионнефтегаз», г. Мегион – 1.

Статус участников симпозиума, выступивших с докладами, следующий: школьников – 11, студентов средних специальных образовательных учреждений – 34, студентов ВУЗов – 184, магистрантов – 103, аспирантов – 97, молодых ученых – 40.

Дальнее зарубежье было представлено странами: Польша, США, Вьетнам, Китай, Египет, Индонезия, Ирак, Сенегал, Республика Чад, Нигерия. Ближнее зарубежье (страны СНГ) было представлено странами: Республика Казахстан, Республика Туркменистан, Республика Молдова.

Перед участниками симпозиума на открытии каждой секции выступали ведущие ученые, профессора, которые осветили проблемы и перспективы развития науки в XXI веке по каждому из 19 научных направлений секций.

Конкурсные комиссии секций подчеркнули высокий научный уровень докладов участников, часть из которых отличаются новизной и оригинальностью идей. Доложенные результаты лучших научных работ актуальны, отражают исследования, как в области фундаментальных наук, так и имеют важное прикладное значение и, при дальнейшей научной разработке, могут быть представлены в виде диссертаций на соискание ученых степеней. Авторы научных работ продемонстрировали владение современными методами научных исследований. Многие доклады являются частью грантов и договоров, могут быть использованы на производстве. Результаты исследований по ряду представленных докладов имеют акты внедрения и патенты. Участники из других ВУЗов и научных организаций отметили высокий организационный уровень проведения симпозиума.

Во время работы XXVI Международного симпозиума был проведен конкурс лучших научных докладов. Лауреаты конкурса лучших докладов по всем научным направлениям (секциям) традиционно награждены дипломами и призами. Всем участникам симпозиума были выданы сертификаты. Все результаты симпозиума размещены на сайте <http://usovma.tpu.ru>.

В рамках XXVI Международного научного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы Геологии и освоения недр» сотрудниками Научно-технической библиотеки ТПУ была подготовлена выставка: посвященная 90-летию со дня рождения Н.М. Рассказова, 120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина, 50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова.

В рамках симпозиума при поддержке студенческой секции Европейской ассоциации геоученых и инженеров (EAGE) Томского политехнического университета проводилась Геологическая викторина Geo SQuiz, в которой приняли участие студенты, а также преподаватели. Геологическая викторина Geo SQuiz проводилась в очном формате.

С целью популяризации научных исследований и развития творческого потенциала молодых ученых в рамках XXVI Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» проведен фотоконкурс по номинациям: «Держись, ученый!»; «Молодые ученые в лаборатории»; «Природа – художник»; «Макронаука». Итоги конкурса публиковались в телеграм канале https://t.me/nauch_meropr.

В рамках научного симпозиума были проведены молодежные школы по направлениям: «Прогноз тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния объектов нефтегазодобычи», «Создание цифровых двойников керна методами компьютерной томографии», Инструменты программы «1С: Экология. Охрана окружающей среды КОРП», «Область применения беспилотных летательных аппаратов», «Микроскопические и спектроскопические методы исследования минеральных веществ».

Сборник научных трудов симпозиума зарегистрирован в базе РИНЦ. Материалы и итоги симпозиума размещены на сайте симпозиума.

В своих отчетах о работе секций председатели и секретари отмечают лучшие доклады и важные моменты в работе их секций.

Тематика работ **секции 1 «Палеонтология, стратиграфия и региональная геология»** посвящена широкому спектру вопросов в области палеонтологии, стратиграфии и региональной геологии. Авторы продемонстрировали результаты своих исследований преимущественно для фанерозойских отложений.

Традиционно тематики представленных докладов были в области научных и практических проблем палеонтологии, стратиграфии, региональной геологии и перспектив нефтегазоносности. Актуальные темы, затронутые докладчиками, рассматривались с помощью новейших методов изучения горных пород и фоссилей. Среди участников секции были студенты, магистранты, молодые ученые, доклады которых имеют достаточно высокий уровень, практическую и научную значимость.

Доклады, представленные на секцию 2 «Минералогия, геохимия и петрография» и секцию 3 «Геология и генезис рудных месторождений, минерагения» были заслушаны на совместном заседании и полностью отвечают научному направлению и тематике секции. Открыл заседание профессор ТПУ В.Г. Ворошилов, ведущий специалист в области геохимии, с докладом об использовании математических методов моделирования при решении прогнозно-поисковых задач в прикладной геохимии. Также в качестве открывающих заседания секций с докладами выступили молодые учёные ТПУ, которые представили свои актуальные работы по различным направлениям геологических исследований. Так были заслушаны доклады М.А. Рудмина о минералах-спутниках рудообразующих процессов месторождений морских железняков, Т.Ю. Якич об особенностях присутствия селена и теллура в месторождениях благородных металлов, А.С. Рубан доложил об исследованиях донных осадков моря Лаптевых. Следует отметить, что эти научные исследования молодых учёных поддержаны грантами Российского научного фонда. В целом в работе секций актуальность докладов участников секций заключается в решении научных и практических проблем в области исследования изучения геологических аспектов месторождений полезных ископаемых. Доклады, представленные на секции, были посвящены исследованиям в разных областях геологии и затрагивали вопросы нефтяной геологии, благородной минерализации, исследованию месторождений черных и цветных металлов, геммологии. Необходимо отметить высокий уровень докладов молодых учёных, которые обязательно используют в своих научных работах как традиционные методы исследования (минералогические, минеграфические, инфракрасную спектроскопию, спектральный и рентгеноструктурный анализ, математическую статистику, геоинформационные методы и др.), так и современные методы, такие как электронная микроскопия, рамановская спектроскопия и другие. Проведённые молодыми учёными исследования, как правило, находят своё продолжение в использовании полученных данных в прикладной геологии.

Тематика работ секции 4 «Геология нефти и газа. Современные методы поисков и разведки углеводородного сырья» посвящена поиску и разведке нефтяных и газовых месторождений; методам изучения карбонатных, терригенных и нетрадиционных пород-коллекторов; реконструкциям условий осадконакопления отложений, вмещающих залежи нефти и газа, вторичным преобразованиям пород в связи с глубинной углеводородной флюидомиграцией; новым технологиям лабораторных исследований нефтегазовмещающих пород, основным направлениям и перспективам развития нефтегазовых комплексов, геологической интерпретации данных геофизических исследований скважин; геологическому сопровождению бурения; геологическому моделированию.

Открыл заседание секции почетный гость – академик РАЕН, генеральный директор АО «ТОМКО» Ростовцев Валерий Николаевич, который представил участникам симпозиума новую парадигму поиска месторождений нефти и газа и обозначил перспективы развития нефтяной промышленности Томской области.

Заседание секции 5 «Геофизические методы исследования Земли и поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» открывал доклад председателя секции д. г.-м. н профессора Исаева В.И., в котором освещались основные перспективы и направления прироста запасов углеводородов в Западной Сибири.

Тематика докладов, представленных на секции, осветила широкий спектр вопросов геофизики. В докладах по рудной тематике рассматривались преимущества применения индукционного каротажа на пластово-инфильтрационных месторождениях урана: была продемонстрирована ярко выраженная зависимость между электропроводностью и проницаемостью, а также предложен алгоритм определения периодичности применения индукционного каротажа – и освещался опыт применения импульсной электроразведки при поиске медно-молибденовой минерализации. Проблемы разведки и поисков углеводородного сырья раскрыты в докладах об оценке возможностей метода ядерно-магнитного резонанса при комплексной оценке пористости и литологии отложений в литологически неоднородных разрезах и о результатах математического моделирования термической истории древних палеозойских отложений в целях оценки их нефтематеринского потенциала.

Кроме того, при работе секции были заслушаны доклады, посвященные изучению теплового поля Земли, а именно картированию поля теплового потока востока Томской области и исследованию влияния вещественного состава пород на поле теплового потока. Изучению строения Земли с помощью сейсмических волн посвящен доклад о моделировании поля напряжений вследствие зацепа при относительном движении берегов разлома в окрестностях очага землетрясений. В особую категорию выделен доклад о результатах электромагнитного профилирования при поиске археологических объектов.

Секцию 6 «Гидрогеология, инженерная геология и гидрогеоэкология» открывал доклад д.г.-м.н., заведующего кафедрой - руководителя отделения геологии на правах кафедры Н.В. Гусевой, который был посвящен современным проблемным тематикам в области гидрогеологии, гидроэкологии, формированию водных ресурсов, инженерной геологии.

Доклады секции включали актуальные вопросы и проблемы, изучаемые сегодня на всей территории нашей страны и ближнего зарубежья: геохимию поверхностных, подземных и термальных вод, формы миграции химических, в т.ч. редкоземельных, элементов и техногенные радионуклиды подземных вод, геоэкологическое состояние поверхностных и подземных водных объектов, водопритоки в подземные горные выработки, инженерно-геологические изыскания уникальных зданий и сооружений, изменчивость свойств грунтов и многие другие актуальные вопросы.

На 7 секции «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель» высокий научно-технический уровень докладов, отмеченный комиссией секции, а также достаточно большое количество участников, свидетельствуют о повышении интереса к науке среди студентов, аспирантов и научных сотрудников, которые искали ответы на

наиболее актуальные вопросы и проблемы в сфере земельно-имущественных отношений, геодезии, землеустройства, Единого государственного реестра недвижимости и мониторинга земель.

В представленных докладах отражены вопросы необходимости использования геоинформационных систем, обоснования градостроительных решений, кадастровой оценки земельных участков и объектов капитального строительства, прогнозирования и планирования урбанизированных территорий и транспортной инфраструктуры, вопросы, связанные с государственным кадастровым учетом земельных участков и зон с особыми условиями использования территорий, регистрацией прав на объекты недвижимости, точностью методов геодезической съемки и мониторинга земель, рационального и эффективного землепользования с нормативно-правовым регулированием землеустроительной и кадастровой деятельностью.

При подведении итогов конкурсным жюри отмечен высокий уровень представленных к обсуждению научно-исследовательских работ, актуальность поднятых вопросов и практико-ориентированность предложений для решения поставленных проблем.

Тематика работ **секции 8 «Геоэкология, охрана и защита окружающей среды»** посвящена работам, затрагивающим аспекты геоэкологии, геохимии, сферу природоохранного законодательства. В докладах, представленных студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, рассматривались уже существующие методики и подходы, а также новые перспективные методы оценки в области геоэкологии и оценки состояния окружающей среды, экологического мониторинга. Доклады затрагивают экологические проблемы добычи на морском шельфе, загрязнения почв урбанизированных территорий тяжелыми металлами, содержание ртути в растительности, а также многие другие вопросы. Научные доклады имеют высокий уровень, характеризуются личным вкладом авторов и практической применимостью. Большинство работ выполнено с использованием современного аналитического оборудования.

Тематика работ **секции 9 «Современные технологии разработки нефтяных и газовых месторождений»**, освещают вопросы геолого-физической характеристики месторождений нефти и газа, локализацию и вовлечение в разработку остаточных запасов, современный подход и опыт разработки нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений, технологии и техники добычи нефти и газа в осложненных условиях. Представлены современные подходы к проектированию и усовершенствованию сооружений, технологических схем, к модернизации процессов добычи, сбора и подготовки нефти и газа, комплексные подходы к проведению геолого-технических мероприятий (ГТМ) на скважинах месторождений, находящихся в поздней стадии разработки, опыт применения различных методов математического моделирования при разработке инновационных решений в области нефтегазового оборудования, были представлены рабочие концентрации полимеров, обеспечивающие эффективное вытеснение нефти агентом в пласте, и проведена оценка изменения вязкости полимерного раствора при различных температурах. Эксплуатация скважин сопряжена с такими осложняющими факторами, как солеотложения, асфальтосмолопарафиновые отложения и гидратообразование, в докладах секции рассматриваются основные методы борьбы с осложнениями, приводится оценка их эффективности и направления дальнейшей работы по поиску и внедрению эффективных технологий. Высокая обводненность добываемой продукции остается в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем эксплуатации скважин, в статьях рассмотрены особенности проблем избыточных водопритоков, базовые проблемы, приводящие к преждевременному обводнению, способы их определения и методы решения, а также современные методы и технологии регулирования процесса разработки и наиболее благоприятные геолого-физические условия их применения, в результате исследований выявлен положительный эффект рассматриваемых технологий и даны рекомендации по использованию той или иной технологии для получения наилучшего эффекта. Отдельную проблему представляет эксплуатация малодобитного фонда скважин, системный подход к анализу эксплуатации скважин, позволяющий осуществлять постоянный автоматизированный контроль параметров работы скважины, своевременно реагировать на изменения условий эксплуатации малодобитных скважин, исключать нежелательные режимы работы и предотвращать отказы оборудования, позволит сформировать стабильную положительную динамику роста наработки оборудования, это указывает на эффективность проделанной работы в докладах и перспективность тиражирования представленного анализа в будущем.

На **секции 10 «Энергоснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности»** тематика работ посвящена широкому спектру вопросов обеспечения эффективного и надежного энергоснабжения объектов нефтегазовой промышленности, анализу возможности применения новых устройств и технологий, направленных на повышение эффективности технологических процессов выработки тепловой и электрической энергии, в том числе на объектах децентрализованной энергетики.

Традиционно рассматривались общие закономерности физико-химических процессов, моделирование технологических процессов переработки нефтяного газа, снижение вредных выбросов и утилизация накопленных отходов, модели цифровых двойников технологических объектов, реинжиниринг и интеллектуализация автоматизированных систем управления технологическим процессом нефтегазовых месторождений и электрических станций, анализ режимов работы и оборудования действующих электростанций.

Круг вопросов был посвящен оценке применения гетерогенных роботов при проведении инженерных изысканий на нефтегазовых месторождениях, перспектив криптомайнинга на месторождениях нефти и газа и др.

Часть докладов были посвящены задачам моделирования процессов в области энергоснабжения и автоматизации, в том числе для формирования оптимальных настроек систем автоматического регулирования генерирующих установок, определения оптимального места и мощности объекта генерации в распределительных сетях.

Отмечены дипломами доклады, в рамках которых были представлены результаты разработки универсальной гибридной модели ветроэнергетической установки, результаты анализа влияния реологии топливных эмульсий на взаимодействие их капель с твердой поверхностью, результаты автоматизации процесса деизогексанзации установки низкотемпературной изомеризации.

Секции 11 «Химическая технология подготовки и переработки углеводородных ресурсов» была посвящена широкому спектру вопросов в области подготовки и переработки углеводородного сырья: нефти, газоконденсатов, природных и попутных газов и горючих сланцев. В работах были представлены как результаты экспериментальных исследований, выполненных с использованием современных физико-химических методов, так и математического моделирования процессов нефтепереработки и нефтехимии с привлечением цифровых инструментов.

Значительный перечень докладов был посвящен вопросам переработки нефти, газа, в том числе попутного нефтяного газа, угля, а также совместной переработки полезных ископаемых и растительных компонентов для получения моторных топлив. Они освещают следующие направления: побочные продукты окислительной десульфуризации топлива судового маловязкого - перспективные ингибиторы коррозии; получение изотропного кокса из сланцевой смолы процесса полукоксования горючих сланцев; влияние термообработки на физико-химические свойства различных каталитических систем; прямое окисление бензола в фенол в низкотемпературной плазме барьерного разряда; влияние комплексного воздействия магнитного поля и химических реагентов на стабильность водонефтяных эмульсий; влияние радикал-образующей добавок на состав продуктов крекинга вакуумного остатка; вовлечение рафината и деасфальтизата вакуумного остатка на установку каталитического крекинга вакуумного газойля.

Представлены результаты разработки и использования математических моделей различных технологий переработки углеводородного сырья: пиролиза бензиновой фракции с учетом накопления кокса; процесса жидкофазного алкилирования изобутана рлефинами; сульфирования линейных алкилбензолов; гидрокрекинга вакуумного газойля; окислительного обессеривания и каталитического крекинга.

В представленных докладах отражены результаты самостоятельных авторских исследований, полученные в результате обобщения фактического материала, аналитических исследований с применением современных методов, таких как метод математического моделирования, квантово-химические методы расчета термодинамических свойств молекул, хроматография, ИК-спектроскопия и другие.

Доклады **секции 12 «Комплексное использование минерального сырья»** посвящены разработке способов использования минерального сырья природного и техногенного происхождения для получения неметаллических материалов различного назначения. Традиционно внимание уделяется изучению возможностей использования местного минерального сырья, добываемого в местах проживания исследователей и работы предприятий, использующих данное сырье (например, сырьевые запасы Туркменистана).

Работы посвящены отработке современных подходов к получению силикатных, керамических и композиционных материалов, а также поиску нетрадиционных подходов к получению новых материалов с улучшенными характеристиками (например, фтораммонийная обработка концентратов). Большой интерес исследователей вызывает утилизация скоплений техногенных отходов (например, сланцезольные отходы, монацитовый концентрат) Представлены работы по разработке технологий, позволяющих утилизировать отходы путем включения их в состав материалов различного назначения. Среди представленных работ можно выделить работы, которые нацелены на разработку технологических схем, позволяющих внедрить результаты исследований в производство.

Достоверность полученных результатов подтверждается большим количеством проведенных экспериментов, использованием современных методов физико-химического анализа. В процессе исследований авторами использовались новейшие методы и методики: рентгенофазовый анализ, дифференциально-термический анализ, электронная микроскопия, химический анализ, определения удельной поверхности по методу БЭТ, и другие методы.

В докладах **13-й секции «Современные техника и технологии бурения скважин»** рассмотрены актуальные технологии разработки новых способов бурения твердых и крепких горных пород, совершенствование ударного и пневмоударного способов бурения, технологий сооружения скважин с морских льдов, методик герметизации обсадных колонн и технологий гравийной обсыпки технологических скважин. В представленных докладах предложены новые технологические решения в области шароструйного бурения, технологий вскрытия продуктивных горизонтов, технических средств и технологий для снижения сроков строительства скважин. В ряде докладов представлены результаты разработки новых способов разрушения горных пород. Особое внимание молодыми учеными было уделено буровым промывочным и тампонажным растворам, проблемам профилактики и ликвидации осложнений и аварий в бурении, моделировании процессов бурения, рассмотрены новые подходы к повышению механической скорости бурения путем контроля давления в скважине. В представленных докладах молодежи предложены новые химические реагенты для повышения управляемости и улучшения реологических характеристик буровых и тампонажных растворов, рассмотрены актуальные проблемы повышения долговечности обкладок статоров винтовых забойных двигателей, предложены варианты для модернизации и улучшения работы алмазных буровых коронок, используемых при сооружении опорно-поисковых скважин.

Значительная часть представленных докладов по данному направлению ориентирована на разработку, либо усовершенствование буровых технических средств с использованием оригинальных идей, в большинстве своем не имеющих аналогов в буровой практике. Так, необходимо отметить разработанную студентами компьютерную программу для прогнозирования процесса бурения. В ряде докладов излагался ход проектирования и изготовления лабораторных установок для научных исследований в области бурения скважин. Некоторые разработки молодых ученых ориентированы на получение патентов на изобретения или полезную модель.

Актуальность докладов, представленных на **секции 14 «Горное дело. Разработка рудных и нерудных полезных ископаемых. Машины и комплекс»**, состоит в решении научных и практических проблем в области горного дела и разработке твердых полезных ископаемых. Представленные доклады имеют несомненную научную новизну. При исследовании гигроскопических свойств солей калия были определены их кинетические и

сорбционные характеристики. Анализ полученных данных позволяет говорить о том, что использование сильвинита и карналлита в качестве сорбентов является наиболее эффективным решением при задачах осушения воздуха в локальных зонах и потоков на калийных рудниках. Расширены результаты и углублены исследования в области техники, технологии и организации проведения горно-разведочных выработок в Сибири.

Рассматривались интересные исследования процесса инерционно-ударного разрушения твердых горных пород, приведены испытания лабораторного стенда, который показал работоспособность и возможность разрушения с помощью инерционно-ударного рабочего органа различных твердых материалов и горных пород ударными элементами различной конфигурации.

Часть докладов посвящена особенностям работы гидроимпульсного механизма, представлены методы организации, планирования и обработки результатов инженерного эксперимента по исследованию геометрических параметров снаряда для шароструйного бурения и технологических параметров режима бурения на спроектированном лабораторном стенде в ТПУ, активно исследуемое в Инженерной школе природных ресурсов Томского политехнического университета. Были доклады, посвященные повышению ресурсоэффективности технологического обеспечения работ при организации строительства и эксплуатации насосных установок и других машин для предприятий нефтегазового комплекса. Достоверность полученных результатов подтверждается значимым количеством экспериментальных исследований с применением современных методов анализа и программного обеспечения.

Авторы докладов, представленных на **15 секцию «Современные техника и технологии транспортировки и хранения нефти и газа»**, представили широкий спектр актуальных тем по специфике секции. Были рассмотрены вопросы, связанные с разработкой предложений по минимизации накоплений донных отложений в резервуарах вертикальных стальных; по сооружению подводных газопроводов в условиях шельфа; по перспективному и эффективному развитию мониторинга состояния объектов магистрального трубопровода; по повышению эффективности эксплуатации приемо-сдаточного пункта нефти.

Продолжает оставаться актуальной тематика транспорта высоковязких нефтей. В данном аспекте представлено исследование альтернативных способов снижения вязкости нефти.

Особый интерес вызвала экспериментальная работа по исследованию текущего состояния металла магистрального трубопровода динамическим методом измерения твердости, выполненная студентом в лаборатории Томского политехнического университета, а также доклад, связанный с анализом и обоснованием перспективности нового теплоизоляционного материала труб на основе полиизоцианурата.

Результаты значительного количества докладов основаны на вычислительном эксперименте, применении компьютерных технологий, в том числе машинного обучения, которые позволяют оценить напряженно-деформированное состояние оборудования; выбрать оптимальную конструкцию компенсатора на магистральном нефтепроводе; оценить допустимость дефектов; определить оптимальные параметры нефтепровода, подверженного влиянию нестационарных процессов; прогнозировать отказы на нефтепроводах.

Доклады секции **16 «Математическое моделирование, фундаментальные и численно-экспериментальные исследования в технике и технологиях интенсификации процессов в нефтегазовом деле»** посвящены многим аспектам современных исследований производственных задач в газовой и нефтехимической, энергетической и горнодобывающей промышленности. Такие результаты позволяют судить о достоинствах и недостатках отечественного и зарубежного опыта применения фундаментальных подходов в теоретических и экспериментальных исследованиях гидродинамики, тепло- и массопереноса в гомогенных и гетерогенных средах, преимуществах активного использования аналитических, интегро-дифференциальных методов моделирования и численного решения пространственных задач о физике процессов в сопряженных и открытых термодинамических системах типа “внешняя среда- стенка устройства- рабочая смесь”. Функционирование подобных систем осложнено высокими нагрузками, сопровождающими работу специального оборудования. Поэтому в рамках математического моделирования основная задача по интенсификации процессов в рассматриваемых системах сводится к получению критериального уравнения – своеобразной полуэмпирической формулы для приближенного и оценочного расчета параметров рабочего процесса, представляющего собой сложную по строению и свойствам среду или орган технологического устройства. Именно этим проблемам были посвящены доклады, которые представили ученые из академических, научных и исследовательских центров и университетов Ближнего и Дальнего зарубежья (Туркменистана, Ирана), России (Новосибирска, Краснодара, Тюмени, Томска). Отдельные результаты выполнены при поддержке научных фондов (РФ, Туркменистан), содержат практически важные сведения по тематике и деталям исследований в области: гидроразрыва пласта; морфологии нефти в гетерогенной среде; оценках возможностей популярных ПК в гидродинамическом моделировании процессов добычи нефти и газа; разработке объемных моделей залежей природного сырья; установления ресурсной базы углеводородов при неопределенностях месторождений; выявления особенностей функционирования обводняющих скважин; эволюции процессов переноса в пенной среде; создании эффективных моделей материального баланса к учету нестационарных изменений коэффициента продуктивности добывающих скважин и т.д. Все представленные доклады отличаются глубоким анализом результатов в физическом отношении и сутью математического описания эффектов, органично дополняя имеющуюся базу данных по оптимизации массо- и гидродинамического, а также прочностного и геофизического анализа процессов добычи качественного углеводородного сырья и могут составить предмет для перспективных разработок принципиально новых высокоинтенсивных технологических процессов.

Доклады, представленные на **17 секцию «Экономика минерального и углеводородного сырья. Природоресурсное право»** посвящены вопросам экономики природопользования, менеджменту, финансово-хозяйственной деятельности предприятий, проблемам экономической оценки природных ресурсов с точки зрения эффективности и рационального использования.

Сохранение нормального функционирования и устойчивости нефтедобывающих предприятий в долгосрочной перспективе в условиях многообразия современных вызовов в макроэнергетическом, макроэкономическом и институциональном окружении, с которыми сталкивается нефтегазовый бизнес,

актуализируют проблематику повышения эффективности применения материальных, трудовых и финансовых ресурсов в нефтегазовых компаниях. Секция «Экономика минерального сырья. Природоресурсное право» посвящена вопросам экономики природопользования, менеджменту, финансово-хозяйственной деятельности предприятий, проблемам экономической оценки природных ресурсов с точки зрения эффективного и рационального использования. Основными направлениями представленных исследований являлись вопросы, связанные с экономическим обоснованием технико-технологических предложений при разработке месторождений углеводородного сырья, что соответствует национальным стратегическим задачам в ТЭК, а также управленческие вопросы адаптации нефтегазовых компаний к современным вызовам в зависимости от масштабов их деятельности. В работах изучалась проблема современного состояния и повышения качества трудовых ресурсов для нефтегазовой отрасли. Достоверность всех полученных результатов подтверждается значимым количеством исследований, проведенных студентами и молодыми учеными с применением современных методов анализа и программного обеспечения.

Секция 18 «Геология, горное и нефтегазовое дело (доклады на английском и немецком языках)» была разделена на 2 подсекции. Авторы обсуждали актуальные проблемы геологии и освоения недр, мировые достижения в области науки и техники, а также нарабатывали навыки общения на профессиональном иностранном языке. Активное участие в работе секции приняли участники из ближнего и дальнего зарубежья. Тематика докладов подсекции 18.1 «Трансдисциплинарность в инженерных исследованиях» ориентирована на выявлении междисциплинарных связей в образовательном процессе будущих инженеров. Работы участников отражают взаимодействие таких значимых в техническом вузе дисциплин, как экология и экономика, математика и IT-технологии, геология и физика. Представлены и проанализированы инженерные исследования и разработки наиболее репрезентативные с точки зрения трансдисциплинарного подхода. Не менее интересными являются доклады, посвященные гуманитарному аспекту в техническом образовании, также подтверждающие необходимость и эффективность комплексного подхода в обучении и междисциплинарного аспекта.

На **секции 19 «Юные исследователи в науках о Земле»** были представлены доклады самых молодых исследователей, которые отличаются высоким уровнем подготовки и соответствуют тематике симпозиума. В докладах рассмотрены темы, касающиеся исторической геологии, минеральных образований, влияния промышленных предприятий на состояние окружающей среды.

Редакционная коллегия, в целях поддержки научной молодежи, как правило, публикует материалы большинства представленных докладов. Критерием отбора служит лишь содержание докладов, их научная новизна, практическая значимость и возраст авторов. Редакционная коллегия симпозиума надеется, что публикуемые материалы позволят заинтересованным читателям получить представление об уровне научных исследований в области геологии и освоения недр, выполняемых молодыми учеными, и использовать предложенные молодыми авторами идеи и разработки в своей научной и производственной деятельности. Редакционная коллегия считает, что опубликованные доклады ведущих ученых будут полезны и интересны студентам, магистрантам, аспирантам, молодым ученым и специалистам, проводящим исследования в данных научных направлениях.

Редакционная коллегия симпозиума выражает благодарность администрации Национального исследовательского Томского политехнического университета (исполняющему обязанности ректора ТПУ Дмитрию Андреевичу Седневу, проректору по образовательной деятельности Михаилу Александровичу Соловьеву, проректору по науке и трансферу технологий Леониду Григорьевичу Сухих), руководству Инженерной школы природных ресурсов ТПУ, ПАО «Газпром», журналам *Neftegaz.RU*, «Недра и ТЭК Сибири» финансовая и информационная поддержка которых способствовала проведению симпозиума и изданию данного сборника.

Оргкомитет симпозиума

С Е К Ц И Я 1

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

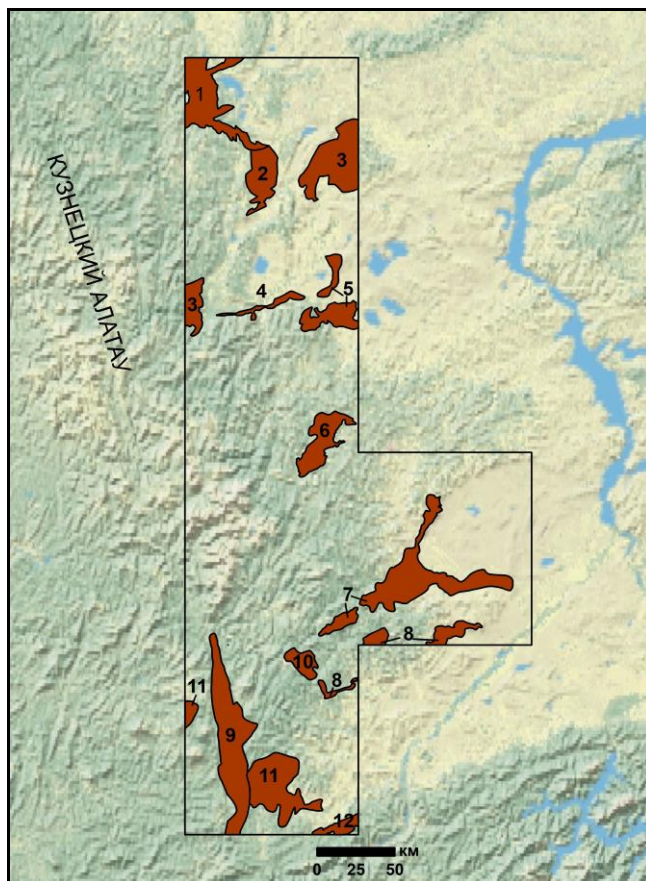
АРЕАЛЫ РАННЕДЕВОНСКОГО ВУЛКАНИЗМА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ

Абрамова К.С.

Научные руководители: старший преподаватель Котельников А.Д.,
старший преподаватель Сатаев Ф.Р.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В пределах восточного склона Кузнецкого Алатау и его обрамления в связи с проявлением герцинского цикла тектогенеза на консолидированных ранее салаирских структурах фиксируется активизация магматических процессов. Это связано с проявлением тектонических движений, что приводит к подновлению глубинных разломов и формированию в условиях активной окраины Сибирской платформы рифтогенно-депрессийного комплекса. Общее региональное поднятие активизирует процесс денудации и приводит к заложению рифтовых структур в сводовых частях. Рифтогенез сопровождается вспышками вулканизма в основном умереннощелочного характера. Ареалы проявления вулканизма на изученной площади показаны на схеме (рис.).



*Рис. Схема положения ареалов раннедевонского вулканизма восточного склона Кузнецкого Алатау:
1 – Назаровский, 2 – Саралинский, 3 – Копьевский, 4 – Кошкуллакский, 5 – Матаракский, 6 – Уленьский,
7 – Тастрезенский, 8 – Большесырский, 9 – Бальксинский, 10 – Тейский,
11 – Чиланский, 12 – Хараджульский*

Происходит формирование рифтогенных грабенов (Бальксинский, Саралинский и др.) и множества ареалов вулканизма, связанных с рассеянным рифтогенезом. Эти процессы в ряде случаев привели к накоплению красноцветной постколлизийной молассы, представленной, к примеру, в Южно-Минусинском прогибе казановской свитой, которая перекрывается покровами эффузивов трахибазальт-трахиандезит-трахириолитовой формации при

широком развитии пирокластических фаций и разнообразных вулканогенных обломочных пород. В ряде случаев красноцветные осадочные породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты и глинистые сланцы), подстилающие вулканиты, автоматически включаются в состав соответствующей вулканической толщи или свиты.

Следует отметить, что вулканические образования не всегда залегают на молассовых отложениях; иногда они непосредственно перекрывают подвергшиеся процессам денудации образования фундамента, что обусловлено особенностями палеорельефа территории.

При проведении геологического доизучения площади масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200) закартирован и изучен целый ряд ареалов проявления раннедевонского вулканизма, характеризующегося резкими вариациями вещественных составов и мощностей вулканитов по латерали. Это обусловлено одновременным функционированием пространственно разобщённых вулканических аппаратов, что приводит к сложному сочетанию пород разного состава и фашиальной изменчивости в разрезах.

По петро- и геохимическим анализам вулканиты разных ареалов имеют как общие черты, так и специфические особенности. По результатам аналитических исследований, проведённых научно-исследовательской лабораторией геокарт Томского государственного университета в ходе геологического доизучения площади установлен ряд фактов.

1. Основная масса ареалов представлена вулканитами, которые относятся к умереннощелочной серии с натриевым и калиево-натриевым типом щелочности. На дискриминационных диаграммах фигуративные точки концентрируются в полях, соответствующих внутриплитным вулканическим зонам и свидетельствуют о плюмовой природе источников расплавов. Распределение микроэлементов, совмещающее особенности, типичные для надсубдукционных (IAB) и внутриплитных (OIB) образований, указывает на участие разнородного материала в магнообразовании (с участием коровой компоненты и заметной ролью надсубдукционной) и может свидетельствовать о геодинамической обстановке активной континентальной окраины.

2. Вулканиты Южно-Минусинского прогиба представлены непрерывной серией излияний лав нормального и умереннощелочного ряда от основного состава на начальном этапе вулканизма до средних и кислых на завершающей стадии [1]. Некоторыми особенностями отличается Тейский ареал, характеризующийся повышенной кремнекислотностью (50-78 мас. %), а также высокой и весьма высокой глинозёмистостью, что может свидетельствовать об образовании в обстановке активной континентальной окраины при деструкции мощной континентальной коры.

3. Щёлочность пород возрастает от нормально до умереннощелочных с юга на север; в этом же направлении увеличивается роль кислых вулканитов умереннощелочного ряда [2-7]. Некоторыми исследователями предприняты попытки выделить новый, ранее неизвестный в Южно-Минусинском прогибе щелочно-базитовый ареал в пределах развития большесырской свиты, однако по мнению геологов научно-исследовательской лаборатории геокарт, это не обеспечено убедительными фактами, поскольку повышенная щёлочность пород связана со вторичными (наведёнными) процессами [8].

4. В Северо-Минусинском прогибе картина имеет некоторые отличия. Для начальной стадии характерны излияния от умеренно-щелочных и ультраосновных пикробазальтов, также характеризующихся непрерывной сменой излияний лав нормального и умеренно-щелочного ряда, до средних и кислых на завершающей стадии, за исключением Берешского ареала Назаровской структурно-формационной подзоны в северной части исследованной площади, где среди вулканитов встречаются образования принадлежащие к установленной ранее щелочно-базитовой формации, представленной щелочной серией (щелочные пикробазальты, щелочные базальты, фонотефриты, тефрифолиты, щелочные трахиты).

Затухание вулканической деятельности к концу раннего девона сменяется возобновлением процессов седиментации. Борты рифтогенных структур, сложенные ранними каледонидами, и возникшие вулканические сооружения подвергаются процессам денудации на фоне общего погружения.

Литература

1. Воронцов А. А., Федосеев Г. С., Андрущенко С. В. Девонский вулканизм Минусинского прогиба Алтае-Саянской области: геологические, геохимические и изотопные Sm-Nd характеристики пород // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 9. – С. 1283 – 1313.
2. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000 (издание 2-е). Лист N-45-XVIII (Шира) // Секретарев М. Н., Липишанов А. П. Объяснительная записка. – СПб., 2001. – 170 с.
3. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000 (издание 2-е). Лист N-45-XXIV (Балыкса) // Котельников А. Д. и др. Объяснительная записка. – М: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2019. – 186 с.
4. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000 (издание 2-е). Лист N-45-XXX (Таштып) // Котельников, А. Д. и др. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2020.
5. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 200 000 (издание 2-е). Лист N-46-XIX (Уйбат) // Котельников, А. Д. и др. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017. – 447 с.
6. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист N-45-Новокузнецк // Бабин Г. А. и др. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 665 с.
7. Гринев О. М., Котельников А. Д., Каплун М. В., Гринев Р. О. Плюм-рифтогенная раннедевонская ассоциация вулканитов Таштыпского района Минусы // Корреляция алтаид и уралид : магматизм, метаморфизм, стратиграфия, геохронология, геодинамика и металлогения : Материалы третьей международной научной конференции. – 2016. – С. 60 – 62.
8. Макаренко Н. А., Котельников А. Д. Девонский вулканизм Минусинского прогиба в свете двух геологических гипотез – континентального силлогенеза и щелочно-базитового петрогенеза (по материалам научных публикаций) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2018. № 4. – С. 105 – 111.

**ОРГАНИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ ХОХЮРТОВСКОЙ СВИТЫ БАСЕЙНА ДЖИДЫ
(ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

Бадмаева Е.Э., Монсонов А.В., Скрипников М.С., Ветлужских Л.И.
Научный руководитель старший научный сотрудник Ветлужских Л.И.
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения
Российской академии наук (ГИН СО РАН)**

Джидинская зона (ДЗ) каледонид Юго-Западного Забайкалья включает территорию бассейна р. Джиды и правобережья нижнего течения р. Темника. В западном направлении зона уходит на территорию Монголии, в северо-восточном смыкается с Удино-Витимской зоной [1]. В пределах зоны широко развиты отложения низов нижнего - среднего кембрия (туфы, эффузивы, известняки, доломиты, сланцы), представленные двумя разнофациальными толщами: осадочно-вулканогенной и флишоидной [3]. Основными участками их распространения являются левобережье р. Хасуртуй, Мырген-Шено, левобережье р. Джиды в районе пади Юхта, где в разные годы были собраны остатки нижнекембрийской фауны и флоры [4].

Впервые археоциаты в ДЗ были обнаружены М.В. Бесовой в коренных обнажениях левого борта р. Мырген-Шено и в гальке известняков среди туфо-терригенной толщи по кл. Ивановский [2]. Возраст осадочно-вулканогенной толщи (хохюртовская свита и хасуртинская толща) по находкам фауны археоциат в известняках был принят как раннекембрийский.

В рамках полевых работ, проведенных летом 2021 г., были пройдены маршруты, целью которых являлись дополнительные поиски ископаемой флоры и фауны в отложениях хохюртовской свиты.

Так, на левобережье кл. Ивановский был обнаружен коренной выход светло-серых археоциатово-водорослевых известняков. На выветрелой поверхности пород отчетливо видны кубки археоциат, диаметр которых достигает порой 1-2 см. Данные организмы, в палеонтологических шлифах встречаемые совместно с кустистыми водорослями (род *Epiphyton*), представлены как одностенными, так и двустенными формами. К сожалению, сохранность археоциат неудовлетворительная, что не позволяет произвести определения видового состава, но позволяет говорить об атдабанско-ботомском возрасте известняков.

Помимо этого, в верховьях р. Малая Шара-Азарга, где предшественниками были обнаружены микрофитоциты *Osagia* sp., *Vesicularia* sp. (определения Л.К. Королюк), в правом и левом бортах дополнительно опробованы крупные коренные выходы темно-серых онколитовых известняков.



Рис. 1. Концентрически-слоистые микрофитоциты на поверхности известняков, р. Малая Шара-Азарга

Так, в палеонтологических шлифах описаны: концентрически-слоистые микрофитоциты *Osagia columnata* Reitl., *Osagia composita* Z. Zhur., *Osagia crista* Z. Zhur., *Osagia columnata* Yak., *Osagia undosa* Reitl., *Osagia utchurica* Nar., *Osagia nersinica* Yak., *Osagia acerba* Yak., *Osagia unsueta* Rjab. et Lel., *Osagia tenuilamellata* Dol., радиально-лучистые: *Radiosus incertus* Yak., *Radiosus derosus* Yak., пузырчатые: *Vesicularites krylovi* Zab., *Vesicularites crassus* Z. Zhur., а также строматолиты *Stratifera glebasata* Gol.

В бассейне р. Джиды, в пади Юхта в темно-серых, черных известняках авторами описаны пластовые строматолиты *Stratifera glebasata* Gol. и *Stratifera praepiata* Dol.

Таким образом, органические остатки хохюртовской свиты, представленные остатками археоциат, микрофитоцитов и строматолитов, позволяют датировать осадочные образования ДЗ каледонид, накопление которых происходило в условиях теплого морского палеобассейна.

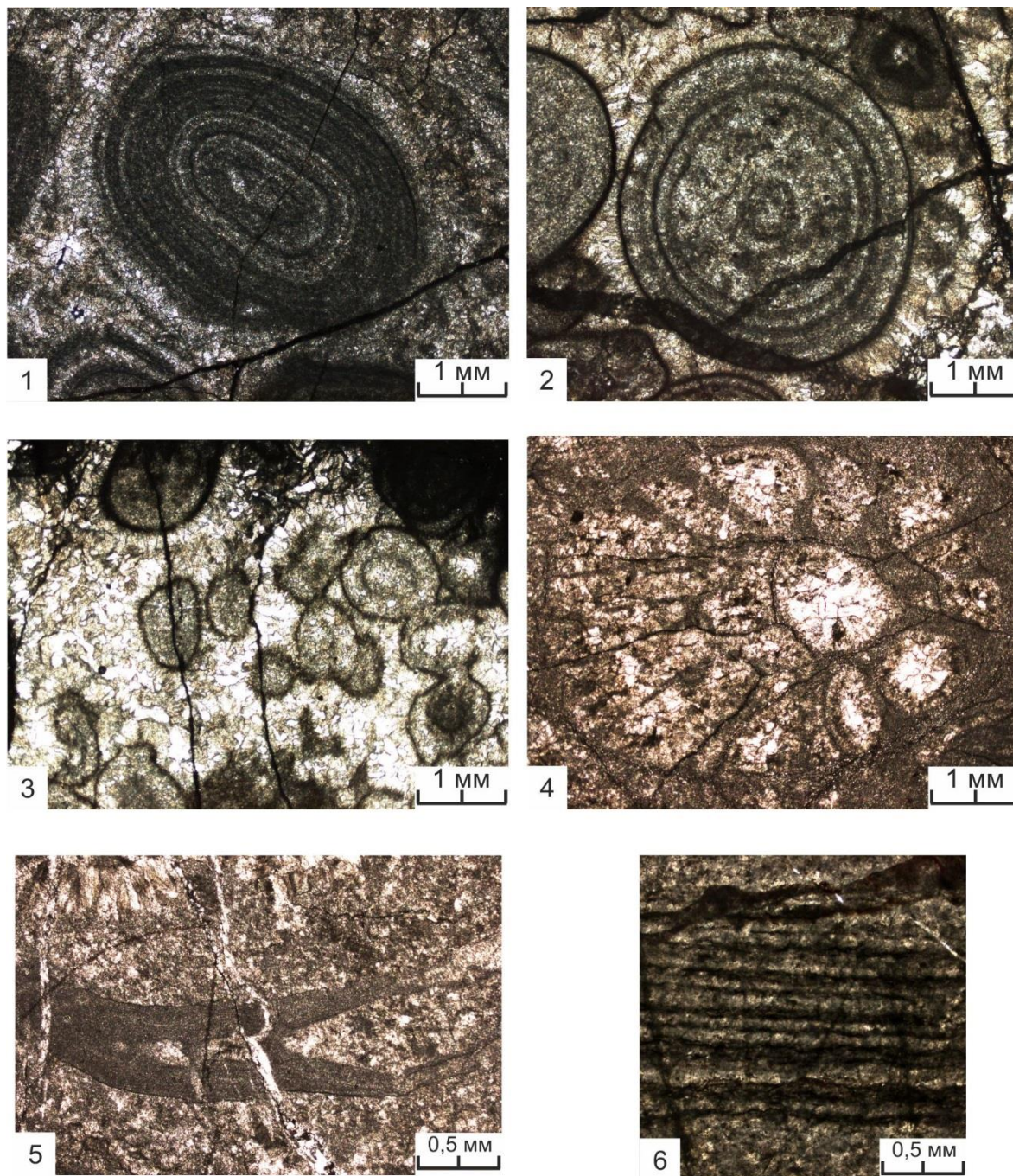


Рис. 2. Органические остатки хохюртовской свиты. Цифрами указаны: 1 - *Osagia tenuilamellata*, р. Малая Шара-Азарга; 2 - *Radiosus derosus*, р. Малая Шара-Азарга; 3 - *Vesicularites krylovi*, р. Малая Шара-Азарга; 4 – археоциат семейства *Loculicyathidae zhuravleva*, кл. Ивановский; 5 - археоциат, скошенный срез; 6 – *Stratifera glebasata*, падь Юхта

Литература

1. Беличенко В. Г. Каледониды Байкальской горной области / В. Г. Беличенко. – Новосибирск: Наука, 1977. – 134 с.
2. Беличенко В. Г. Нижний палеозой Западного Забайкалья / В. Г. Беличенко. – М.: Наука, 1969. – 207 с.
3. Джидинская зона – фрагмент Палеоазиатского океана / А. И. Альмухамедов, И. В. Гордиенко, М. И. Кузьмин, О. Томуртоого, Д. Томурхуу // Геотектоника. – 1996. – №4. – С. 25 – 42.
4. Налетов П. И. Стратиграфия центральной части Бурятской АССР / П. И. Налетов. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 280 с.

**ОСТРАКОДЫ – ИНСТРУМЕНТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ
И КЛЮЧ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА ГРИВ ВОСТОЧНОЙ БАРАБЫ**

Джуманов А.Т.

Научные руководители профессор Лещинский С.В.,

старший научный сотрудник Коновалова В.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Введение. Территория Барабинской низменности имеет своеобразный геоморфологический облик, представленный, так называемым гривно-ложбинным рельефом. Гривы – вытянутые до 5 – 10 и более километров, параллельно ориентированные в северо-восточном направлении, пологие, ритмично чередующиеся холмы относительной высотой 5 – 15 м, при ширине от 500 до 1500 м. Волчья грива является одним из опорных пунктов в исследовании гривного рельефа Барабы. Она расположена в 160 км к западу от г. Новосибирск (с. Мамонтовое, Каргатский район). Волчья грива практически прямолинейно ориентирована по азимуту 55°, имеет длину ~11 км, ширину 0,5 – 1 км и относительную высоту до 15 м. Авторами ранее было проведено детальное изучение ключевого разреза на северо-восточной окраине гривы [3]. В настоящей работе приводятся данные, полученные в ходе раскопных работ в центральной части с. Мамонтового, где было выявлено аномально большое скопление остатков мамонтовой фауны [5, 15]. Одной из главных задач исследований является определение модели образования гривного рельефа Барабинской низменности. Несмотря на то, что гривы в Западной Сибири изучаются уже более 150 лет, этот вопрос до сих пор остается остро дискуссионным [1, 2, 6, 7, 8].

Материал и методы. Используется комплексный подход (литологический, палеонтологический и палеоэкологический методы) в исследовании гривных отложений. Классическое изучение разрезов сопровождалось отбором образцов для остракодового анализа (с шагом 0,2 м). Техническая обработка проб проведена по традиционной методике [9]. Таксономические определения осуществлялись с помощью палеонтологических атласов, определителей и опубликованных статей [4, 13], а также коллекций остракод, хранящихся в лаборатории микропалеонтологии ТГУ. Палеоэкологическая интерпретация проведена на основе анализа современных видов остракод.

Результаты. Разрез, ранее описанный в карьере на северо-восточном конце Волчьей гривы, представлен двумя пачками, характеризующими смену условий осадконакопления. Верхняя пачка – субазральный покров (средняя мощность 1 – 1,5 м) желто-бурых лессовидных и делювиальных суглинков, вмещающих многочисленные ископаемые остатки мамонтовой фауны. Отложения нижней пачки слагают основное тело гривы. Они представлены субгоризонтальными тонкослойчатыми мелкозернистыми песками и глинистыми алевритами, что указывает на формирование отложений в спокойной субаквальной обстановке.

Отложения гривы, вскрытые в ходе раскопных работ 2016–2019 гг., демонстрируют несколько иное строение. Ниже приводится описание разреза раскопа 2016 г. снизу вверх с уровня ~ 4,5 м от земной поверхности (координаты: 54°39'48.4"с.ш., 80°19'47.6"в.д.; абсолютная высота поверхности ~148 м).

Слой 1. Тонкослойчатые алевритистые пески (основное тело гривы). Видимая мощность более 1 м.

Слой 2. Чередование прослоев среднезернистого песка (0,2 м), мелкозернистого глинистого песка (0,4 м) и темно-серой глины с синеватым, зеленоватым и фиолетово-серым оттенками (0,2 м), перекрытых алевритистым песком (0,5 м). Текстура отложений тонкослойчатая, слабо волнистая (близка к горизонтальной). Последние два прослоя включают в себя нижнюю часть костеносного горизонта Волчьей гривы. Общая мощность 1,3 м.

Слой 3. Эолово-делювиальные отложения (0,45 м), включают остатки мамонтовой фауны.

Слой 4. Лессовидные супеси/суглинки (0,4 м).

Слой 5. Современный почвенный горизонт (до 0,5 м).

Разрез демонстрирует смену условий осадконакопления от субаквальных к субазральным. Для подтверждения данного вывода проведен остракодовый анализ, в результате которого выделена ассоциация, включающая 13 видов из 8 родов, известных из отложения позднего плейстоцена Западно-Сибирской равнины (таблица). Ассоциация автохтонна: створки хорошей сохранности, без следов переотложения (за исключением двух створок), присутствуют личинки разных стадий онтогенеза.

Распространение остракод по разрезу неравномерно, наблюдаются два пика на глубинах 1,95 и 0,95 м. Створки, обнаруженные на глубине 2,05 м, являются переотложенными (микроскульптура уничтожена в процессе переноса). Отсутствие диагностических признаков не позволяет идентифицировать эти таксоны до вида.

Обсуждение. Детальное исследование грив Барбинской низменности проводилось в 1970–е гг. – пробурены десятки скважин на гривах и в межгривных понижениях, керн был подвергнут остракодовому анализу. Тафономический анализ выявленных остракод, свидетельствовал об автохтонности комплексов. Реконструированные палеогеографические условия указывают на существование аллювиально-озерной равнины с множеством озер разного гидрохимического состава и размеров.

Многие виды остракод, существовавшие в течение четвертичного периода, населяют и современные биотопы. Обладая удивительным сочетанием популяционных, морфофизиологических и экологических характеристик, остракоды дают возможность отслеживать характер и динамику изменений водной среды (температура, глубина, соленость и пр.) Для реконструкции палеосреды Волчьей гривы ниже рассмотрены наиболее значимые виды, современная экология которых известна.

Вид *Limnocythere inopinata* (Baird) широко распространен по всей территории Голарктики, обитает в толще донных отложений на глубинах от 0,1 до 1 м, но достаточно требователен к содержанию кислорода [11]. Наличие вида *Frontocytherina mosquensis*, который, по-видимому, избегает течения и совсем пресных вод может свидетельствовать о наличии небольшого осолонения во время осадконакопления. Известные современные виды рода *Tonnacypris* приурочены в основном к мелким (до 2 м) постоянным и временным водоемам [12]. Представители

рода *Candoninae* – являются голарктическими и тяготеют к холодноводным условиям и к пресным водам [10]. В разрезе помимо ювенильных форм, встречены половозрелые особи вида *Fabaeformiscandona rawsoni*, который может указывать на период небольшого похолодания. Ископаемый род *Scordiscia* в целом предпочитает воды богатые кислородом с умеренным водно-динамическим режимом [14].

Таблица

Состав и количество створок остракод, обнаруженных в образцах (по 100 гр.) разреза Волчьей гривы в 2016 г.

Глубина, м	Слой 1			Слой 2							Слой 3	
	4,5	4,3	4,1–2,75	2,6–2,2	2,05	1,95	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	0,95
<i>Fabaeformiscandona rawsoni</i>						4						
<i>Candoninae</i> spp. juv						16	1		1		3	7
<i>Fossilyocypris</i> aff. <i>bella</i>						2						4
<i>Fossilyocypris gracilis</i>						2	1		1			
<i>Ilyocypris</i> sp.		1			1	1	3					2
<i>Limnocythere inopinata</i>						13	1					10
<i>Limnocythere</i> sp.					1	2						
<i>Scordiscia vara</i>						4	1				2	4
<i>Scordiscia grinfeldi</i>												3
<i>Frontocytherina mosquensis</i>						1						
<i>Tonnacypris loessica</i>												1
<i>Tonnacypris</i> sp. (фрагменты)						2	1		2		2	1
<i>Eucypris</i> sp.						1						
Всего		1			2	48	8		4		7	32

Таким образом, комплекс остракод может отражать условия пресноводного или солоноватого неглубокого прохладного (t до $+16$ °C летом) водоема (или его прибрежной части) с алевритисто-песчаным грунтом, слабо развитой растительностью и насыщенным кислородом. Скачкообразное изменение таксономического состава вверх по разрезу свидетельствует о нестабильности палеоводоема, связанной, вероятно, с колебаниями температуры.

Ассоциация остракод верхней части субаквального разреза Волчьей гривы (AMS ^{14}C даты 24–20 тыс. лет назад) показывает большое сходство с «первой» ассоциацией В.Я. Липагиной, датированной позднечетвертичным или раннеголоценовым временем.

Заключение. Совместное нахождение раковин остракод и костей ископаемых млекопитающих позволяет сделать вывод о периодическом подтоплении Волчьей гривы водами крупного озера в период $\sim 20 - 14$ (?) тыс. лет назад, что было показано ранее.

Исследования финансируются РНФ, проект № 20-17-00033.

Литература

1. Балабай Я. Я. Происхождение гривного рельефа Западно-Сибирской низменности // Землеведение. 1936. Т. 38. Вып. 1. – С. 106–122.
2. Волков И. А. Позднечетвертичная субэаральная формация. М.: Наука, 1971. – 254 с.
3. Джуманов А. Т., Лещинский С. В., Коновалова В. С. Остракоды волчьей гривы как маркер генезиса гривного рельефа Барабинской низменности // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя boreальных районов: Материалы науч. онлайн-сессии, 19–22 апреля 2021 г. [электронный ресурс]. – Новосибирск: ИНГ СО РАН, 2021. – С 255–259.
4. Казьмина Т. А. Стратиграфия и остракоды плиоцена и раннего плейстоцена юга Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1975. – 108 с.
5. Лещинский С. В. Результаты новейших палеонтолого-стратиграфических и георхеологических исследований местонахождения мамонтовой фауны Волчьей гривы. Труды зоологического института РАН 2018. Том 322. № 3. – С. 315–332.
6. Липагина В. Я. Остракоды из отложений глив Барабинской низменности. Геология и геофизика. 1976. № 10. – С. 25–33.
7. Панадиади А. Д. Барабинская низменность. М.: Изд-во географической литературы. 1952. – 120 с.
8. Петров Б. Ф. Происхождение рельефа Барабы // Бюлл. Комис. по изуч. четверт. периода. 1948. № 12. – С. 93–97.
9. Практическое руководство по микрофауне СССР: Остракоды кайнозоя / Ред. Соколов Б.С. Л.: Недра, 1989. Т. 3. – 235 с.
10. Семенова, Л. М. Фауна и распространение остракод (Crustacea, Ostracoda) во внутренних водоемах России и сопредельных государств // Биология внутренних вод. – 2005. – № 3. – С.17–26.
11. Семенова Л. М. К биологии *Limnocythere inopinata* (Baird) и *Isocypris priomena* (O.F. Muller) // Биология, морфология и систематика водных беспозвоночных. Л., 1980. Вып.41 (44). – С. 119–132.
12. Шорников Е. И. Современные и ископаемые (четвертичные) остракоды бассейнов высокогорных озер Тянь-Шаня Сонкуль и Чатыркуль // Климат, ледники и озера Тянь-Шаня: путешествие в прошлое. Бишкек: Илим, 2007. С. 110–140.
13. Fuhrmann R. Atlas quartärer und rezenter Ostrakoden Mitteldeutschlands. Altenburger naturwissenschaftliche Forschungen, 15. 2012. 320 ss., 145 pls.
14. Krstic, N., Schornikov, E. I. *Scordiscia*, a new genus of *Limnocytheridae*. In: McKenzie, K.G., Jones, P.J., eds. Ostracoda in the Earth and life sciences: Proc. 11th Intern. Symp.on Ostracoda. – Rotterdam: A.A. Balkema. – 1993. – P. 249-257.
15. Leshchinskiy, S. V., Burkanova E.M., 2022. The Volchia Griva mineral oasis as unique locus for research of the mammoth fauna and the Late Pleistocene environment in Northern Eurasia / Quaternary Research.

**РАЗВИТИЕ ХВОЦОВЫХ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА НА ЮГО-ВОСТОКЕ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Зеремская С.А.

Научный руководитель доцент Рычкова И.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Хвоцовые растения довольно часто встречаются в континентальных отложениях среднеюрского возраста Западной Сибири. Целью данной работы является выяснение значения этой группы растений в общем палеофитоценозе всей среднеюрской растительности изучаемой территории, а также выяснение эволюции хвоцовых в юрском периоде. Задачами для этих целей послужили проведенная ревизия уже известных и ранее описанных таксонов, а также определение и описание хвоцей из керна новых скважин.

Всего в кернах скважин Западной Сибири ранее было описано 6 видов хвоцовых: *Equisetites laterals*, *E. asiaticus*, *E. sokolowskii*, *E. beanii*, *Neocalamites* sp., *Phyllothesca sibirica* [2, 3]. Эти растения характеризуются тем, что они были с некрупными стеблями. По крайней мере ширина ствола не превышает диаметр керна (9 см).

Доминирующими растениями в видовом разнообразии и количественном отношении в средней юре на юго-востоке Западной Сибири были чекановские, им немного уступают папоротники, затем идут гинкговые, беннеттитовые и хвоцовые, замыкают список хвойные и мхи. Т.е. хвоцовые далеко не преобладающая группа в таксономическом разнообразии, но в количественном отношении хвоцы представляют собой группу, которая на равных встречается с чекановскими. Самыми распространенными среди хвоцовых являются род *Equisetites*, затем, *Phyllothesca*, а вот *Neocalamites* является реликтовой формой. Среди немногочисленного таксономического разнообразия обращает на себя внимания тот факт, что среди хвоцовых всегда присутствуют мигранты из южных областей и нет практически эндемиков.

Изученные нами остатки хвоцовых встречены в кернах скважин площадей Болтная, Останинская, Боровая, Снежная, Казанская и др. (юго-восток Западной Сибири, Томская область). Многочисленные остатки хвоцовых в этих скважинах обнаружены в светло-серых и желтовато-серых мелкозернистых алевролитах. Стебли иногда заполнены терригенным материалом, что обусловило образование слепков растений (т.е. объемных стволов с терригенной взвесью внутри). С хвоцовыми в кернах встречаются обрывки листьев чекановских и отпечатки вай папоротников рода *Coniopteris*. Захоронение растений, вероятно, происходило в аллювиальных условиях, при некоторой гидродинамической активности среды, что отразилось на характере седиментогенеза.

Как известно, в составе оболочек клеток современных хвоцовых отмечается присутствие диоксида кремния. У фоссилизированных хвоцовых структура фитолем уплотняется при фоссилизации и метаморфизации и появляется увеличение количества неорганических связей серы фосфора и кремния [1]. Это обстоятельство служит препятствием для активного участия хвоцовых в углефикации, хотя хвоцы и встречаются в углистых прослоях.

Проведенные литологический, палеогеографический, морфологический и тафономический анализы позволили выяснить, что хвоцовые в среднеюрское время были относительно крупные, но все же травянистые растения. Данная группа растений представляла собой довольно распространенную в количественном отношении и обедненную в видовом разнообразии группу. В видовом разнообразии они уступали папоротникам и некоторым представителям голосеменных растений, кроме хвойных. Хвоцы, в основном, приурочены к русловым и пойменным фациям, т.к. произрастали по берегам водоемов на бедных и закисленных почвах. Захоронения с хвоцовыми формировались в условиях активной динамики среды, т.к. для них характерна приуроченность к слоистым алевролитам, сохранение слепков стеблей, а также обрывков стеблей и листьев. Ниже приводятся описания изученных растений.

ОТДЕЛ EUISETOPHYTA. ХВОЦОВЫЕ

Класс *Equisetopsida*

Род *Equisetites* Sternberg, 1833

Equisetites beanii (Bunbury) Seward

Рис., фиг. 1

Equisetites beanii (Bunbury) Seward: Seward, 1898, p. 270, text-fig. 60, 61; Тесленко, 1970, с. 106, табл. 3, рис. 1, 2; Киричкова и др., 2005, с. 56, табл. II, фиг. 15-17.

Описание. Отпечатки крупных, членистых стеблей с укороченными междоузлиями. Ширина стеблей доходит до 40,0 мм при высоте междоузлий в 25,0 мм. Ребристость стеблей не четкая, стебли иногда гладкие с широкими узлами. Местами, выше узлов прослеживаются узкие ребра, утончающиеся вверх, возможно, являющиеся следом от нижних участков листьев.

Сравнение. Видовой признак соотношение большей ширины стебля к меньшей длине междоузлия позволил определить данный таксон как *Equisetites beanii* (Bunbury) Seward.

Местонахождение. Площадь Болтная, 130, гл. 2490,46-2490,80 м; средняя юра.

Equisetites lateralis (Phillips) Phillips

Рис., фиг. 2

Equisetites lateralis (Phillips): Киричкова и др., 1992, с. 81, табл. II, фиг. 15, 16; табл. III, фиг. 9-11, табл. IV, фиг. 1-3, 14, табл. V, фиг. 3-5, табл. VI, фиг. 10, 11; Киричкова и др., 2005, с. 57, табл. II, фиг. 12-14, Фролов и др., 2014, с. 18, табл. III, фиг. 5, табл. IV, фиг. 6.

Equisetites ferganensis Seward: Сьюорд, 1911, с. 6, табл. I, фиг. 1-10 А.

Описание. Сохранились стебли и диафрагмы. Диафрагма округлая, диаметром 10,0 мм. Центральное поле диаметром до 3,0 мм, слегка вдавленное, гладкое, без поры. Периферическая часть слегка выпуклая, пронизана узкими отверстиями длиной 3,0 мм.

Сравнение. Отпечатки стеблевых диафрагм хвощовых идентичны описанным ранее.

Местонахождение. Площадь Останинская, 450, гл. 2583,0 м; площадь Боровая, 2, гл. 2339,91 м; площадь Болтная, 130, гл. 2490,8 м; площадь Снежная, 135, гл. 2418, 4 м; площадь Снежная, 133, гл. 2510,70 м; площадь Снежная, 301, гл. 2421,0 м; средняя юра.

Род *Phyllothesa* Heer, 1876

Phyllothesa sibirica Heer

Рис., фиг. 3

Phyllothesa sibirica Heer: Heer, 1876, S. 43, Tab. IV, Fig 1-7; Принада, 1962, 1962, с. 135, табл. VI, фиг. 1-4; Киричкова и др., 2005, Табл. I, фиг. 9-14.

Описание. В коллекции имеются членистые стебли, со слегка ребристой поверхностью. Ширина стеблей разная, от 15,0 мм до 35,0 мм. В узлах стеблей наблюдается некоторое сужение. В верхней части междоузлий заметны комиссуральные складки. Листья, сросшиеся в основаниях, образуют плотную мутовку вокруг стебля. Листья крупные, шириной от 1,0 мм до 4,0 мм. Свободная часть листьев длиной от 20,0 мм до 40,0 мм.

Сравнение. Характер крепления листьев у основания позволил отнести к данному виду.

Местонахождение. Площади Боровая, 2, гл. 2338,91 м; площадь Останинская, 450, гл. 2489 м; средняя юра.

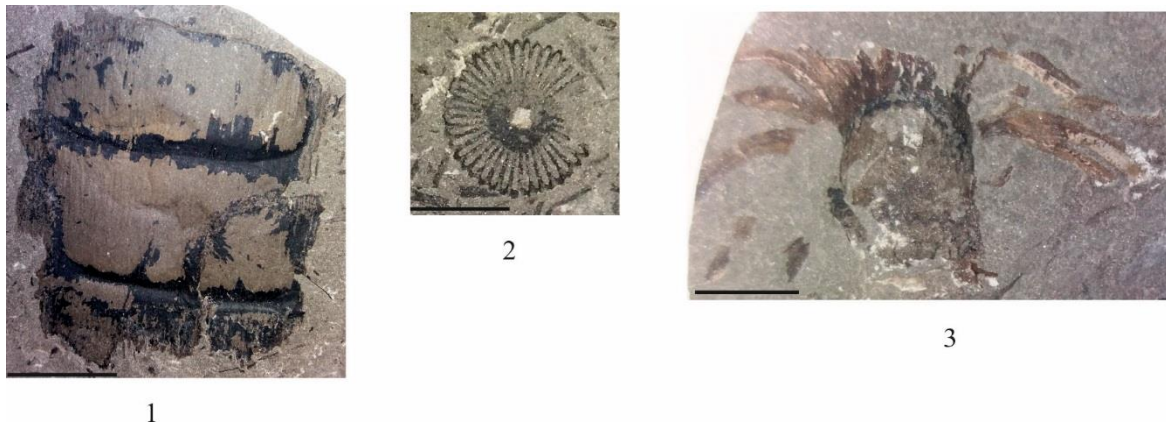


Рис. Хвощи из изученных скважин; 1 – *Equisetites beanii*; 2 – *Equisetites lateralis*; 3 – *Phyllothesa sibirica* (линейка – 1 см)

Литература

1. Иванов В. П., Рычкова И. В. Палеонтологическая и спектрометрическая характеристика фитолеим средне-позднеюрских растений юго-востока Западной Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29. – № 6. – С. 1–13.
2. Киричкова А. И., Костина Е. И., Быстрицкая Л.И. Фитостратиграфия и флора юрских отложений Западной Сибири. – СПб.: Недра, 2005. – 378 с.
3. Тесленко Ю. В. Стратиграфия и флора юрских отложений Западной и Южной Сибири и Тувы. – М.: Недра, 1970. – 270 с.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ КАРАМЕНДИНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО КОМПЛЕКСА Ибырханова А.И., Глухов А.М.

Научный руководитель профессор Портнов В.С.

Карагандинский технический университет, г. Караганда, Республика Казахстан

Структура Сарысу-Тенизского поднятия размещается между Кыпшацким прогибом на севере и Джезказганской впадиной на юге. Восточная часть поднятия смыкается с девонским краевым вулканическим поясом. В пределах девонского вулканического пояса, представляющего собой молодую тектоническую зону поздних каледонид, девонские гранитоиды представлены тремя формационными типами. Это гранитоиды гранодиоритового ряда (карамендинский комплекс), субщелочные гранитоиды (коккудуктюбинский комплекс) и орогенные граниты (теректинский комплекс). Породы карамендинского комплекса распространены в пределах краевого девонского вулканического пояса. Они слагают крупный Карамендинский плутон, большую часть площади Жамантассокого и Акмаинского массивов, мелкие массивы Сарлыкский и Байкарасайский, восточную половину массива Шолак, а также Эскулинский массив в разрозненных выходах (рис. 1).

Впервые комплекс был выделен в южной части Сарысу-Тенизского водораздела в процессе геологического картирования масштаба 1:500000 геологами ЦКЭ МГУ (Дорохов И.Л., Завражнов В.Н.) в 1967 году. Затем были выделены аналоги карамендинского комплекса в пределах всего девонского вулcano-плутонического пояса [1].

В составе раннедевонского карамендинского комплекса О.У. Омаровым (1970) и Е.Г. Мальченко (1976) выделены диориты I интрузивной фазы и гранодиориты II интрузивной фазы. Анализ имеющихся материалов предшественников позволил разработать следующую схему расчленения карамендинского комплекса на фазы.

В составе комплекса по петрографическим и петрохимическим данным, геологическим взаимоотношениям выделяются две интрузивные фазы, фаза дополнительных интрузий, породы жильной и дайковой серии (табл.).

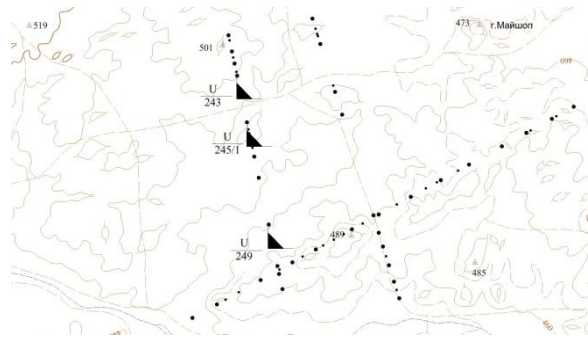


Рис. 1. Точки отбора образцов на топографической основе

Таблица

Интрузивные фазы карамендинского комплекса

Индекс	Возраст, млн. лет	Фаза	Порода	КПШ, %	Кварц, %	Плагиоклаз, %	Биотит, %	Аксессуары м-лы
$\nu_1 \epsilon \nu D_1 km$	392 (по биотиту $^{38}Ar/^{39}Ar$ методом)	I	Габбро, субщ. габбро	-	-	45-50	-	Циркон, апатит, сфен, рутил
$\delta_1 q \delta_1 D_1 km$			Диорит	5-10	5-15	50-60	-	Циркон, апатит
$\mu \delta_1 q \mu \delta_1 D_1 km$			Монцодиориты	-	5-15	50-60	1	Апатит, сфен
$\gamma \delta_2 D_1 km$ $\gamma_2 D_1 km$	404 (по биотиту К-Аг методом)	II	Гранодиорит, граниты	15-20	20-25	40-50	До 5	Магнетит, апатит, сфен, циркон
$q \epsilon_2 D_1 km$			Кварцевые сиениты	20-30	15-20	40-50	-	Сфен, циркон
$\gamma \alpha D_1 km$	415±3 442±8 416±3 443±6	Жильная	Аплитовидный гранит	-	30-35	30-35	-	Сфен, циркон, апатит
$\delta \pi D_1 km$ $q \delta \pi D_1 km$ $\mu \delta D_1 km$ $\nu \delta \pi D_1 km$	(по циркону U/Pb методом)	Дайковая	Диорит-порфиры, микродиориты	Редко	Редко	20-25	Редко	Сфен, апатит, циркон, магнетит
$\gamma \pi D_1 km$			Гранит-порфир	30	30	35	5	Сфен, циркон

Первая интрузивная фаза представлена мелкозернистыми, мелко-среднезернистыми, среднезернистыми иногда до крупнозернистыми габбро, субщелочными габбро ($\nu_1 \epsilon \nu D_1 km$), диоритами, кварцевыми диоритами ($\delta_1 q \delta_1 D_1 km$), монцодиоритами, кварцевыми монцодиоритами ($\mu \delta_1 q \mu \delta_1 D_1 km$).

Вторая интрузивная фаза сложена среднезернистыми, средне-крупнозернистыми гранодиоритами ($\gamma \delta_2 D_1 km$), гранитами ($\gamma_2 D_1 km$), кварцевыми сиенитами ($q \epsilon_2 D_1 km$).

По В.Н. Завражнову, породы карамендинского комплекса в южной части Сарысу-Тенизского водораздела прорывают нижнедевонские вулканогенные отложения жамантасской свиты и, в свою очередь перекрываются конгломератами и песчаниками с флорой сарджальского горизонта нижнего девона. Возраст, полученный калий-аргоновым методом по биотиту (17 определений, КазИМС), дает при небольшом разбросе (394–408 млн. лет) среднее значение 404 млн. лет, что соответствует раннему девону.

При ГДП-200 из гранодиоритов Карамендинского массива были отобраны 2 пробы для проведения абсолютного возраста. В лаборатории Новосибирского государственного университета по биотиту $^{38}Ar/^{39}Ar$ методом, получены следующие значения: проба №700 – 398,2±5,8 млн. лет и проба №701 – 394,5±5,3 млн. лет что также соответствует раннему девону при границе между ранним и средним девонem 392 млн. лет (ВСЕГЕИ, 2000).

С интрузиями карамендинского комплекса связаны мелкие месторождения меди и золота. Известно, что месторождения (мелкие рудопроявления) этих элементов связаны с более ранними магматическими комплексами этого района [2].

Для уточнения возраста карамендинского комплекса, были использованы наиболее современные методы его определения, нами и Институтом геологии и минералогии имени В.С. Соболева СО РАН проведено U/Pb-датирование зерен циркона трех образцов пород карамендинского интрузивного комплекса (№243 – лейкогранит, №245/1 – гранит, № 249 – гранодиорит) с помощью ионного микроанализатора SHRIMP-II.

Выделение зерен цирконов проводилось стандартными методами с использованием магнитной сепарации и бромформом. Для выбора участков (точек) датирования на поверхности зерен использовались катодоллюминесцентные (CL) изображения. Катодоллюминесцентные изображения зерен циркона были получены на сканирующем электронном микроскопе MIRA 3LMU. Измерения проводились на масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой Thermo Scientific Element XR. Все измерения выполнялись по массам ^{202}Hg , $^{204}(\text{Pb}+\text{Hg})$, ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb , ^{232}Th , ^{238}U . Детектирование сигналов проводилось в режиме счета (counting) для всех изотопов, кроме ^{238}U и ^{232}Th (режим triple). Данные масс-спектрометрических измерений обрабатывались с помощью программы “Glitter” (GEMOC, Griffin et al., 2008; Van Achterbergh et al., 2001). ^{235}U рассчитывался из ^{238}U на основе отношения $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}=137,818$ (Hiess et al., 2012). Диаграммы с конкордией построены по возрастам, рассчитанным по изотопным отношениям $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ [3].

Катодо-люминесцентное изображение циркона гранита 245/1 (γ - $\gamma\delta_2\text{D}1\text{km}$) и общее распределение точек представлены на диаграмме с конкордией на рисунке 2. Точки распределены на два кластера, пересекающихся в пределах погрешности единичного анализа.

Средневзвешенный возраст кластера 1 – 416 ± 3 млн. лет получен по 29 точкам, для кластера 2 средневзвешенный возраст – 443 ± 6 млн. лет получен по 7 точкам.

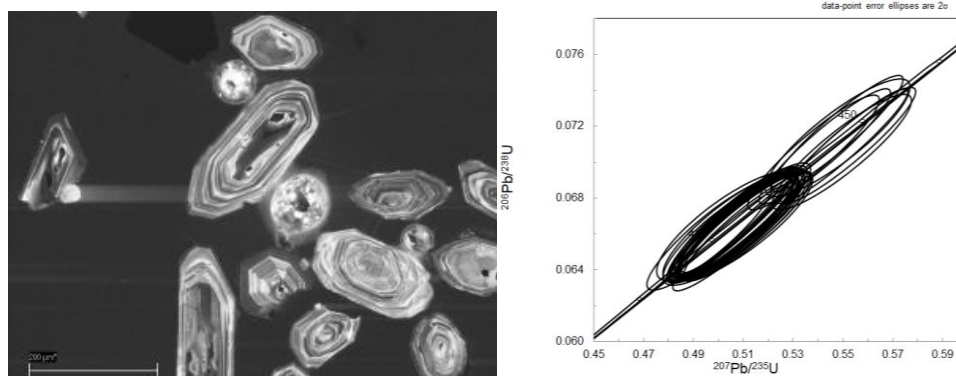


Рис. 2. Катодо-люминесцентное изображение зёрен циркона и диаграмма с конкордией гранита

Таким образом, проведенные исследования пород дают основание утверждать, что гранитоиды карамендинского комплекса в магмотипическом Карамендинском массиве сформировались в узком интервале геологического времени, не выходящего за пределы лохковского яруса нижнего девона.

Полученные новые данные существенно уточняют ранее сложившиеся представления об эволюции изучаемого района и позволяют скорректировать стратиграфическую схему Сарысу-Тенизского сегмента ДВПП.

Литература

1. Альперович Е.В., Антонюк Р.М., Бандалетов, С.М. Геологическая карта Казахской ССР. Объяснительная записка. – Алма-Ата: ВСЕГЕИ, 1981 – 334 с.
2. Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. Геологическое строение Казахстана. Книга – Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000 – 396 с.
3. Black L.P. TEMORA 1: a new zircon standard for U-Pb geochronology / L.P. Black, S.L. Kamo, C.M. Allen // Chemical Geology. – 2003. – V. 200(1–2). – P. 155–170.

КАРБОНАТНЫЕ ХАРДГРАУНДЫ ГЛАВНОГО ДЕВОНСКОГО ПОЛЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ ГОРНОГО МУЗЕЯ

Кузнецов А.В.

Научный руководитель доцент Цинкобурова М.Г.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Хардграунд (от англ. hard ground – твердый грунт) – плотные донные образования, возникающие на дне морских бассейнов с карбонатным или, реже, фосфоритным составом. Причиной появления хардграундов является замедление или полная остановка осадконакопления, в результате чего илистое дно цементируется на глубину до нескольких десятков сантиметров, а поверхность твердого дна литифицируется. У твердого дна выделяются две стадии развития: незрелая – уплотненный прослой в несколько сантиметров, поверхность которого может быть ожелезненной или фосфатизированной; зрелая – поверхность литифицируется и ожелезняется; может быть либо ровной, либо бугристой, последнее особенно характерно для пород, подвергшихся размыву) [1].

Важность наблюдения и изучения хардграундов заключается в том, что благодаря этим образованиям можно зафиксировать перерывы в осадконакоплении, происходящие на данной территории и дополнить этой информацией стратиграфическую картину местности. Помимо этого, твердое дно является хорошим маркирующим горизонтом при корреляции разрезов.

Автором был проведен макрофациальный анализ образцов из коллекций Горного музея «Горные породы Центральной части России (р. Шелонь и р. Великая)» и «Фауна девона Главного девонского поля». Первая была составлена И.И. Горским и В.Ю. Черкесовым в 1921 году, вторая – Р.Ф. Геккером в 1929-1930 годах. По результатам анализа были выделены два типа хардграунда, причем второй тип был разделен на два подтипа.

Главное девонское поле представляет собой обширную территорию, где породы девонского возраста залегают на относительно малой глубине и перекрыты лишь четвертичными отложениями. Этот регион начал детально изучаться в конце 19 века такими учеными, как П.Н. Венюков и Г. Беккер, однако основной каркас региональной стратиграфической схемы был создан только в 1929-1931 годах Р.Ф. Геккером и Д.В. Обручевым. Впоследствии она неоднократно редактировалась и корректировалась на основе результатов, полученных в ходе дальнейших исследований данного региона. Например, в конце 1940-х годов А.Н. Александрова провела дополнительное разделение слоев, выделенных Геккером и Обручевым, на ряд пачек, выдержанных по простиранию. А в 1952 году Б.П. Марковский доказал, что брахиоподы, найденные в шелонских слоях, идентичны таковым в чудовских слоях (нижняя часть), и в свинордских (верхняя часть), в результате чего шелонские слои были упразднены и разбиты на дубниковские и порховские слои.

Главное девонское поле захватывает всю Псковскую и большую часть Ленинградской и Новгородской областей, часть стран Балтии и часть Беларуси. На большей части территорий девона скрыты под породами четвертичного возраста, но наблюдаются и их обнажения, особенно в руслах многочисленных рек (Шелонь, Сясь, Великая и проч.), на южном берегу озера Ильмень и в искусственных горных выработках. Основная масса пород Главного девонского поля сложена песчано-глинистыми и известняковыми образованиями морского и прибрежно-морского происхождения, однако, встречаются и отложения континентального происхождения. Породы характеризуются значительным разнообразием организмов, живших на этой территории (примерно 900 видов) [2]. Комплекс бентосной макробиоты крайне разнообразен, но неравноценно изучен по разным систематическим группам. Первым, кто провел исследования твердого дна на территории Главного девонского поля, был Р.Ф. Геккер (1950 год).

Среди изученных образцов можно выделить два различных типа хардграундов – незрелый и зрелый, причем поверхность твердого дна второго типа в различных образцах была как твердой, прочной и ровной, так и бугристой, с возвышениями и неровностями. Органические остатки представлены двумя генерациями: комплекс обитателей мягкого дна, образующие породу, и комплекс обитателей твердого дна, представители которого поселились на породе после ее литификации. В ходе исследования были рассмотрены образцы, принадлежащие псковским и чудовским слоям. Хардграунд образцов, взятых из псковских слоев, представлен либо незрелым типом, либо зрелым, но с бугристой, неровной поверхностью. У первых (рис. 1) присутствует лишь комплекс обитателей мягкого дна – многочисленные переотложенные остатки стеблей криноидей, створки и раковины брахиопод, различные черви, чье присутствие можно установить благодаря следам, проделанными ими в грунте; у вторых (рис. 2) добавляется также комплекс обитателей твердого дна – криноидеи новой генерации (их холдфасты видны на кровле образцов), цементирующиеся брахиоподы отряда продуктид (*Irboskites fixatus* Bekker), прикрепляющиеся моллюски *Limanomia* sp., микроконхиды и корнулитиды, чьи раковинки прикреплены как к другим организмам, так и к твердому дну, а также различные виды червей-сверлильщиков, следы жизнедеятельности которых видны на остатках других организмов комплекса. Образцы из чудовских слоев отличаются по своим свойствам: из-за более сильной литификации, а также доломитизации они гораздо прочнее, их поверхность твердого дна ровная и гладкая. У этих образцов (рис. 3) присутствует только комплекс обитателей твердого дна, органические остатки в породе не сохранились. Исходя из того, что видовой состав организмов обоих комплексов в образцах из псковских слоев в целом совпадает, можно сделать вывод, что перерыв в осадконакоплении, который привел к образованию хардграундов на этой территории, был незначителен, и за это время видовой состав остался прежним.

Исследование распространения, формирования и мест расположения хардграундов крайне важно для составления стратиграфической характеристики местности, на которой встречаются данные образования, так как при изучении этих образований можно узнать об изменениях в условиях осадконакопления, смене видového разнообразия организмов вследствие миграции, эволюции или вымирания, а если перерыв достаточно значительный – и о смене геологических эпох. Помимо этого, хардграунды очень удобно использовать при выделении маркирующих горизонтов и корреляции разрезов, порой находящихся на значительном удалении друг от друга, для создания геологических карт данной местности. Поэтому, твердое дно является важным и перспективным направлением для дальнейшего всестороннего исследования и изучения.



Рис. 1. Образец, взятый из псковских слоев, в котором представлена незрелая стадия хардграунда



Рис. 2. Образец, взятый из псковских слоев, в котором представлена зрелая стадия хардграунда (поверхность твердого дна бугристая)



Рис. 3. Образец, взятый из чудовских слоев, в котором представлена зрелая стадия хардграунда (поверхность твердого дна ровная)

Литература

1. Изучение стратиграфических перерывов при производстве геологической съемки. Методические рекомендации / Е. Ю. Барабошкин, А. Б. Веймарн, Л. Ф. Копаевич, Д. П. Найдин. – Москва: издательство Московского государственного университета, 2002. – С. 28–39.
2. Геккер Р. Ф. Ископаемая фация гладкого каменного морского дна (к вопросу о типах каменного морского дна). – Тр.Ин-та геол. Академии наук СССР. – 1960. – Т. 5. – С. 209–220.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Липихина Е.Ю.^{1,2}

Научный руководитель доцент Краснощекова Л.А.¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,

²АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

Значительные объемы углеводородов, сосредоточенные в продуктивных отложениях пород фундамента, делают их привлекательными для разработки в условиях современной тенденции ухудшения структуры запасов. Однако, несмотря на высокий потенциал породы доюрского комплекса остаются не до конца изученными. Определение текстурно-структурных признаков карбонатных пород, как правило, вызывает трудности. Очень часто у пород фундамента сильно изменен первоначальный облик и состав. Это связано как с условиями образования пород, так и с вторичными постседиментационными изменениями, что оказывает воздействие на изменение кристаллической решетки, в следствие чего порода больше подвержена деформации. За достаточно долгий период

изучения карбонатов не сложилось ясного понимания внутренней структуры пород и не в полной мере разработаны методы, с помощью которых возможно их изучение [2].

Стратиграфия является основой любого вида геологических исследований. В геологической практике по мере развития данной отрасли науки количество стратиграфических методов постоянно растет. Но можно выделить всего три основных группы методов: литологический, палеонтологический и хроностратиграфический. Все остальные методы являются их разновидностью и основываются на каком-либо частном свойстве.

На данный момент одним из самых надежных инструментов для работы с палеозойскими разрезами скважин Западной Сибири является палеонтологический (биостратиграфический) метод. Биостратиграфические методы позволяют решить две основные задачи стратиграфии: расчленение разреза и его корреляция с другими в пределах исследуемой площади. Биостратиграфические методы являются широко используемыми инструментами в геологической практике. Благодаря данным методам можно относительно точно датировать породы доюрского возраста и проводить внутреннюю и межбассейновую корреляцию.

Особенно важны детальные биостратиграфические исследования на зональном уровне, они позволяют проследить на значительные расстояния более дробные, чем ярус (свиты или толщи) единицы – биостратиграфические зоны. Это имеет первостепенное значение при создании геологических моделей месторождений. Использование зональной стратиграфии позволяет увидеть, что палеозойские карбонаты, на первый взгляд кажущиеся массивными однородными и субгоризонтально залегающими породами, на самом деле сложно дислоцированы [3].

В данной работе показана возможность и эффективность применения результатов палеонтологических исследований для корректировки 3Д геологической модели одного из нефтяных месторождений доюрского комплекса, расположенного на севере Томской области в Западной Сибири.

Чаще всего при моделировании коллекторов палеозойского возраста используется классический вариант построения модели. Создают массивную залежь с горизонтальным залеганием слоев и распределение коллектора происходит с подбором вариограмм, которые позволили бы воссоздать распределение коллектора близкое к природному. В этом случае, и нарезка на слои в модели проводится горизонтально [1].

В данной работе авторы решили рассмотреть геологическую концепцию, которая предполагает складчатое строение толщ. Однако, для построения геологической модели с наклонным залеганием пород необходимы дополнительные исходные данные (углы и азимуты залегания слоев доюрского комплекса). Именно поэтому такой подход к моделированию не всегда возможен.

Традиционно для воссоздания наклонного залегания пород доюрского комплекса используются данные исследований ГМД для определения углов и азимутов залегания пород. В связи с отсутствием данных исследований для построения структурного каркаса коренного палеозоя в качестве стратиграфической кровли пласта было принято решение использовать методику, разработанную сотрудниками АО «ТомскНИПИнефть», которая позволила воссоздать залегание слоев на основе имеющихся палеонтологических данных.

Авторами идеи данного подхода моделирования палеозоя являются сотрудники «ТомскНИПИнефть» Полькин Р.В., Горкальцев А.А. С момента возникновения идеи и первой ее реализации прошло более 10 лет. За это время методика подверглась значительным корректировкам и обновлениям, она постоянно дорабатывается и модернизируется, исходя из результатов адаптации гидродинамической модели и получением дополнительных знаний о строении доюрского комплекса.

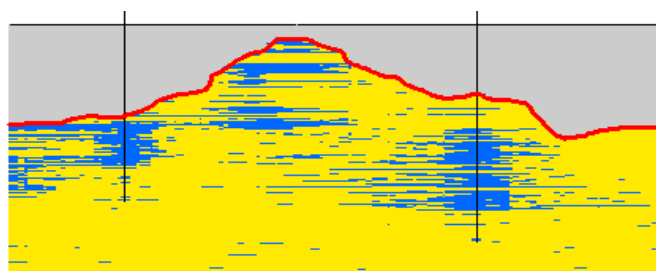
Для построения геологической модели фундамента с наклонным залеганием пород было необходимо выполнить ряд этапов.

На первом этапе для определения площадного и вертикального распределения разновозрастных отложений палеозоя использовались данные определений относительного возраста отложений по палеонтологическим остаткам (выполненные и обобщенные сотрудниками Томского государственного университета). Обобщение результатов палеонтологических и биостратиграфических исследований палеозойских отложений были проведены на базе комплексации зональной биостратиграфии и литостратиграфии по материалам глубокого бурения 28 скважин, дополнительно было изучено 135 прозрачных шлифов по 9 скважинам. По результатам палеонтологических исследований установлено, что разрезы скважин в пределах изучаемого участка представлены девонскими и каменноугольными отложениями.

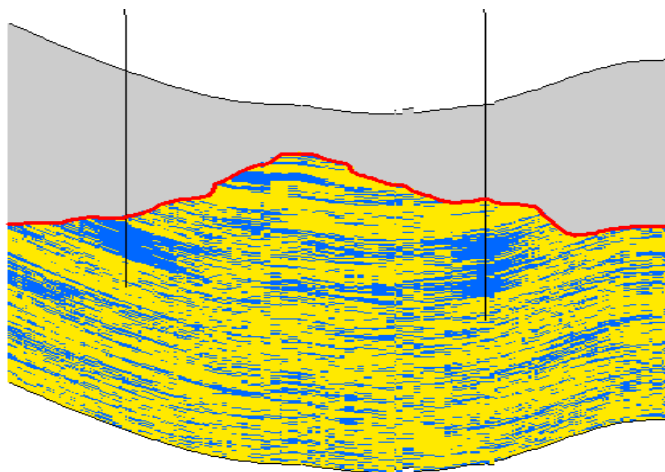
На втором этапе работы сотрудником АО «ТомскНИПИнефть» Максиковым С.В. на основе взаимного расположения скважин и вскрытых ими горизонтов, с использованием методов структурного анализа были определены углы падения слоистости, при условии, что слой между соседними скважинами падает моноκлиально. Были построены геологические разрезы вдоль и поперек простирания складчатых структур, полученных при построении геологической карты фундамента. По построенным разрезам были взяты абсолютные отметки кровли или подошвы средне-позднедевонских свит (подсвит). Эти отметки затем использовались при построении трёхмерной геологической модели [3].

На третьем этапе работы полученную восстановленную палеоповрхность использовали в качестве основы структурно-стратиграфического каркаса геологической 3Д модели. Параллельно этой поверхности производилась нарезка на слои в модели.

На рисунке представлены схематические геологические разрезы из моделей до и после корректировки стратиграфического каркаса и концепции месторождения в целом.



А



Б

Рис. Схематические геологические разрезы из геологических моделей с горизонтальным и наклонным залеганием слоев (А – горизонтальное залегание, Б – наклонное залегание)

Таким образом, применение вышеописанного метода моделирования наклонного залегания пород доюрского возраста позволяет повысить уровень достоверности модели. Такая геологическая модель лучше отражает природное залегание палеозойского комплекса, что положительно сказывается на адаптации модели за счет снижения скорости обводнения гидродинамической модели. Данный метод рекомендовано применять при моделировании коренного палеозоя.

После пересмотра геологической концепции и создания структурно-стратиграфического каркаса с наклонной нарезкой на слои необходим пересмотр проектного фонда и концепции бурения в целом, что позволит повысить эффективность бурения, снизит риски не подтверждения проектных показателей бурения, снизит скорость обводнения скважин, произведет положительный экономический эффект.

Литература

1. Яковенко О. В. Учет особенностей геологического строения и процесса формирования доюрских отложений при выборе методики построения структурного каркаса цифровой геологической модели на примере месторождения Томской области [Текст] / О. В. Яковенко, Д. В. Воробьев, В. П. Меркулов // Нефть. Газ. Новации. – 2017. – № 2. – С. 52 – 56.
2. Cosentino, L. Integrated reservoir studies [Text] / L. Cosentino. – Paris: Editions Technip, 2001. – 310 p.
3. Fedorov B. A. The role of biostratigraphy and structural analysis methods in creating a 3D model of a deposit in Paleozoic sediments under conditions of a shortage of initial geological data [Text] / B. A. Fedorov, S. V. Maksikov, O. V. Yakovenko // European association of geoscientists and engineers. – 2021. – V. 2021. – P. 1 – 5.

ЗНАЧЕНИЕ АКАНТОСТИЛЕЙ В КОЛОНИЯХ МШАНОК ИЗ РОДА *DYSCRITELLA GIRTY*, 1911

Михненко Д.М., Толоконникова З.А.

Научный руководитель доцент Толоконникова З.А.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Мшанки отряда Treplostomata Ulrich, 1882 рассматриваются как одна из самых многочисленных групп надотряда Palaeostomata [3]. Среди длительно существовавших треплостоматных родов выделяется *Dyscritella Girty*,

1911 – типовой род для семейства Dyscritellidae Dunaeva et Morozova, 1967. Первый представитель *D. bohémica* Ernst, 2008 появился в раннем девоне, а последний *D. clausa* Schäfer, Senowbari-Daryan, Hamedani, 2003 исчез в самом конце триасового периода. За 218 млн лет произошла смена более чем 125 видов дискрителл, причем большая часть приходится на пермский период (71% видового разнообразия). Для дискрителл характерны ветвистые и инкрустирующие колонии, образованные в результате почкования трубчатых автозооидов. Стенки автозооидов к поверхности колонии неравномерно утолщаются, полости автозооидов содержат редкие диафрагмы. Межзооидальное пространство в колониях заполнено обильными эксилезооидами и акантостилиями. Последние у некоторых видов двух размеров.

Цель статьи – анализ изменений акантостилий у мшанок рода *Dyscritella* с фаменского (поздний девон) до казанского века (средняя пермь) под влиянием комплексного воздействия факторов окружающей среды и обоснование их значения. Выбор рода обусловлен его широким географическим распространением в верхнедевонских-среднепермских отложениях планеты (интервал 372–265 млн лет) и наличием дифференцированных акантостилий. У ископаемых мшанок размеры, количество и характер расположения акантостилий принимаются как важные таксономические признаки. Однако их функциональное предназначение остается не ясным.

Фрагменты колоний мшанок изучались с помощью светового (СМ) и сканирующего электронного (СЭМ) микроскопов по каменному материалу из полевых сборов второго автора и коллег (С.В. Молошников, Г.А. Мизенса). Для прослеживания эволюционных изменений акантостилий были также использованы данные литературных источников.

Акантостилии – тоненькие «трубочки» в стенках колоний мшанок, тяготеющие к экзозоне, одинакового диаметра на всем своем протяжении. В ископаемом состоянии они сохраняются в виде полостей [1] или стержней [5] с четко выраженными стенками, выполненными кальцитом, частично выступающих над поверхностью колонии в виде игл (рис. А, Б). Известны случаи скопления тонкого минерального вещества внутри крупных акантостилий после гибели колонии или разрушения стенок соседних автозооидов. Стенки акантостилий имеют ламинарное или поперечное строение.

У первых представителей рода *Dyscritella* (ранний-средний девон – четыре вида) акантостилии в пределах одной колонии были одинакового размера, хаотично располагаясь вокруг каждой апертуры в количестве от 2 до 7. На границе девона-карбона стала проявляться дифференциация акантостилий по размерам (на крупные и мелкие) в пределах одной колонии. Например, позднефаменский вид (поздний девон) *D. perforata* Tolokonnikova, Ernst, Poty, Mottequin, 2015 из Намюро-Динантского бассейна обладал 2–6 акантостилиями диаметром от 0,015 до 0,045 мм вокруг каждой апертуры, а его турнейский потомок (ранний карбон) *D. ornata* Tolokonnikova, Ernst, Poty, 2015 из того же бассейна – 2–8 акантостилиями (рис. В, Г, Д), диаметром от 0,015 до 0,06 мм [6, 7]. В турнейско-визейских отложениях нижнего карбона известно 12 видов дискрителл с ветвистыми и инкрустирующими колониями. Количество и дифференциация акантостилий по размерам возрастали. В целом тенденция сохранялась до конца карбона. У отдельных видов акантостилии были единообразны, но в их расположении прослеживалась определенная закономерность. Например, у мшанки вида *D. aff. tenuata* Dunaeva, 1964 из визейских отложений Курганской области РФ установлено 3–4 акантостилия диаметром 0,03 мм, которые были приурочены к углам соединения стенок автозооидов (рис. Е). В ранне-среднепермских морях планеты существовало 85 видов дискрителл. Мшанки *D. spinigeriformis* Morozova, 1970 (биармийская эпоха, казанский век) из восточной части Русской платформы отличалась крупными акантостилиями 0,06–0,08 мм в диаметре, с четко выраженным центральным ядром и слоистыми стенками, локализованными по 4–6 вокруг каждой апертуры [2]. Между крупными акантостилиями располагались 1–2 мелкие, диаметром 0,02–0,04 мм. Биармийские мшанки (казанский век) *D. incrustata* Morozova, 1970 из того же бассейна обладала акантостилиями диаметром 0,02–0,08 мм, располагавшимися по 5–6 вокруг каждой апертуры. Более однообразные и многочисленные акантостилии установлены у биармийских мшанок (казанский век) *D. tubulosa* Morozova, 1970 из восточной окраины Русской платформы: 6–8 вокруг каждой апертуры, 0,03–0,05 мм в диаметре. Подобная ситуация сохранялась до конца перми.

Предположительно аналогами акантостилий у современных мшанок, относимых к отряду Cheilostomata, являются авикулярии и вибракулы. Эти видоизмененные зооиды не имеют полипида и, выполняя быстрые движения, отпугивают хищников, удаляют частицы осадка с поверхности колонии или способствуют перемещению колонии в пространстве. Вероятно, у ископаемых мшанок акантостилии при жизни колоний препятствовали, в первую очередь, поеданию рассматриваемых беспозвоночных хищниками (рыбами, моллюсками, членистоногими, иглокожими). Хищничество – одна из причин развития защитных морфологических адаптаций [4]. На границе девона-карбона (событие Хангенберг), в середине карбона зафиксированы массовые вымирания разного уровня, которые вызывали перераспределение состава биоты в экологических нишах и появление новых групп питающихся мшанками организмов. Массовые вымирания связываются с абиотическими причинами. Теплый девонский климат сменился к середине карбона холодным, а в перми аридным. В позднем палеозое были резко выражены трансгрессивно-регрессивная цикличность (глобальная трансгрессия в начале карбона, регрессия в конце перми) и тектоническая активность (герцинский цикл тектогенеза). Стоит учитывать и конкуренцию между мшанками разных отрядов, а также мшанок с иными бентосными группами (например, кораллами, брахиоподами). Комплексное воздействие биотических и абиотических факторов вызывало эволюционные изменения характеристик акантостилий в колониях мшанок, повышая в целом устойчивость типа Мшанки к неблагоприятным условиям окружающей среды и способствуя сохранению группы на планете.

Вторичное предназначение акантостилий возможно связано с регулированием токов воды для усиления орошения кольца щупалец пищевыми частичками, а также предупреждения засыпания колонии осадком, придания колонии дополнительной устойчивости. Мшанки – бентосные колониальные организмы, поэтому защита от неблагоприятных факторов окружающей среды у них шла по «пассивному» пути.

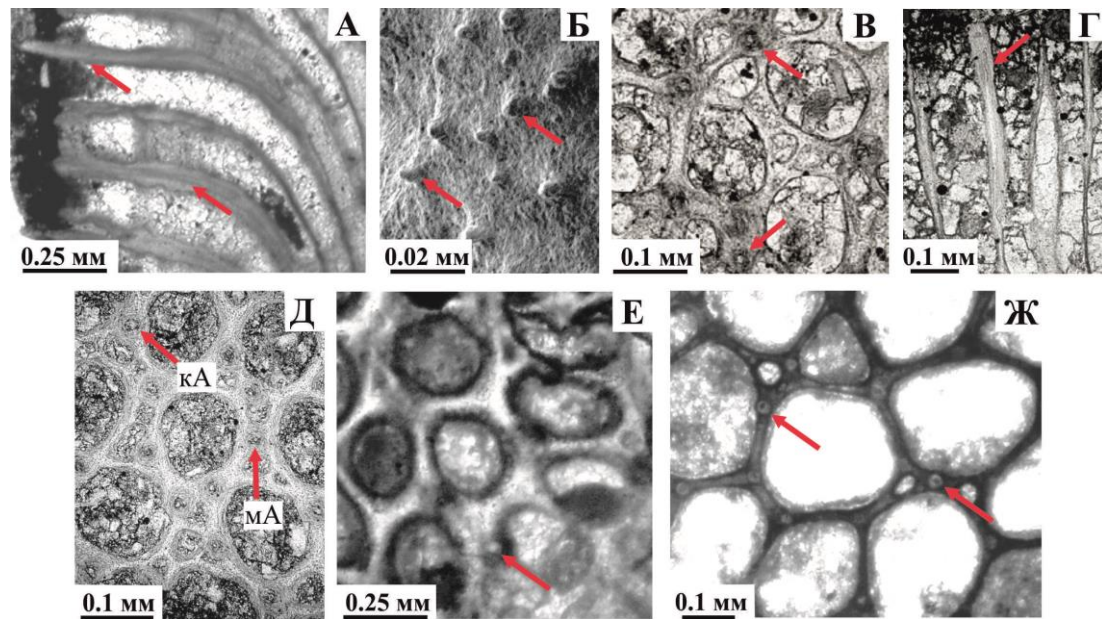


Рис. Акантостили в колониях разных видов мшанок рода *Dyscritella*: А, Б – *D. spinigeriformis* Morozova, 1970: А – продольное сечение, Б – фрагмент поверхности колонии; Самарская область РФ, Чувашский Байтуган; пермь, биармийский отдел, казанский ярус. В, Г – *D. perforata* Tolokonnikova, Ernst, Poty et Mottequin, 2015: В – тангенциальное сечение, Г – продольное сечение; Бельгия, разрез Pont-de-Scau; верхний девон, фаменский ярус. Д – *D. ornata* Tolokonnikova, Ernst et Poty, 2015, тангенциальное сечение (кА – крупные акантостили, мА – мелкие акантостили); Бельгия, карьер Nitons; нижний карбон, турнейский ярус; Е – *D. aff. tenuata* Dupaeva, 1964, тангенциальное сечение; Курганская область РФ, скважина КУ-1; нижний карбон, визейский ярус; Ж – *D. incrustata* Morozova, 1970, тангенциальное сечение; Самарская область РФ, Чувашский Байтуган; пермь, биармийский отдел, казанский ярус. А, В-Ж – СМ, Б – СЭМ

Таким образом, изменения характеристик акантостилей (количества, размеров, характера локализации) в колониях мшанок рода *Dyscritella* с конца девона до середины перми, вероятно, были направлены, в первую очередь, на защиту от хищников и засыпания колонии осадком.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00030.

Литература

1. Астрова Г. Г. К вопросу о морфологии и функциональном значении акантопор у трепостомат (Bryozoa) [Текст] / Г. Г. Астрова // Палеонтологический журнал. – 1971. – №3. – С. 72–79.
2. Морозова И. П. 1970. Мшанки поздней перми [Текст] / И. П. Морозова. – М.: Наука, 1970. – 347 с. (Тр. ПИН. – Вып. 122)
3. Ernst, A. Fossil record and evolution of Bryozoa [Text] / A. Ernst // Phylum Bryozoa. Hardbook of zoology / ed. T. Schwaha. – 2019. – P.11–56.
4. McKinney F. K. Predation on bryozoans and its reflection in the fossil records [Text] / F.K. McKinney, P.D. Taylor, S. Lidgard // Predator interactions in the fossil record. – N. Y.: Kluwer Academic and Plenum Publishers, 2003. – P. 239–261.
5. Tavener-Smith, R. Wall structures and acanthopores in the bryozoan *Leioclema asperum* [Text] / R. Tavener-Smith // Lethaia. – 1969. – V. 2 – P. 89–97.
6. Tolokonnikova Z. Middle and uppermost Famennian (Upper Devonian) bryozoans from southern Belgium [Text] / Z. Tolokonnikova A. Ernst, E. Poty, B. Mottequin // Bulletin of Geosciences. – 2015a. – V. 90(1). – P. 33–49.
7. Tolokonnikova Z. Tournaisian (Lower Mississippian) bryozoans from Belgium [Text] / Z. Tolokonnikova, A. Ernst, E. Poty // Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. – 2015b. – V. 278/1. – P. 23–45.

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛОВЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАРТОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО)

Назарова А.А.¹, Щур Е.А.²

Научные руководители: доценты Шамина М.И.¹, Рычкова И.В.¹

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Литолого-фациальными, палеогеографическими и геохимическими методами изучены меловые отложения Мартовского газоконденсатного месторождения для уточнения условий формирования пород и выявления перспективных коллекторов газоконденсата.

Месторождение находится в Ямало-Ненецком АО на Тазовском полуострове. В тектоническом отношении лицензионный участок приурочен к Ямало-Газовской мегасинеклизе и находится в зоне сочленения структур I порядка: Северо-Ямбургского мегапрогиба и Адерпаютинского мегавала. Меловые отложения представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов, неоднородны по гранулометрическому и минеральному составу и характеризуются большим разнообразием текстурных признаков. Породы исследуемого участка относятся к трём свитам: покурская (K_{1-2pk}), тангаловская (K_{1tg}) и сортымская (K_{1sr}).

На основании результатов исследования текстурно-структурных и петрографических признаков пород было выделено 3 литотипа, чётко приуроченных к определённым свитам: литотип 1 сложен серыми и светло-серыми мелкозернистыми песчаниками, тёмно-серыми крупно- и мелкозернистыми алевролитами и тёмно-серыми аргиллитами [1]. Текстура преимущественно полого-слоистая, реже косослойчатая и линзовидная. Отмечаются следы биотурбации и интенсивных мутьевых потоков. По всему разрезу отмечается растительный детрит. Породы первого литотипа преобладают в отложениях покурской свиты; литотип 2 представлен светло-серыми мелкозернистыми песчаниками, тёмно-серыми крупно- и мелкозернистыми алевролитами тёмно-серыми аргиллитами. Текстуры разнообразны – полого-слоистая (слабоволнистая, косая, линзовидная). Отмечаются следы биотурбации. По всему разрезу отмечается растительный детрит. Породы второго литотипа преобладают во всех подсвитах тангаловской свиты; литотип 3 сложен тёмно-серыми аргиллитами преимущественно полого-слоистой текстурой (местами отмечается биотурбация). Присутствуют углефицированные растительные остатки. Местами проявляется карбонатизация. Породы третьего литотипа преобладают в сортымской свите.

По классификационной диаграмме В.Д. Шутова [2] в отложениях покурской свиты преобладают аркозовые песчаники, в отложениях тангаловской свиты выделяются два петротипа (аркозовые и граувакковые песчаники).

В пределах пластов БУ1-2 (средняя подсвита тангаловской свиты) и БУ9(3) (нижняя подсвита тангаловской свиты) выявлены перспективные порово-трещинные коллекторы газоконденсата, представленные аркозовыми песчаниками, характеризующиеся интенсивными постдиагенетическими преобразованиями (катаклаз, разложение полевых шпатов на кварц-каолиновый агрегат, образование вторичных пор выщелачивания). В этих породах в УФ свете зафиксировано большое количество битумоидов лёгкого и маслянистого состава (желтоватое свечение), пропитывающих цементирующую массу. Перекрывающие и подстилающие эти горизонты глинистые породы являются газогенерирующими, это подтверждается наличием большого количества ОВ, равномерно распределённого в основной массе.

Расположение фигуративных точек на лито-генетических диаграммах свидетельствует о формировании пород в морских и переходных условиях осадконакопления. По динамогенетической диаграмме Г.Ф. Рожкова породы обоих пластов попадают в области V, VII – выходы на мелководье, сильных вдольбереговых течений, накатов волн (прибрежно-морские фации, континентальная микрофация пляжей больших равнинных рек). По диаграмме Р. Пассеги породы формировались в условиях приподнятой части шельфа, пляжей и мелководья под действием мутьевых потоков.

Результаты РФА, РСА и расчёта литохимических модулей по Я.Э. Юдовичу и М.П. Кетрис позволили установить, что породы пластов потенциальных коллекторов относятся к нормоглиноземистым, приурочены к типу «сиаллиты и сиферлиты» [5]. Породы пластов ПК1, АУ9, АУ11 относятся к гиперщелочным, остальные породы пластов – к нормощелочным. В породах всех пластов отмечается преобладание хлоритов при низких значениях ЩМ (щелочного модуля) и плагноклазов – при высоких ЩМ. Формирование пород покурской и тангаловской свит происходило преимущественно в семиаридном климате (пласты ПК1, АУ9, АУ11, БУ1-2, БУ9(2)-БУ9(3), БУ9(3)), а пород сортымской свиты в условиях гумидного климата (пласты БУ0, Ач1БУ11, Ач1БУ14, Ач1БУ16, Ач2БУ16).

Исследования ядра палеонтологическим и палеоихнологическим методами позволили обнаружить и классифицировать в породах покурской свиты р. *Gastrochaenolites* и в тангаловской свите большое количество ихнофоссилий, представленных следами биотурбации, свидетельствующих о жизнедеятельности илоедов р. *Skolithos* (или их родственных образований) [3]. В породах тангаловской свиты определён растительный детрит, который представлен растениями родов *Czekanowskia* sp., *Tyrnia* sp., *Radicles* sp. В породах сортымской свиты обнаружены ихнофоссилии *Terebellina*, *Rossetia*, *Asterosoma*. Эти следы остаются преимущественно в алевролитовых породах с косой и косоволнистой слоистостью, которая свидетельствует о прибрежной зоне бассейна седиментации (прибрежная зона озер, приливно-отливная полоса) [6].

Проведённые исследования позволили провести палеорекострукцию условий осадконакопления [4]. Сортымская свита формировалась в условиях низкого гидродинамического режима (тракт высокого стояния), это подтверждается преимущественно полого-слоистыми текстурами (суб- и горизонтально-слоистые), однородностью литологического состава (аргиллиты). Тракт низкого стояния прослеживается от начала формирования тангаловской свиты до конца формирования покурской (пласты БУ9(3) – ПК1). Это подтверждается наличием ихнофоссилий в ядре. В результате регрессии моря установился высокий гидродинамический режим – текстуры пород приобретают косослойчатый, волнистый облик, также отмечаются следы биотурбации, представленные жизнедеятельностью илоедов р. *Skolithos* и р. *Gastrochaenolites* (или их родственных образований). Породы с наличием ихнофоссилий р. *Skolithos*, обитающих в районе средней части сублиторали, т.е. располагаются глубже тех пород, в которых представлены более мелководные организмы р. *Gastrochaenolites*.

Таким образом, результаты комплексных литолого-геохимических и палеофациальных исследований ядра меловых отложений Мартовского месторождения позволили установить перспективные терригенные коллекторы в пределах тангаловской свиты, формирующиеся в периоды смены трансгрессивно-регрессивных движений на тот момент существующего бореального Западно-Сибирского моря.

Литература

1. Алексеев В. П. Литолого-фациальный анализ: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология». Екатеринбург: изд-во УГГГА, 2003. – С. 147.
2. Назарова А. А. Реконструкция фациальных и литолого-геохимических условий формирования среднеюрско-нижнемеловых газоносных отложений газового месторождения «С» (ЯНАО) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания ТПУ, Томск, 5-9 Апреля 2021. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021 – Т. 1 – С. 21-22.
3. Николаенко О. Д. Вакуленко Л. Г., Нижнемеловые ихнофоссилии и в морском и переходном комплексах Гыданского фациального подрайона (Западная Сибирь) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Симферополь: Изд-во ЧерноморПРЕСС, 2016 – С. 190.
4. Шамина М. И., Рычкова И. В., Гладков Е.А. Литогеохимические и биостратиграфические особенности тюменской и науанской свит (юго-восток Западной Сибири) // Нефтяное хозяйство – №8 – 2017. – С. – 42 - 46.
5. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимии). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – С. 59-64.
6. Ян П. А., Вакуленко Л. Г., Смена состава ихнофоссилий в келловей-оксфордских отложениях Западно-Сибирского бассейна как отражение цикличности седиментогенеза // Геология и геофизика, 2011, т. 52, № 10, – С. 1517 – 1537.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕЙ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Пахтаева М. Г.

Научные руководители доценты Иванов В.П., Рычкова И.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью настоящих исследований является выявление и сопоставление углефицированных остатков растений (фитолейм) и углей среднеюрского возраста Западной Сибири на основе ИК-спектрометрического анализа.

Задачи, которые решались: стратиграфическое расчленение скважины на основе макроостатков растений, с использованием сравнительно-морфологического и эпидермально-кутикулярного анализов; получение с помощью ИК-спектрометрии диагностических признаков в «эталонных» фитолеймах растений и корреляция их с маркерными признаками в угле.

Объектами исследований послужили угли и фитолеймы из керна скважин площади Казанская, Болтная, Останинская, Боровая, которые расположены на юго-востоке Западной Сибири (Парабельский район Томской области).

По комплексам растений в кернах скважины Казанская, 15 было проведено биостратиграфическое расчленение на тюменскую и науанскую свиты. Для науанской свиты определены папоротники *Coniopteris latilobus*, *C. depensis*, хвойные *Podozamites cf. eichwaldi* и *P. lanceolatus*, а для тюменской свиты папоротники *Raphaelia diamensis* и *Coniopteris vialovae*, чекановские *Czekanowskia rigida* и *Cz. vera*, а также беннеттитовые *Nilssonia* sp. [2].

ИК-спектрометрический анализ применялся для расшифровки состава углей скважины Казанская, 15 путём оптимизации прогноза состава растений-углеобразователей, принимая в качестве компонентов фитолеймы образцов папоротников, чекановских, хвощей и хвойных [1]. Для определения строения структуры углей и фитолейм использовался структурно-групповой анализ, разработанный для углей с целью выявления типов связей в структуре в виде функциональных групп и соединений на полосах интенсивности отражения 7500, 4000, 3400, 3300, 3040, 2920, 2860, 2000, 1690, 1650, 1600, 1550, 1450, 1375, 1260, 1090, 1030 см⁻¹. Данные полосы спектра являются основными показателями структурно-группового анализа и характеризуют атомарно-молекулярную организацию органического вещества углей и фитолейм.

Различие химического состава углей видно не только по структурно-групповому анализу, но и по характеру спектров. Отметим, что спектры углей различаются, особенно спектр угля образца 720, при сходстве конфигурации графиков спектральной характеристики.

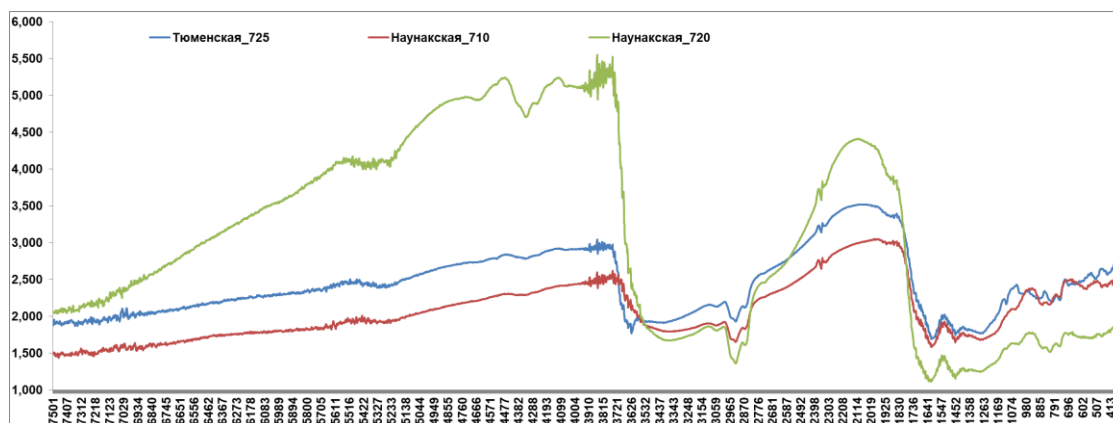


Рис. Спектры углей скважины Казанская, 15

Суть способа оптимизации состава вещества сводится к подбору компонентов по показателям, удовлетворяющим фактическим и расчётным величинам эталонного и расчётного угля, что позволяет оценить вклад растений-углеобразователей в формирование органической массы углей. Методом долевого участия, подбором различных коэффициентов, был найден наиболее подходящий состав, при котором отклонение минимальное, а коэффициент корреляции максимален.

В результате оптимизации был получен прогноз растений-углеобразователей: в образце 710 угля научакской свиты 45% представлено хвойными, 40% – чекановскими, 15% – хвощовыми, папоротники отсутствуют. В образце 720 научакской свиты наибольшая доля приходится на хвойные – 35%, чекановские и папоротники занимают по 30%, 15% – хвощовые. В 725 образце угля тюменской свиты основными растениями-углеобразователями являлись чекановские – 45%, доля хвойных и хвощовых составляла по четверти каждая, папоротников было около 5%.

Контроль оптимизации проводился по коэффициенту корреляции (r) и стандартному отклонению (КСО) фактического угля и расчётной смеси из структурно-группового анализа образцов фитолейм. Результаты оптимизации показали, что корреляция по оптимальному варианту выше, чем по среднему, а коэффициент отклонения, наоборот, ниже (табл.). Установлено, что структурно-групповой анализ на основе ИК-спектроскопии применим для прогноза состава растений-углеобразователей. При сравнительном анализе углей научакской и тюменской свит выяснено, что в тюменской свите основными растениями-углеобразователями были чекановские, при участии хвойных, хвощовых и папоротников, а в научакской свите основными растениями-углеобразователями были хвойные, при участии чекановских, хвощовых и папоротников. Формирование углей в свитах происходило в разных экологических обстановках, которая обусловлена уменьшением видового состава чекановских вверх по разрезу и увеличением доли хвойных.

Полученные результаты исследования показали эффективность применения палеонтологического и ИК-спектрометрического методов для проведения палеореконовки углеобразования и прогнозирования палеоэкологических условий.

Литература

1. Иванов В. П., Рычкова И. В. Палеонтологическая и спектрометрическая характеристика фитолейм средне-позднеюрских растений юго-востока Западной Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2021. – Т. 29. – № 6. – С. 1–13.
2. Киричкова А. И., Костина Е. И., Быстрицкая Л. И. Фитостратиграфия и флора юрских отложений Западной Сибири. СПб.: Недра, 2005. – 378 с.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА ПО ОСТАТКАМ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧУКЛАЙДА (БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ)

Самандросова А.С.

Научный руководитель профессор Лещинский С.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Введение. Местонахождение Чукалда расположено на севере Барабинской низменности (юг Западно-Сибирской равнины), в среднем течении долины р. Оми (д. Чукалда, Новосибирская область). Разрез Чукалда представляет собой обнажение поймы и I надпойменной террасы высотой ~5 м. Для исследования четвертичных отложений было изучено четыре ключевых участка разреза: А – голоценовый (нижняя точка наблюдения по течению), В, С и D – позднеплейстоцен-голоценовые. Публикация посвящена изучению участка А, материал из которого отбирался сотрудниками лаборатории континентальных экосистем мезозоя и кайнозоя ТГУ в 2017, 2019 и 2021 гг.

Разрез Чукалда (А) снизу вверх представлен голоценовыми образованиями субаквального и субаэрального генезиса. В основании (~1 м) залегают темно-серые песчано-глинистые озерно-аллювиальные отложения с большим содержанием раковин моллюсков и остатков мелких позвоночных.

Материалы и методы. Сбор материала проводился путем промывки отложений на сите с ячейей 1 мм непосредственно у разреза. Промывались песчано-глинистые отложения в основании разреза (А) в межень (в интервале от уреза воды до 1 м вверх). Полученный концентрат (~160 л) просушивался на месте. В лабораторных условиях производилась дополнительная обработка концентрата кипячением в воде для дезинтеграции глинистых частиц. Отбор и изучение остатков производились с помощью стереоскопа Leica M205C. Таксономические определения производились по морфологии костей и зубов, включая первый нижний – m1 (лучшая диагностика по жевательной поверхности).

Результаты и обсуждение. На данный момент просмотрено ~80 л концентрата с органическими остатками. Было найдено и определено 817 зубов мелких млекопитающих, которые были разделены по трем отрядам: насекомоядные, зайцеобразные и грызуны (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав мелких млекопитающих местонахождения Чуклайда (т. н. А)

Вид	Количество зубов, шт.
Отряд Eulipotyphla – насекомоядные	
<i>Erinaceus</i> sp. – евразийские ежи	1
<i>Sorex</i> sp. – бурозубки	57
Отряд Lagomorpha – зайцеобразные	
<i>Ohotona</i> sp. – пищухи	2
Отряд Rodentia – грызуны	
<i>Citellus</i> sp. – суслики	11
<i>Sicista</i> sp. – мышовки	3
<i>Allactaga major</i> Кегг. – большой тушканчик	1
<i>Apodemus</i> sp. – лесные или полевые мыши	6
<i>Cricetus</i> sp. – хомяки	3
<i>Ellobius talpinus</i> Pall. – слепушонка обыкновенная	7
<i>Clethrionomys</i> sp. – полевки лесные	33
<i>Lagurus lagurus</i> Pall. – степная пеструшка	88
<i>Arvicola terrestris</i> L. – водяная полевка	5
<i>Arvicola</i> sp. – полевки водяные	58
<i>Microtus agrestis</i> L. – темная (пашенная) полевка	5
<i>Microtus arvalis</i> Pall. – обыкновенная полевка	4
<i>Microtus economus</i> Pall. – полевка-экономка	21
<i>Microtus gregalis</i> Pall. – узкочерепная полевка	50
<i>Microtus</i> sp. – серые полевки	440
cf. <i>Borsodia</i> sp.	20

Кроме указанной фауны, на участке (А) найдены остатки птиц и крупных млекопитающих (*Cervidae*, *Equus* sp., *Canis* sp. и др.), фрагменты челюстей и позвонков *Erinaceomorpha* (ежеобразные), позвонки и зубы рыб, включая семейство *Syprinidae* (карповые), фрагменты зубов *Lacertilian* (ящерицы), а также многочисленные раковины моллюсков, по которым получены две радиоуглеродные даты в интервале ~ 6,2 – 5,8 тыс. лет назад.

Одной из главных задач изучения материала является тафономический анализ – определение степени выветривания костных поверхностей, следов транспортировки и переотложения, и др. Остатки грызунов из костеносного слоя имеют хорошую сохранность (наружный цемент сохранился) и окрашены в коричневый или черный цвет. Анатомических сочленений не выявлено, хотя некоторые зубы сохранили свое положение в альвеолах челюстей. Окатанные зубы отсутствуют. Длинные кости скелета в основном представлены обломками, хотя встречаются с эпифизами; кости дистальных отделов конечностей, как правило, целые. На основании данных фактов, можно заключить, что основная часть материала не имела длительного переноса и синхронна осадконакоплению. Важно отметить, что встречаются остатки с архаичной морфологией жевательной поверхности, но их тафономические характеристики аналогичны общей массе остатков.

Проанализировав состав выявленной фауны мелких млекопитающих и сравнив его с современными климатическими условиями и ареалами обитания видов, можно реконструировать условия окружающей среды. Мелкие млекопитающие, особенно отряд *Rodentia*, имеют богатый потенциал в качестве палеоэкологических маркеров ввиду быстрой эволюции, богатой ископаемой летописи, широкого географического распространения и определенной экологической специфики. В таблице 2 сгруппированы представители грызунов, пищух и насекомоядных по зональному принципу [2].

Среди грызунов большинство принадлежит степной пеструшке (*Lagurus lagurus*), которая по зональному принципу относится к классическим степным видам. В настоящее время она населяет степи и лесостепи со злаково-разнотравными и ковыльно-типчаковыми участками. Этот вид менее других видов мелких полевочных нуждается во влажном корме [1].

Вместе с тем, на наличие увлажненных участков указывает присутствие двух видов – водяной полевки (*Arvicola terrestris*) и полевки-экономки (*Microtus economus*). Водяная полевка предпочитает селиться близ различных водоемов (рек, озер, болот). Полевка-экономка наиболее многочисленна во влажных стадиях лугового типа по берегам рек и озер, краям осоковых и моховых болот и речных долин.

Таблица 2

Группировка таксонов по зональному принципу

Степные/лесостепные 27,9 %	Открытые ландшафты 19,9 %	Азональные луговые 1,1 %	Интразональные околородные 23,9 %	Тажные/лесные 27 %
<i>Lagurus lagurus</i>	<i>Microtus gregalis</i>	<i>Microtus arvalis</i>	<i>Arvicola terrestris</i>	<i>Clethrionomys</i> sp.
<i>Ellobius talpinus</i>	<i>Citellus</i> sp.		<i>Microtus economus</i>	<i>Microtus agrestis</i>
<i>Allactaga major</i>	<i>Cricetus</i> sp.			<i>Sorex</i> sp.
<i>Ohotona</i> sp.	<i>Apodemus</i> sp.			

Многочисленные находки *Microtus gregalis*, а также *Citellus* sp. *Cricetus* sp. и *Apodemus* sp. характерны для открытых местообитаний. В Барабинской низменности узкочерепная полевка свойственна наиболее сухим, часто солонцеватым участкам лугов, поэтому она характерна только для одного биотипа – луга [3].

Дискуссионным вопросом являются зубы грызунов с архаичной морфологией жевательной поверхности, о чем сказано выше. Так, в концентрате найдены ювенильные зубы (20 шт.), возможно, предковой формы cf. *Borsodia*, которая имеет тесную филогенетическую связь с современными пеструшками. Также найден зуб примитивной формы, напоминающий древнего предка *Microtus gregalis*, который предположительно вымер более 300 тыс. лет назад [4, 5]. Кроме того, найден зуб с корнями, наружным цементом и островком эмали, предположительно относящийся к роду *Mimomys*. В связи с этим, возникает проблема о вероятности значительного переотложения некоторых остатков позвоночных.

Таким образом, остатки мелких млекопитающих местонахождения Чуклайда (А) предоставили новые данные для реконструкции окружающей среды в первой половине голоцена. Несмотря на преобладание степных и лесостепных видов, предпочитающих открытые участки, присутствует лесная фауна, указывающая на наличие лесных участков. На близость влажных местообитаний указывают находки *Arvicola terrestris*, *Microtus eoconomus* и *Clethrionomys* sp. Такое описание ландшафтов характерно для лесостепной зоны юга Барабинской низменности. Разрез Чуклайда находится на границе лесной и лесостепной зон. С учетом вышесказанного, можно предположить, что формирование местонахождения происходило в более сухих условиях окружающей среды по сравнению с настоящими. Период формирования местонахождения на основании радиоуглеродного датирования характеризует атлантический оптимум голоцена.

Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ № 20-17-00033 «Мегафауна и окружающая среда позднего неоплейстоцена юга Западно-Сибирской равнины: экология, хронология, причины вымирания».

Литература

1. Громов И. М., Ербаева М. А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. – СПб., 1995. – 522 с.
2. Узкочерепная полевка (*Microtus gregalis* Pall.) в динамике зональных сообществ грызунов Северной Евразии / Смирнов Н. Г., Кульмина Е. А., Головачев И. Б., Фадеева Т. В. // Экология. – 2007. – №. 2. – С. 117–123.
3. Сообщества мелких млекопитающих Барабы / И. Н. Глотов, Л. Н. Ермаков, В. А. Кузякин [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1978. – 230 с.
4. Зажигин В. С. Грызуны позднего плиоцена и антропогена юга Западной Сибири // Тр. ГИН АН СССР. М. – 1980. – №. 339. – С. 156.
5. An updated biochronology of Ukrainian small mammal faunas of the past 1.8 million years based on voles (Rodentia, Arvicolidae): a review / Krokmal' O., Rekovets L., Kovalchuk O. // Boreas. – 2021. – Т. 50. – №. 3. – С. 619–630.

КОМПЛЕКСЫ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ НИЖНЕ-ЗЕЙСКОГО БАСЕЙНА (ПРИАМУРЬЕ)

Усова И.И.

Научный руководитель доцент Иванцов С.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В северо-восточной части Азии были обнаружены местонахождения верхнего мела, содержащие в себе окаменелости гадрозавров. Два комплекса захоронений расположены в юго-восточной части Амурской области, третий – в провинции Хэйлунцзян, северного Китая. Местонахождения располагаются в пределах Нижне-Зейского бассейна и имеют ряд общих признаков, однако видовой состав местонахождений сильно различается, несмотря на близкую географическую расположенность. В работе проведено сравнение трех местонахождений позвоночных на основе литологических, экологических, ландшафтных особенностей. Также были изучены фаунистические комплексы, определены морфологические отличия гадрозавров, возраст местонахождений.

Нижне-Зейский бассейн расположен в южной, юго-восточной частях Амурской области и на севере Китая. Местонахождение Кундур, расположенное на востоке Амурской области вблизи поднятий Малый Хинган и Туранского, было открыто в 1990 году В.А. Нагорным, полноценные раскопки начались в 1999 году Институтом геологии и научно-исследовательских работ ДВО РАН. Обнажение представляет собой расположенный вдоль дороги участок с непрерывными выходами кундурской свиты и цагаянской серии (удурчуканская и бурейнская свиты) [5]. Благовещенское местонахождение расположено в юго-западной части Зейско-Бурейнского бассейна, на склоне небольшого холма вблизи города Благовещенск, было открыто в 1981 году. Оно представляет собой большое скопление позднемиоценовых животных, в особенности, гадрозавров. Отложения принадлежат удурчуканской свите и интерпретированы, как селевые [7]. Местонахождение Цзянь также окружено поднятиями, впервые исследовано в 1916 году, описаны несколько гадрозавров, позднее оказавшиеся *poten dubium*. Раскопки продолжались с 1975 года [6].

Литология. Отложения местонахождения Кундур описаны в работе Е.В. Бугдаевой [2], представлены несколькими обнажениями.

Обнажение № 15. Туронско-кампанский ярус, кундурская свита. Тонкослоистые глины, илы, пески озерного генезиса с остатками конхостраков и остракод.

Обнажение № 16. Кампанский ярус, кундурская свита. Нижняя часть представляет собой русловые отложения СВ-палеогенения, сложенные мощными косослоистыми песчанками. Верхняя часть – пойменные отложения, они неоднородны и состоят из неравномерного чередования глин, алевролитов, песков, часты прослои угля, с растительными

остатками *Trochodendroides* sp. 1, *Taxodium olrikii* и *Quereuxia angulate*. Пески по латерали переходят в гравий средней и хорошей окатанности. Разрушенные кости динозавров часто встречаются в гравии и песках.

Обнажение № 17. Нижнемаастрихтский подъярус, удурчуканская и буреинская свиты. Отложения несортированные терригенно-обломочные с крупными частицами, рассеянными в илистом цементе, – диамикты, с присутствием гальки метаморфических и магматических пород. Преимущественно к подошве слоя приурочены остатки позвоночных.

Обнажение № 18. Нижнемаастрихтский подъярус, удурчуканская свита. Основное местонахождение костеносного слоя. В изумрудно-зеленом глинистом цементе с частицами песка и гальки (<2 см) горизонтально залегают неполные скелеты и изолированные кости динозавров в субмеридиональном простирании. В описанных отложениях обнаружен скелет *Olorotitan arharensis*.

Обнажение № 28. Нижнемаастрихтский подъярус, удурчуканская и буреинская свиты. Породы, сложенные галечником, перекрываются алевролитами с рассеянным гравием, с остатками растений *Limnobiophyllum scutatatum* Krassil., над ними залегают гравийно-галечные отложения с фаунистическими остатками: *Equisetum* cf. *arcticum* Heer, *Taxodium* sp., *Elatocladus talensis* Golovn.

Благовещенские отложения удурчуканской свиты представлены неслоистым мелкозернистыми и крупнозернистыми породами, также отнесенными к селевым потокам. Переслаивающиеся аргиллитоподобные глины, слабосцементированные конгломераты, с разрывом залегающие на коре выветривания палеозойских гнейсированных гранитов, сверху перекрыты ожелезненными галечниками четвертичного возраста. Мощность выхода 10 метров, меловых – 2-3 м [1]. Остатки, содержащиеся в костеносном горизонте, принадлежат многочисленным особым разным размерам, они смешаны между собой, сочленения встречаются редко.

В районе села Цзянь обнаружены породы формации Юйлянцзы. Костеносный слой, включающий разрозненные скелеты, представлен мелкогалечным конгломератом с глинистым цементом (галька различной степени окатанности), зелеными конгломератами и бурыми глинами с гальками, гравием и прослоями зеленых глин. Отложения перекрыты желтыми песками. Для всех обнажений выделяются общие признаки и фации, генезис костеносных толщ авторы определяют, как селевые отложения грязекаменных потоков.

Фауна позвоночных. Изучаемые местонахождения представлены схожим комплексом фауны. Для Кундура характерны крокодилы (Paralligatoridae), черепахи Lyndholmidae (*Amuremys planicostata*) и Tryonichidae, динозавры Tyrannosauridae (cf. *Tarbosaurus* sp., '*Albertosaurus*' *periculosus*, *Aublysodon* sp), Ornithomimidae, Dromaeosauridae (cf. *Sauromitholestes* sp. and cf. *Dromaeosaurus* sp), Troodontidae (*Troodon* sp), Hadrosauridae (Lambeosaurinae *Olorotitan arharensis*, Saurolophinae *Kundurosaurus nagornyi*), Ankylosauridae [8]. Комплекс Благовещенского местонахождения состоит из окаменелостей Lambeosaurinae *Amurosaurus riabinini* (около 90% от общей массы костеносных отложений), нескольких костей Hadrosaurinae *Kerberosaurus manakini* [6], три хвостовых позвонка и зуб завропода, изолированных зубов теропод. Остатки черепах и крокодилов редки. В северо-восточной части Китая недалеко от села Цзянь в комплексе фауны преобладают ламбозавры *Charonosaurus jiyainenisi* (около 90%), изолированные кости теропод (Tyrannosauridae, Ornithomimidae) [9], анкилозавров, крокодилов и черепах. Несмотря на то, что комплексы местонахождений имеют общие черты, видовой состав гадрозавров отличается.

Палинология. Изучаемые местонахождения относятся к единой палинологической зоне – *Wodehouseia spinata*–*Aquilapollenites subtilis*. Для Кундурского местонахождения обнажений №№ 16, 28 характерны споры близких к цитатеевым, доминируют таксоидиевые, цикадофитовые, гинкговые, уменьшается доля теплолюбивых. В костеносных слоях (обнажения №№ 17, 18) обнаружена пыльца *Tricolpites* spp., *T. reticulatus* Coup., *Triatriopollenites aroboratus* Pfl., *Aquilapollenites cruciformis* N. Mch. Такое распределение означает смену климата на более прохладный, влажный. В палинокомплексах местонахождений в Благовещенске и формации Юйлянцзы доминирует пыльца покрытосеменных, среди спор распространены *Rouseisporites reticulatus* Poc., *Stereotriletes antiquasporites* Dettm., *Retitriletes rotundiformis* Sem., *Gleicheniidites laetus* Bolch., *Cicatricosisporites dorogensis* Pot. Et Gell, *Alisporites aequalis* Chlon., *Pinuspollenites* sp., *Podocarpidites ellipticus* Cook. Отложения всех трех местонахождений представляют единый палинокомплекс, однако наблюдаются постепенные изменения флоры с менее на более влаголюбивых, с теплолюбивых на произрастающих в прохладных условиях.

Особенности строения скелетов гадрозавров. Для нижнечелюстной кости *Olorotitan arharensis* характерны 38 рядов зубов, у *Kundurosaurus nagornyi* 41 ряд [3], для китайского *Charonosaurus jiyainenisi* зубная батарея нижней челюсти состоит из 40 зубных рядов. Большая берцовая кость *Olorotitan arharensis* равна длине бедренной кости (1,1 метр). У *Amurosaurus riabinini* бедренная кость – 113 см, берцовая – 95 см [4]. У китайского *Charonosaurus jiyainenisi* длина бедренной кости составляет 135 см, длина большой берцовой неизвестна. Примерно одинаковое количество рядов в зубной батарее нижней челюсти не указывает на резко отличающиеся условия, однако, соотношение большой берцовой кости к бедренной отражает характер грунта. Так, для всех местонахождений характерны мягкие почвы, но, возможно, на территории Кундура они были несколько тверже. Подтверждение этой теории возможно после нахождения дистальных отделов конечностей для подсчета их площади.

Возраст. Возраст Кундурских отложений остается под вопросом: Бугдаева и Маркевич относят их к раннему маастрихту. Godefroit, Van Itterbeeck отметили, что комплекс пыльцы напоминает зону комплекса *Wodehouseia spinata* позднего маастрихта США, и предположили принадлежность удурчуканской и юйлянцзинская свиты к позднему маастрихту. На сегодняшний день ни одна из этих оценок возраста палинозон Дальнего Востока России не была откалибрована с помощью радиометрического датирования или палеомагнитостратиграфии.

Возможно, что видовое различие динозавров на столь близких территориях связано с разным возрастом отложений и отражает эволюционную смену фауны, в частности, гадрозавров. Такая гипотеза подкрепляется отличающейся флорой местонахождений, постепенно изменяемой при похолодании климата.

Литература

1. Болотский Ю. Л., Бугдаева Е. В., Маркевич В. С. Динозавры и среда их обитания в конце мелового периода (Зейско-Буреинский бассейн, российский Дальний Восток) // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. – С. 73 – 82.
2. Флора и динозавры на границе мела и палеогена Зейско-Буреинского бассейна. Владивосток: Даль-наука, – 2001. –162 с.
3. Godefroit P., Bolotsky Y. L., Lauters P. (2012) A New Saurolophine Dinosaur from the Latest Cretaceous of Far Eastern Russia. PLoS ONE 7(5): e36849. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036849>
4. Godefroit P., Bolotsky Y. L., and Van Itterbeeck, J. 2004b. Amurosaurus riabinini, a Late Cretaceous lambeosaurine dinosaur from Far Eastern Russia. Acta Palaeontologica Polonica 49: 585 – 618.
5. Godefroit, P., Bolotsky Y.L., and Bolotsky, I.Y. 2012. Osteology and relationships of Olorotitan arharensis, a hollow-crested hadrosaurid dinosaur from the latest Cretaceous of Far Eastern Russia. Acta Palaeontologica Polonica 57(3): 527 – 560.
6. GODEFROIT, P., ZAN, S. & Jin, L. 2000. Charonosaurus jiyinensis n.g., n.sp., a lambeosaurine dinosaur from the Late Maastrichtian of northeastern China. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris, Sciences de la Terre et des planetes 330, – C. 875 – 82.
7. Lauters P., Bolotsky Y. L., Van Itterbeeck J., and Godefroit, P., 2008. Taphonomy and age profile of a latest Cretaceous dinosaur bone bed in Far Eastern Russia. Palaios, 23: – C. 153 – 162
8. Van Itterbeeck, J., Bolotsky Y. L., Bultynck P., and Godefroit P. 2005. Stratigraphy, sedimentology and palaeoecology of the dinosaur-bearing Kundur section (Zeya-Bureya Basin, Amur Region, Far Eastern Russia). Geological Magazine 142: – C. 735 – 750.
9. Yang, D. S., Wei Z. Y., Li, W. R. 1986. "Preliminary note on some hadrosaurs from the Cretaceous of Jiayin, Heilongjiang", Nature Research of Heilongjiang Province, 1986: – C. 1 – 10.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КРЫМА

Чижова Е.Р.

Научные руководители доценты Лыгина Е.А., Правикова Н.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

В работе представлены результаты комплексного изучения мел-эоценовых отложений Центрального Крыма. Пограничные мел-эоценовые отложения исследованы на западном склоне горы Белая Скала на северной окраине г. Белогорск (Центральный Крым). В описанном разрезе снизу вверх выделены 4 слоя (рис.). Слои 1, 2 отнесены к маастрихту, слои 3, 4 – к эоцену по аналогии с ранее описанным соседним обнажением [3].

Слой 1. Серые плотные песчанистые известняки с многочисленными ходами роющих организмов, местами ожелезненные (>3 м).

Слой 2. Спиккуловые известняки светло-серые массивные с примесью глауконита и кварца. В верхней части ожелезнены, биотурбированы (5 м). Граница меловых пород и нуммулитовых известняков эоцена обнажена под нависающим карнизом эоценовой куэсты. Она представлена неровной ожелезненной поверхностью твердого дна, покрытой глауконитовой коркой и пронизанной ходами роющих организмов на глубину до 0,5-0,7 метров. Кровля маастрихтских пород расчленена многочисленными различно ориентированными трещинами, в том числе крупными структурами отрывного типа (палеосейсмодислокаций), заполненными материалом, близким по составу к базальному горизонту эоцена с обломками маастрихтских пород разного размера.

Слой 3. Нуммулитовые глауконитовые известняки с базальным конгломератом в основании (2 м).

Слой 4. Нуммулитовые известняки органогенно-обломочные плотные массивные (>3 м). В слоях 3 и 4 снизу вверх количество глауконита уменьшается.

Для уточнения и сравнения минерального состава заполняющего трещины материала, пород маастрихта и эоцена был сделан ряд анализов. По результатам рентгено-фазового анализа породы маастрихта отличаются по валовому составу от пород заполнения трещин. Наличие глауконита и апатита свидетельствует о существенном размыве кровли мела перед началом накопления эоценовых отложений. Наличие в образцах алевритовых зерен кварца свидетельствует об относительной близости источника сноса терригенного материала.

В результате полученных данных рентгено-флуоресцентного анализа по схожести геохимических модулей изученные образцы можно объединить в две группы: (1) породы маастрихта (3/1, 4/2, 7/2) и (2) материал заполнения трещин (7/1, 7/3) и обр. 4/1, 4/3. Последние два образца представляют собой значительно переработанные фрагменты зрелой поверхности твердого дна в кровле маастрихтских пород. Образцы группы (1) имеют повышенные значения титанового модуля, что может указывать на относительно более влажный (гумидный) климат и/или приближенность к берегу в маастрихтское время [2]. Низкие значения титанового модуля в образцах группы (2) могут быть связаны с длительным переувлажнением пород твердого дна и материала, заполняющего трещины и наиболее схожего по составу с базальным горизонтом эоцена [4]. Образцы группы (1) отличаются повышенными значениями натриевого модуля, образцы группы (2) – примерно одинаковыми пониженными значениями натриевого модуля. Максимальные значения натриевого модуля могут характеризовать зоны открытого морского бассейна. По отношению магния к кальцию (Mg/Ca) можно предположить, что вариации отношения отражают разницу в палеотемпературных условиях осадконакопления: породы заполнения трещин (7/1-7/3) формировались при более высоких температурах, чем породы маастрихта (4/1-4/3). Этот вывод соотносится с данными изотопного анализа [5]. Рост отношения кальция к стронцию (Ca/Sr) показывает относительное увеличение солёности водоёма. Более высокие содержания Ca и более низкие – Sr в образцах маастрихта согласуются с представлениями о мелководных условиях среды во время формирования поверхности твердого дна.

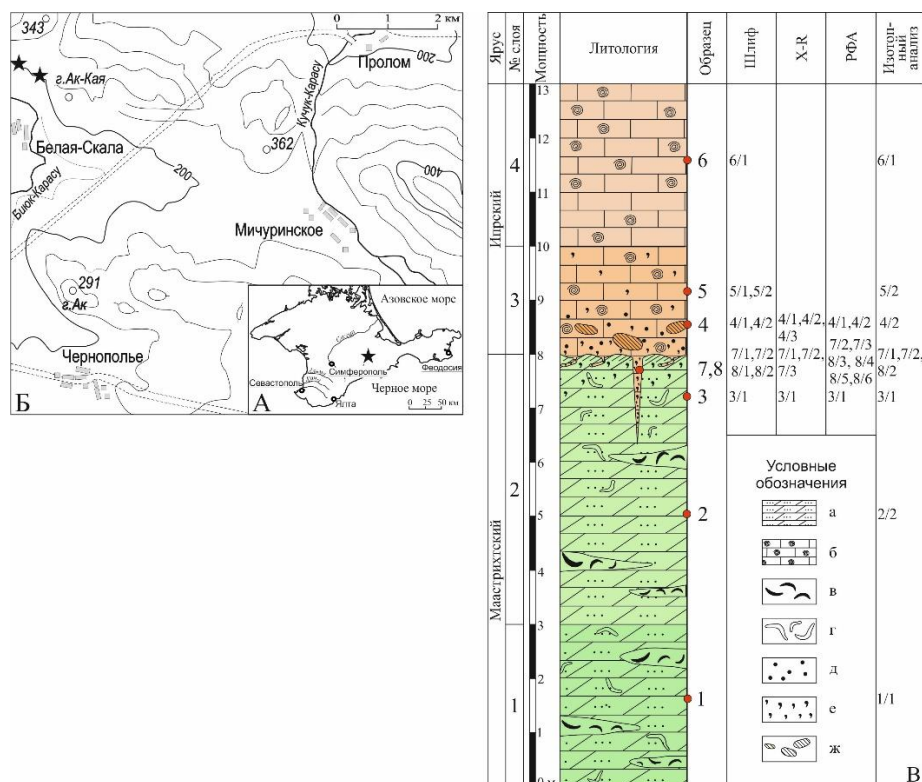


Рис. Положение изученных разрезов (А-Б) и разрез пограничных мел-эоценовых отложений горы Белая Скала со схемой отбора образцов и выполненных исследований (В); А - на карте-схеме Крымского полуострова, Б - на топографической схеме Белогорского района Крыма; В - а) мергели алевритистые, б) известняки нуммулитовые, в) скопления раковинного детрита, г) ходы роющих организмов, д) конкреции фосфорита, е) конкреции глауконита, ж) обломки кровли пород твердого дна

По результатам проведенного изотопного анализа $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$ были получены значения палеотемператур (данные по $\delta^{18}O$) образования пород маастрихта (1/1, 2/2, 3/1, 4/2, 7/2). Они согласуются с данными ранее опубликованных работ [1] и составляют около 19-22 °С. Разница в значениях $\delta^{13}C$ в этих же образцах может отражать разную степень переработки/биотурбации осадка, что соответствует натурным наблюдениям. Породы маастрихта формировались в море с несколько пониженной солёностью (30-33 ‰), что также хорошо коррелирует с рассчитанными значениями палеотемператур.

Образец эоценовых пород (6/1) и два образца пород заполнения трещины (7/1, 8/2) оказались близки по значениям $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$. Это доказывает предположение о том, что трещины заполнялись в том числе породами базального горизонта эоцена. В одном из образцов (5/2) изотопное отношение $\delta^{18}O$ указывает на температуру осаждения карбонатного материала около 38°С и коррелирует с известным мировым событием понижения значений $\delta^{18}O$ и $\delta^{13}C$ и увеличения температуры в начале эоцена (ЕЕСО, Early Eocene Climate Optimum) [6]. Получившиеся температуры (около 24-27 °С) выше, чем в маастрихте, солёность морских вод около 29-31 ‰.

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы: 1) средняя температура формирования пород маастрихта 19-22°С, эоценовых пород 24-27°С. Зафиксированное повышение средней температуры до 38°С во время формирования базального горизонта эоцена может быть связано с глобальным климатическим событием ЕЕСО. Это уточняет возраст накопления базального горизонта и, соответственно, время формирования палеосейсмодислокаций как самое начало эоцена, что совпадает с проявлением фазы тектонической активности в Понтидах (Восточная Турция). 2) На протяжении всего изученного интервала седиментация происходила в условиях мелкого моря нормальной солёности. Однако, вероятно, в эоцене условия были более гумидными, исходя из пониженных значений солёности.

Литература

1. Бадудина Н. В., Яковишина Е. В., Габдуллин Р. Р., Копаевич Л. Ф., Бордунов С. И., Самарин Е. Н., Покровский Б. Г., Юрченко А. Ю., Иванов А. В., Бакай Е. А., Нигмаджанов Т. И., Блинова И. В., Машкина Ю. А. Литолого-геохимическая характеристика и условия формирования верхнемеловых отложений Северного Перитетиса // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2016. Т. 91, вып. 4-5. – С. 136–147.
2. Енгальчев С. Ю., Панова Е. Г. Геохимия и генезис песчаников Восточной части главного девонского поля на северо-западе Русской плиты. Литосфера. 2011; (5):16–29.
3. Лыгина Е. А., Никишин А. М., Тверитинова Т. Ю., Устинова М. А., Никитин М. Ю., Реентович А. В. Эоценовые палеосейсмодислокации горы Ак-Кая (Белогорский район, Крым) // Вестник Моск. Ун-та. Серия 4. Геология. 2019. № 1. – С. 44–54.

- Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие /И73 Е. В. Спяров и др.; Под ред. Е. В. Спярова. - М: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
- Chilingar G. V. Dependence on temperature of Ca/Mg ratio of skeletal structures of organisms and direct chemical precipitates out of sea water // Bull. S. Calif. Acad. Sci. 61, 1962, p. 45-60.
- Westerhold T., Marwan N., Drury A. J., Liebrand D., Agnini C., Anagnostou E., Barnett J.S.K., Bohaty S.M., Vleschouwer, D., Florindo, F., Frederichs, T., Hodell, D.A., Holbourn, A.E., Kroon, D., Lauretano, V., Littler, K., Lourens, L.J., Lyle, M., Pälike, H., Röhl, U., Tian, J., Wilkens, R.H., Wilson, P.A., Zachos, J.C. An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years // Science, 2020. 369, – P. 1383–1387.

**ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ
В СТРАТОТИПИЧЕСКОЙ МЕСТНОСТИ
(ФРАНСКИЙ ЯРУС, ВОСТОК ГЛАВНОГО ДЕВОНСКОГО ПОЛЯ)**

Щербаков И.С.

Научный руководитель доцент Цинкобурова М.Г.

Санкт-Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В данной работе изучена и представлена литолого-фациальная характеристика пород староизборской свиты в пределах действующего известнякового карьера Коломно и в долине р. Великой в районе Выбутских порогов. Стратотип староизборской свиты (карьер на окраине деревни Изборск) был представлен комплексом естественных обнажений и искусственных выработок (карьеров), но в настоящее время карьер отработан и данное обнажение практически утрачено. Карьер Коломно расположен в стратотипическом районе староизборской свиты, а в районе Выбутских порогов наблюдаются уникальные по протяженности обнажения староизборской свиты. Данное исследование поможет понять можно ли данные обнажения рассматривать как замену утраченным стратотипам староизборской свиты.

Староизборская свита относится к франскому ярусу верхнего отдела девонской системы. Включает в себя три субрегиональных подразделения: псковские, чудовские и дубниковские слои. Свита представлена карбонатными породами (доломиты, известняки, мергели) и подразделяется на две подсвиты. Нижняя подсвита представлена темно-серыми доломитами, переходящими вверх по разрезу в серые известняки с тонкими прослоями глин. Верхняя подсвита представлена чередованием глинистых известняков и мергелей [1]. Мощность староизборской свиты доходит до 52 м. Отложения данной свиты распространены практически повсеместно в пределах Изборско-ильменской зоны, за исключением ее северо-западной части.

В данном исследовании было использовано полевое описание разрезов староизборской свиты, сделанное в ходе полевых маршрутов летом и осенью 2020 года. Общая мощность изученных разрезов составляет примерно 35 м. В ходе исследования было проведено микроскопическое изучение 42 шлифов. На основе этого изучения, а также используя полевое описание обнажений была проведена литолого-фациальная типизация пород, а также интерпретированы условия осадконакопления на основе первичных признаков (вещественный состав, цвет, органические остатки и терригенные примеси).

По результатам исследования было установлено 6 литотипов, которые можно объединить в две группы: Z и Y (индекс соответствует энергетической зоне по профилю Ирвина). Породы, которые были сформированы в условиях низкодинамичного мелководья относятся к группе Z, а породы, формирование которых происходило в условиях высокодинамичного, мелководья относятся к группе Y.

Z-1. Доломитизированные микритовые известняки (мадстоуны), преимущественно серые, массивные. Содержание микрита составляет примерно 95% от всей породы. В породах встречаются единичные зерна кальцита, биокласты брахиопод. Формирование таких пород происходило в условиях морского мелководья с пониженной гидродинамической активностью (большое количество карбонатного ила) на большом удалении от берега (отсутствие терригенной примеси) [3].

Z-2. Доломитизированный биоморфно-детритовый микритовый брахиоподовый известняк (вакстоун), преимущественно серого цвета, массивный. Органические остатки составляют примерно 30-40% от общего объема пород и представлены целлюлоскелетными остатками и биокластами брахиопод. Также встречаются включения зерен кальцита и сидерита. Так как шло одновременное образование карбонатного ила и детрита морского бентоса, то можно предположить, что данные породы сформировались в условиях с умеренной гидродинамикой.

Z-3. Доломитизированный мелкодетритовый микритовый криноидно-брахиоподовый известняк. Органические остатки составляют примерно 60% от общей массы породы. Представлены обломками раковин брахиопод и криноидей, также встречаются раковины гастропод и остракод. Формирование таких пород происходило в схожих условиях с предыдущим литотипом. Однако более разнообразная фауна говорит о большем удалении от берега.

Z-4. Доломитизированный крупнодетритовый микритовый известняк (пакстоун-грейнстоун), светло-серый, иногда с зеленым оттенком (рис. 1). Органические остатки составляют примерно 80% от

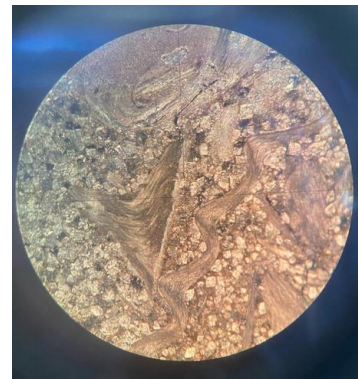


Рис. 1. Z-4. Доломитизированный крупнодетритовый микритовый известняк. Увеличение 4X

общей массы. Как можно заметить на рисунке 1 органические остатки имеют значительные размеры (от 0,5 до 3 см), остальные 20% заполнены микритом, в некоторых образцах встречаются единичные включения кальцита и сидерита. Органические остатки представлены обломками раковин брахиопод (ринхонелид), гастропод, остракод, а также остатками криноидей и тентакулитов. Содержание карбонатного ила и детрита морского бентоса говорит о том, что вероятно, породы образовались в условиях умеренной гидродинамики, а отсутствие терригенного материала говорит о том, что накопление шло вдали от берега. Также по большому размеру биокластов можно предположить, что был период повышенного волнения природных вод [2].

У-1. Доломитизированный тонкодетритовый брахиоподовый известняк (пакстоун), светло-серый, массивный. Органические остатки составляют примерно 90% от общей массы породы и представлены обломками и цельными раковинами брахиопод. Присутствуют разнонаправленные ходы илоедов, которые заполнены оксидами железа. Большое количество обломков раковин брахиопод, а также присутствие раковин хорошей сохранности говорит о том, что породы формировались в условиях повышенной биопродуктивности, а относительно мелкий размер обломков говорит о том, что образование шло под действием умеренных волнений природных вод [4].

У2. Доломитизированный крупно-грубодетритовый известняк, преимущественно серого цвета с зеленоватым оттенком (рис. 2). Органические остатки образуют примерно 95% от общего объема породы и имеют значительные размеры (от 1 до 4 см). Здесь присутствуют цельные створки брахиопод, остракод, гастропод, остатки криноидей. Встречаются единичные зерна кальцита, разнонаправленные ходы илоедов, заполненные оксидами железа. Наличие хорошо сохранившихся обломков, а также их большой размер говорит о том, что породы формировались в условиях с высокой гидродинамической активностью, а отсутствие терригенной примеси говорит о том, что накопление шло вдали от берега.

При описании разрезов в пределах карьера Коломно и в долине р. Великой в районе Выбутских порогов, можно сделать вывод, что в данной местности отложения староизборской свиты образуют 6 литологических типов. Литотипы были объединены в две группы: к группе Z относятся микритовые известняки, которые были сформированы в обстановках низкодинамичного мелководья, а к группе У относятся детритовые известняки, накопление которых шло в условиях мелководья с высокой динамикой.

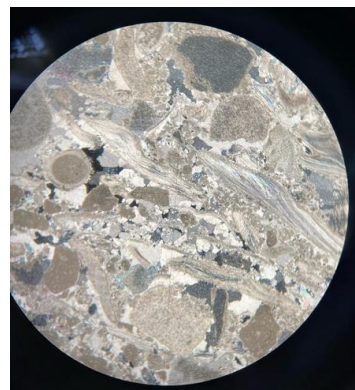


Рис. 2. У-2. Доломитизированный крупно-грубодетритовый известняк. Увеличение 4X

Литература

1. Вербицкий И. В., Васильева О. В., Саванин В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012, 510 с. + 18 вкл.
2. Геккер Р. Ф. Тафономические и экологические особенности фауны и флоры Главного девонского поля. М.: Наука, 1983, – 144 с.
3. Шишлов С. Б., Журавлев А. В. строение и генезис ракушняковых известняков бурегских слоев в стратотипической местности (франский ярус, южное побережье озера Ильмень), 2014 – 74 с.
4. Lithology.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lithology.ru/>, свободный – (09.03.2022).

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ТЕЛ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕВАРТОВСКОГО СВОДА

Юркин А.А.

Научный руководитель профессор Чернова О.С.

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
ПАО «Славнефть-мегионнефтегаз», г. Мегион, Россия**

Одним из наиболее серьезных вызовов в условиях современной экономической ситуации является вовлечение в рентабельную разработку трудноизвлекаемых запасов углеводородов (ТРИЗ). Среди коллекторов Западной Сибири длительное время наиболее перспективными по предполагаемым объемам не вовлеченных в добычу запасов считались нижнемеловые отложения с текстурами «рябчик». Однако, в связи со средней мощностью данных пластов, меньшей, чем разрешение проводимых сейсморазведочных работ (СРР) и толщиной пропластков меньшей, чем разрешение геофизических исследований скважин (ГИС) в зонах при Самотлорском месторождении, существуют высокие неопределенности при интерпретации имеющихся промысловых данных. Как результат этого, отсутствует возможность точно определить залегание целевых пластов и достоверно оценить запасы углеводородов.

Таким образом, целью данной работы является определение геометрии и распределения продуктивных тел нижнемеловых пластов с текстурами «Рябчик» на примере отложений, приуроченных к Нижневартовскому своду.

Согласно проведенному литературному обзору, целевые продуктивные пласты трудноизвлекаемых запасов датированы отложениями АВ₁² и стратиграфически относятся к алымской свите нижней части аптского яруса

нижнемеловых отложений. На основе изучения результатов геолого-геофизических исследований и результатов сейсморазведки предполагаемый объект разработки был отнесен к Мегийско-Покурской системе валов, развитых в пределах Нижнеартовского свода [2].

Опорным горизонтом для целевых пластов при интерпретации является кошайская пачка, имеющая высокую латеральную протяженность, выдержанность структуры и отчетливо прослеживаемая на всей площади. Состав пачки, на основе интерпретации данных ГИС и керна, определен как аргиллиты и слабосцементированные алевролиты. Необходимо также отметить отсутствие каких-либо тектонических нарушений в явном виде в пределах рассматриваемой территории.

В ходе анализа керна материала (рис. 1) было выделено несколько различных литогенетических типов присущих целевым пластам. Продуктивные пласты представлены переслаиванием аргиллитов и мелкозернистых песчаников с множественными ихнофоссилиями и биотурбациями. Литогенетические типы отложений типа «рябчик» были определены как:

- рябчик опесчаненый с линзовидно-волнистой и флазерной текстурами;
- рябчик слоистый с пологоволнистой текстурой;
- рябчик сильно глинистый с неразвитой рябью течения;
- рябчик глинистый с линзово-волнистой слоистостью.

На разрезах по керну и данным ГИС также можно выделить определенную зональность свойств для трех маломощных участков, имеющих повышенную песчанистость. Продуктивный пласт можно отнести к 4 и 5 классам коллекторов на основе классификации Г.И. Теодоровича [5, 6].

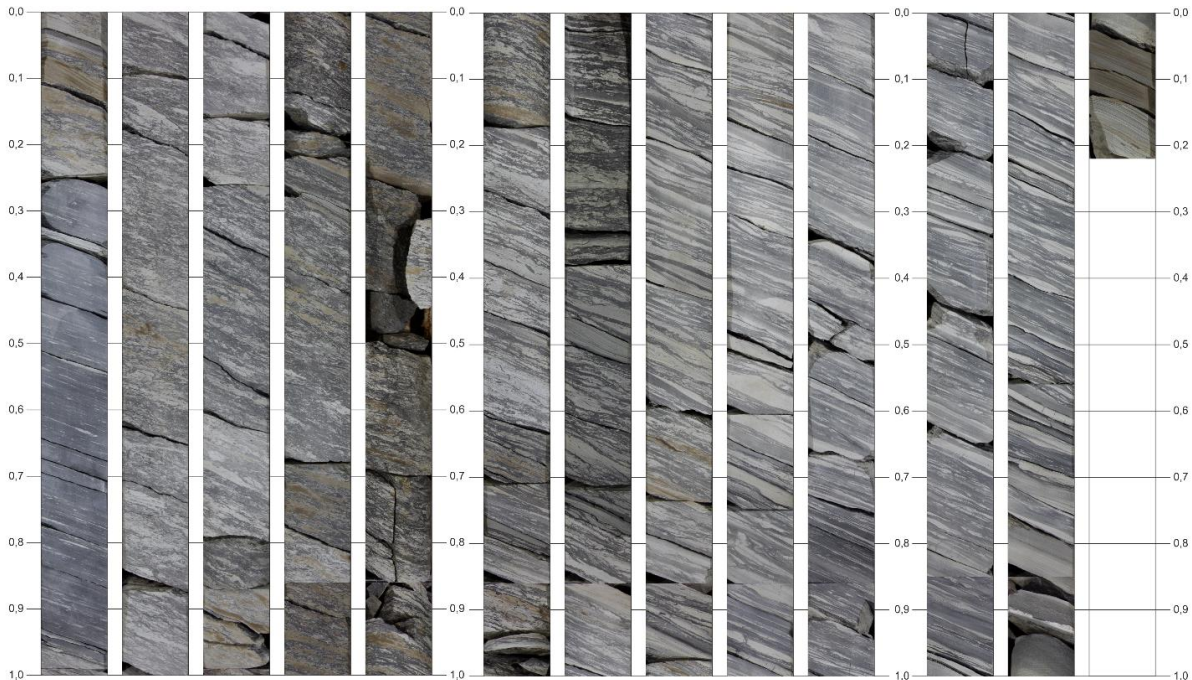


Рис. 1. Фотографии керна материала целевого пласта при дневном свете

По данным лабораторных исследований продуктивные пласты имеют очень низкие фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) с крайне высокой степенью их неоднородности, что затрудняет выбор эффективной стратегии разработки. Для большинства изученных скважин ФЕС коллекторов улучшаются по разрезу к центральной части каждого из песчаных тел, от 0,05 до 15 мД с повышением размера зерен терригенного материала до мелкозернистого песчаника. Отдельные участки пласта имеют следы карбонатизации, расположенные преимущественно в верхней части целевого пласта. Кроме того, породы имеют слепую эндо-кинетическую трещиноватость на разделе литогенетических типов, что затрудняет точное прогнозирование ГРП [8].

Для определения геометрии целевых пластов коллектора, было проведено определение типа пород и обстановки седиментации для всего разреза с использованием метода электрофаций и текстурного анализа керна по уже пробуренным скважинам. По результатам электрофациального анализа [1] был сделан вывод о седиментации в ходе трансгрессивного периода. Породы соответствуют прибрежно-морской и шельфовой обстановкам осадконакопления, что соответствует региональным седиментационным моделям других исследователей [3, 7].

На основе данных керна, сейсмоки и ГИС была построена карта ожидаемых нефтенасыщенных толщин целевого пласта АВ₁². В качестве реперной поверхности кровли была взята кошайская пачка, по которой была сформирована структурная карта нефтенасыщенных толщин (рис. 2).

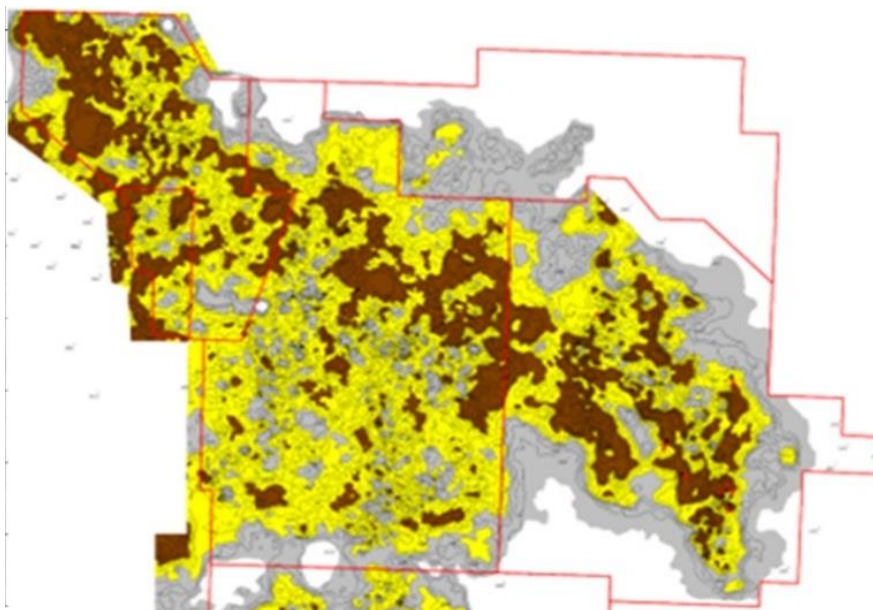


Рис. 2. Карта полученных толщин пласта

Как результат выполненных работ было определено распределение целевых продуктивных пластов и составлена карта для пласта АВ₁². В дальнейшем необходимо дополнительное уточнение свойств пласта в ходе его дальнейшей разработки и построение карты насыщенности для уточнения рентабельности разработки в современных макроэкономических условиях.

Литература

1. Белозеров В. Б. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений // Известия Томского политехнического университета, 2011. – Т. 319. – № 1.
2. Конторович А. Э., Нестеров И. И., Салманов Ф. К. и др. Геология нефти и газа Западной Сибири – М.: Недра, 2014. – 189 с.
3. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
4. Петтиджон Ф. Дж. Осадочные породы: Пер. с англ. – М., Недра, 1981. – 751 с.
5. Ханин А. А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. М.: Недра, 1969. – 368 с.
6. Чернова О. С. Седиментология резервуара. – Томск: ТомскНИПИнефть, 2005. – 320 с.
7. Шпильман В. И., Змановский Н. И., Подсосова Л. Л. и др. Тектоническая карта Западно-Сибирской плиты – Ханты-Мансийск; Тюмень, 1999. – 40 с.
8. Шульц С. С. Планетарная трещиноватость. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 176 с.

С Е К Ц И Я 2

МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

MG-КАЛЬЦИТ В ДОННЫХ ОСАДКАХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СВЯЗЬ С АНАЭРОБНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ МЕТАНА

Рубан А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Разгрузка метан-содержащих флюидов с поверхности морского дна в водную толщу (англ. cold methane seep) является широко распространенным явлением, проявляющееся на шельфах и континентальных склонах внутренних и окраинных морей по всему миру. При столкновении восходящего потока метана и нисходящего диффузионного потока сульфата из морской воды создается сульфат-метановая транзитная зона, доминирующими биогеохимическими процессами в которой являются анаэробное окисление метана и бактериальная сульфатредукция, управляемые консорциумом анаэробных метанооксиляющих архей и сульфатредуцирующих бактерий [1]. В результате анаэробного окисления метана возникает избыток растворенного неорганического углерода, а также увеличивается щелочность поровой воды, что в присутствии в поровой воде катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) способствует осаждению карбонатов [2], отличающихся широким спектром минералогического состава. Аутигенные карбонаты метановых сипов являются уникальным архивом для изучения условий окружающей среды, в том числе биогеохимических процессов, связанных с миграцией метаносодержащего флюида через толщу донных осадков [3].

Изученные образцы карбонатных корок были обнаружены в пробах донных осадков, отобранных на малоизученном участке разгрузки метан-содержащих флюидов на континентальном склоне моря Лаптевых. Аналитические работы включали в себя минералогические (сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ), петрографические (оптическая микроскопия) изотопные (хроматомасс-спектрометрия) и геохимические (масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой) исследования.

В морфологическом отношении изученные карбонаты представлены тремя разновидностями: изометричными корками, сферическими или эллиптическими конкрециями и вытянутыми цилиндрическими конкрециями размером до 10 см в диаметре. Согласно данным рентгеноструктурного анализа, среди карбонатных минералов в стяжениях выявлены Mg-кальцит, доломит и кутногорит, суммарное содержание которых варьирует от 32,8 до 52,1 %. Обломочная фракция представлена кварцем (22,1...27,9 %), полевыми шпатами (11,7...24,8 %) и глинистыми минералами (11,2...20,3 %). Кварц и полевые шпаты представлены округлыми зернами алевритовой размерности, беспорядочно распределенными в карбонатной матрице. Микрористаллическая карбонатная матрица в основном состоит из агрегата Mg-кальцита и глинистых минералов. Значения d_{104} валовых проб карбонатных стяжений находятся в пределах от 2,993 Å до 3,008 Å, а расчетные значения содержания MgCO_3 изменяются в диапазоне от 9,1 до 14,0 мольных %.

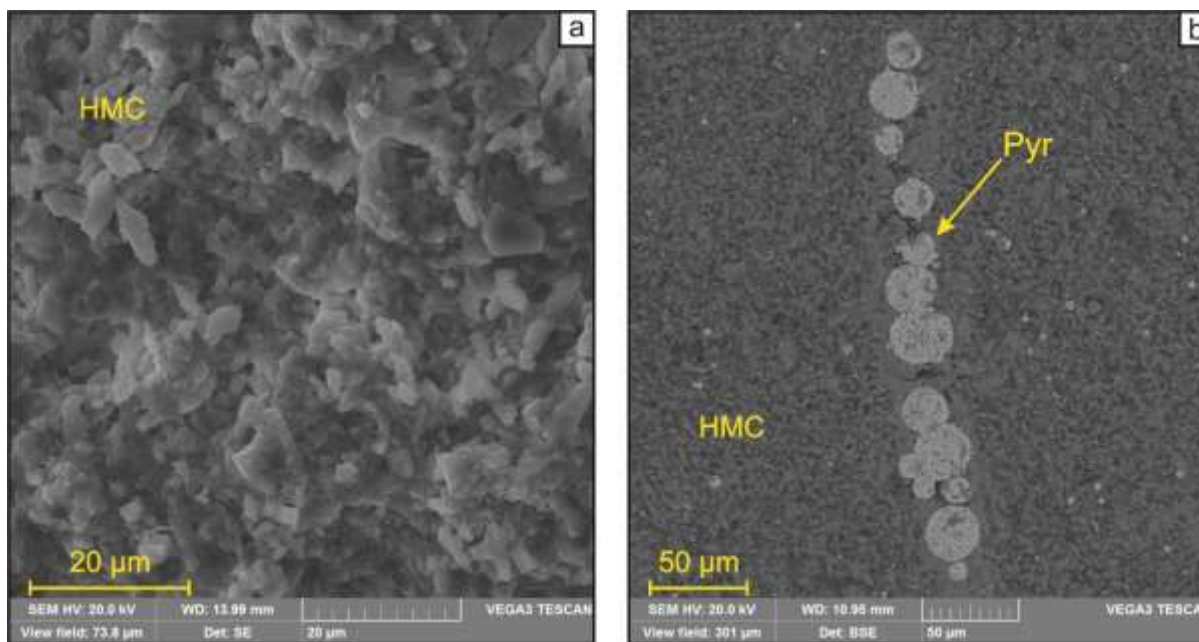


Рис. СЭМ-снимки, иллюстрирующие микроструктуру аутигенных карбонатов континентального склона моря Лаптевых: HMC – высокомагнезиальный кальцит, Pyrr – пирит

Низкие значения $\delta^{13}\text{C}$ изученных карбонатов (от 50,6 до 32,4 ‰) свидетельствуют о том, что их формирование происходило в результате анаэробного окисления метана. Полученные значения $\delta^{13}\text{C}$ можно разделить на две группы: 1-я группа со значениями $\delta^{13}\text{C}$ от –35,8 до –32,4 ‰ и 2-я группа со значениями $\delta^{13}\text{C}$ от –50,6 до –41,9 ‰. Резко отрицательные значения $\delta^{13}\text{C}$ карбонатов 2-й группы указывают на то, что источником углерода является биогенный метан, тогда как значения $\delta^{13}\text{C}$ 1-й группы, вероятно, свидетельствуют о смешении биогенного метана с углеродом из других источников, наиболее вероятным из которых является термогенный метан. Слабая изменчивость изотопного состава кислорода ($\delta^{18}\text{O} = 4,7 \dots 5,5 \text{ ‰}$) свидетельствует об отсутствии существенных колебаний температуры придонной воды в процессе осаждения карбонатов. Теоретическое значение $\delta^{18}\text{O}$ для Mg-кальцита, равновесного с морской водой в придонном горизонте, составляет 4,0 ‰, что ниже измеренных значений $\delta^{18}\text{O}$ в изученных образцах. На участках разгрузки метан-содержащих флюидов обогащение поровой воды тяжелым изотопом кислорода может быть вызвано дегидратацией глинистых минералов [4], дестабилизацией газовых гидратов [5], а также глубинными флюидами, поступающими из нефтяных и/или газовых месторождений [6]. Сейсмические данные демонстрируют наличие многочисленных акустических аномалий с признаками газонасыщенности и горизонта BSR в отложениях континентального склона моря Лаптевых [7], что в совокупности с изотопным составом карбонатного углерода может свидетельствовать о наличии газовых гидратов метана в осадочном чехле континентального склона моря Лаптевых.

Присутствие фрамбоидального пирита в карбонатном цементе (рис.) изученных стяжений указывает на высокую активность бактериальной сульфатредукции при анаэробном окислении метана. Карбонаты демонстрируют слабое обогащение кобальтом, умеренное и сильное обогащение мышьяком, молибденом и сурьмой и сильное обогащение ураном. As, Sb и Co коррелируют с содержанием фрамбоидального пирита, что указывает на роль сульфидов железа в накоплении некоторых редокс-чувствительных микроэлементов. Мы предполагаем, что восходящие метан-содержащие флюиды играют существенную роль в обогащении аутигенных карбонатов As, Mo, Sb, U на материковом склоне моря Лаптевых.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-77-00033).

Литература

1. Boetius A., Ravensschlag K., Schubert C.J., Rickert D., Widdel F., Gleseke A., Amann R., Jørgensen B.B., Witte U., Pfannkuche O. A marine microbial consortium apparently mediating anaerobic oxidation methane // Nature. – 2000. – Vol. 407. – 623–626.
2. Smith J.P., Coffin R.B. Methane flux and authigenic carbonate in shallow sediments overlying methane hydrate bearing strata in Alaminos Canyon, Gulf of Mexico. Energies. – 2014. – Vol. 7. – 6118–6141.
3. Bayon G., Dupré S., Ponzevera E., Etoubleau J., Chéron S., Pierre C., Mascle J., Boetius A., De Lange G.J. Formation of carbonate chimneys in the Mediterranean Sea linked to deep-water oxygen depletion // Nature geoscience. – 2013. – Vol. 6. – 755–760.
4. Hesse R. Pore water anomalies of submarine gas-hydrate zones as tool to assess hydrate abundance and distribution in the subsurface: What have we learned in the past decade? // Earth-Science Rev. – 2003. – Vol. 61. – 149–179.
5. Hesse R., Harrison W.E. Gas hydrates (clathrates) causing pore-water freshening and oxygen isotope fractionation in deep-water sedimentary sections of terrigenous continental margins // Earth Planet. Sci. Lett. – 1981. – Vol. 55. – 453–462.
6. Sofer Z., Gat J.R. The isotope composition of evaporating brines: Effect of the isotopic activity ratio in saline solutions // Earth Planet. Sci. Lett. – 1975. – Vol. 26. – 179–186.
7. Bogoyavlensky V., Kishankov A., Kazanin A., Kazanin G. Distribution of permafrost and gas hydrates in relation to intensive gas emission in the central part of the Laptev Sea (Russian Arctic) // Marine and Petroleum Geology. – 2022. – Vol. 138. – 105527.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСНОВНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ВУЛКАНИТОВ САРАЛИНСКОГО ГРАБЕНА (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

Адылбаев Р.Р.

Научный руководитель доцент Гринёв О.М.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

По результатам первоначальных исследований вулканитов грабена среди основных членов серии, имеющих бимодальный характер, было установлено ограниченное число промежуточных разновидностей, занимающих на TAS-диаграммах поля трахиандезитов, андезитобазальтов [2, 4–6]. В дальнейшем, при детальном изучении петрохимического состава имеющихся каменных материалов, а также при дополнительном полевом изучении ряда опорных разрезов вулканитов Саралинского грабена был уточнён первичный состав серий и выявлены среди них метабазалты, что является результатом проявления поздне- и постагматических гидротермально-метасоматических процессов типа пропилитизации, вплоть до появления среди вулканитов кварцевых жил и локальной эпидотизации [3].

В ходе полевых исследований был изучен один из опорных разрезов вулканитов грабена по левому борту р. Левая Сарала, в котором установлено четыре вулканических ритма.

Образцы прежних и новых коллекций вулканитов детально изучены микроскопически и на растровом электронном микроскопе в режиме картирования методом энергодисперсионного микроанализа (EDS) в ЦКП «Геохимия природных систем» ТГУ ГГФ.

Полевые исследования. Для установления состава основных разновидностей вулканитов Саралинского грабена был пройден обзорный геологический маршрут (совместно с академиком В.В. Ярмолюком), проходящий в

крест простирания грабена, начиная с его восточного борта через водораздельную часть и далее по западному борту. В результате чего в естественных разрезах переходных разновидностей базальт-трахибазальтовой серии не установлено. Изучение разреза вулканитов по левому борту р. Левая Сарала позволило выделить в нём четыре последовательных вулканических ритма (рис.), завершившихся мощной пачкой туфобрекчий, афировых базальтов и туфопесчаников мощностью до 25 м.

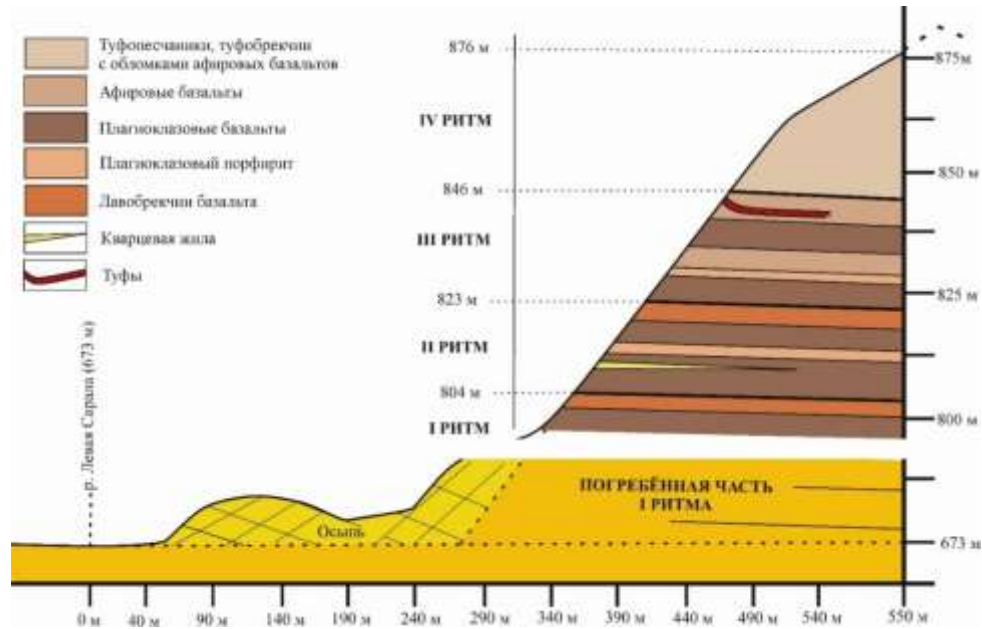


Рис. Схематический разрез левого борта р. Левая Сарала Саралинского грабена (рисунок взят из [3], с изменениями автора)

Минералого-петрографические исследования. На основании результатов, полученных в ходе микроскопического и электронномикроскопического изучения более 40 прозрачных шлифов (на микроскопе) и 15 шлифов на растровом электронном микроскопе (РЭМе), среди основных разновидностей вулканитов трахипикробазальт-трахитовой серии грабена были выделены: пойкилоофитовые габбродолериты, миндалекаменные порфиновые базальты и гломеропорфиновые трахибазальты, а также порфиновый фонотэфрит, трахиты и трахидациты. В составе базальтоидных разновидностей установлены порфиновые метабазальты, как результат проявления поздне- и постмагматической пропилитизации.

В ходе установления и изучения минералогического состава разновидностей трахипикробазальт-трахитовой серии Саралинского грабена были получены следующие данные.

Базальтовые разновидности вулканитов сложены: оливином, титан-авгитом, амфиболами, реже биотитом, плагиоклазами (основного-среднего состава), альбитом и примесью КПШ. Трахиты, трахидациты слагаются средним-кислым плагиоклазом, калишпатом, кварцем, реже эгирином и реликтами оливина. Породы постоянно содержат акцессорную минерализацию в качестве ильменита, титаномагнетита, магнетита. В трахитах-трахидацитах периодически отмечается незначительное количество рутила. Стоит отметить, что содержание акцессориев в основных вулканитах составляет от 5 до 10, а иногда и 15%. Акцессорные минералы в основном представлены апатитом, карбонатами РЗЭ, фосфатами РЗЭ, флюоритом, цирконом, бадделитом.

Во всех разновидностях установлены многочисленные микровключения самородных металлов и сплавов как в порфиновых выделениях, основной массе, так и в миндаликах. Элементный набор представлен: Sn, Ag, Cu, Fe, Cu-Zn, Cu-Ni, Cu-Sn, Cu-Sn-Sb, Fe-Zn, Fe-Cr-Ni, Fe-Cu, Fe-Ni-Cu, Ni-Cu-Sn (+Hg), Ag с примесью Pd, Ru, Rh, а также сульфиды – галенит, пирит, сфалерит, ковеллин, халькоцит, халькопирит. Все сульфиды преимущественно сосредоточены в вулканитах базальтовой разновидности за исключением последнего.

Основными вторичными минералами, развитыми по породам, являются: альбит (исключительно базальтовые разновидности), хлорит, иллит, мусковит, кварц, титанит, анальцим, барит (трахитовые разновидности), родохрозит и охотскит (третья находка в мире). Интенсивность вторичных изменений различна, участками интенсивная вплоть до формирования кварцевых жил, пропилитов и метабазальтов, специализированных на благородные металлы [6].

Выводы.

1. В результате полевых исследований установлено, что нижняя часть базальтового разреза Саралинского грабена сложена ритмично построенной пикробазальт-базальтовой пачкой, залегающей на гравелито-конгломератовой красногорской толще. Число её ритмов пока достоверно не установлено, но первоначальные данные позволяют предположить о наличии от 5 до 7 ритмов. Перекрывающая её выше вторая пачка, изученная в разрезе по левому борту р. Левая Сарала, достоверно содержит четыре вулканических ритма (рис.) и перекрывающих их ещё

двух ритмов туфопесчаников и песчаников общей мощностью около 500 м. Установленный горизонт туфопесчаников в дальнейшем будет использован для расчленения оставшейся части базальтового разреза грабена.

2. На основе полевых данных подтвержден бимодальный пикробазальт-трахитовый состав серии вулканитов грабена, а также установлен гидротермально-метасоматический (пропилитовый) характер изменения первичных базальтов с образованием метабазальтов. Установлено наличие кварцевой жилы в пределах толщи базальтов по левому борту р. Левая Сарала, как результат глубоко заходившего процесса пропилитизации.

3. По наличию геохимических индикаторов благороднометалльного оруденения в виде микровключений самородных сплавов и металлов установлена редкоземельно-редкометалльная и благороднометалльная специализация вулканитов грабенов с повышенным содержанием Au и Ag.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта №20–35–90032.

Работа выполнена с использованием оборудования Томского регионального центра коллективного пользования ТГУ.

Литература

1. Адылбаев Р.Р., Гринёв О.М. Петрография и минералогические особенности вулканитов трахипикробазальт-трахитовой серии саралинского грабен-рифта (Кузнецкий Алатау) [Текст] / Р.Р. Адылбаев, О.М. Гринёв // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – С. 42 – 44.
2. Геология и вещественный состав базальт-трахитовой серии раннего девона Саралинского грабена (Хакасия) [Текст] / О.М. Гринев, Р.О. Гринёв, А.А. Богородов, Р.Р. Адылбаев // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9: Материалы IX Всероссийской петрографической конференции с международным участием. – Томск: Изд-во "Томский ЦНТИ", 2017. – С. 128 – 139.
3. Минералого-петрографические и минерагенические особенности девонских вулканитов Саралинского грабен-рифта (Кузнецкий Алатау) [Текст] / О.М. Гринёв, Р.Р. Адылбаев, А.С. Семиряков, Е.Н. Морозова // Динамика и взаимодействие геосфер Земли. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле Том 1 / Томский государственный университет. – Томск, 2021. – С. 243 – 245.
4. Grinev O. Material composition of the basalt-trachyte series of the early Devonian of the Saralin graben-rift [Text] / O. Grinev, R. Grinev, A. Bogorodov, R. Adylbaev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – V. 110. – P. 1 – 9. DOI: 10.1088/1755-1315/110/1/012007.
5. Grinev O. Morphotectonics and the evolution of plum-riftogenic magmatism of goryachegorsk volcanic plateau (Kuznetskiy Alatau) [Text] / A. Vorontsov, A. Bogorodov, R. Adylbaev, O. Perfilova, R. Grinev // Крупные изверженные провинции в истории земли: мантийные плюмы, суперконтиненты, климатические изменения, металлогения, формирование нефти и газа, планеты земной группы (КИП-2019). Тезисы VII международной конференции. Томск: Томский ЦНТИ. – 2019. P. 43 – 44. DOI:10.17223/9785897024568.
6. Grinev O. Saralinsky graben-devonian rift of the Kuznetsk-Minusinsk zone, Altai-Sayan folded area [Text] / O. Grinev, R. Grinev, R. Adylbaev, A. Bogorodov // Geological Tour of Devonian and Ordovician Magmatism of Kuznetsk Alatau and Minusinsk basin. Altai-Sayan Region, Siberia. – 2020. – P. 43 – 77. DOI: 10.1007/978-3-030-29559-2_3.

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ

Аманова М.М., Бакшаев В.Н.

Научный руководитель доцент Гафурова М.О.

Международный университет нефти и газа им. Я. Какаева, г. Ашхабад, Туркменистан

Экспериментальная проверка теоретических построений в минералогии дело чрезвычайно сложное. Большая часть процессов образования минералов происходит при высокой температуре расплавленных горных пород и (или) огромных давлениях горообразующих процессов. Да и в условиях более низких температур и давлениях главным фактором образования минералов становится время, отсчитываемое десятками и сотнями тысячелетий. Тем не менее опытная проверка минералогических моделей необычайно привлекательна для каждого минералога. И, несмотря на трудность задачи и ограниченность средств и сил, многое уже достигнуто. Рассмотрим тему искусственного воспроизведения минералов на примере синтетических алмазов. «Алмаз пока получается в слишком ничтожных количествах, но выработка экономически удачного способа его получения будет иметь громадное значение для горной промышленности» [4]. Это написано в 1932 году. На сегодняшний день «около 97 % алмазов (по весу), используемых в промышленности – синтетические» [5].

Углерод имеет три модификации состояния: аморфный уголь, графит и драгоценный алмаз. Уголь переходит в графит при температуре около 2400 °С. Графит – устойчивая, твердая фаза углерода. Вследствие различий в упаковке и ориентации атомов углерода в пространстве (рис. 1), эти вещества абсолютно не схожи между собой.

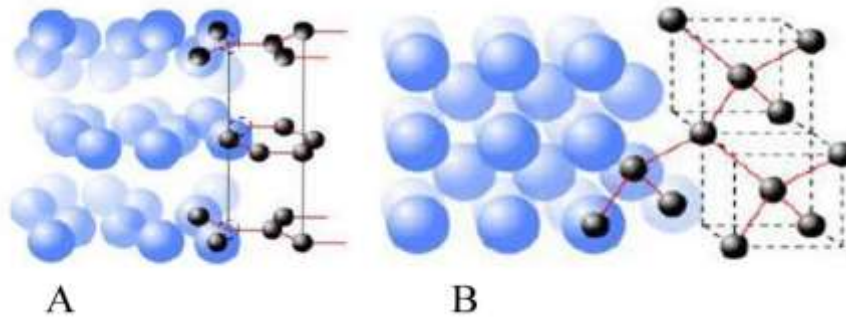


Рис. 1. Упаковка атомов и пространственная решетка графита (А) и алмаза (В) [1]

Поток патентных заявок о синтезе алмазов был зарегистрирован между 1879 и 1928 годами. Большая их часть была внимательно изучена, но не нашла подтверждения. И только в 1939 году минералог из СССР Овсей Лейпунский рассчитал необходимое для синтеза алмазов давление – 6 ГПа. В 40-х годах 20-го века в СССР, Швеции и США начались исследования по синтезу алмазов с помощью методов CVD и HPHT, являющиеся по сей день основными в производстве синтетических алмазов.

Метод HPHT (high pressure-high temperature) – (высокое давление-высокая температура) используется чаще всего по причине сравнительно низких затрат. В рамках этого способа применяются установки, формирующие давление до 50 000 атмосфер при температуре до 1500 °С. При использовании этой методики создаются условия близкие к природным. Другой способ – CVD (chemical vapor deposition) – химическое напыление. Другое название этого метода – пленочный синтез. В третьем методе используется взрывная ударная волна.

Одна из лучших установок для получения искусственных алмазов – БАРС (Беспрессовая Аппаратура высокого давления «Разрезная Сфера») (рис. 2). Создан в начале 90-х годов прошлого века минералогами из Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева сибирского отделения РАН. Их установка компактна, результативна, относительно не дорога. В сердцевине установки размещена керамическая цилиндрическая форма емкостью примерно два кубических сантиметра. В ней образуется искусственный алмаз. Форма утоплена в передающей давление среде, выполненной из пирофиллита. Она сдавливается штампами первого порядка из очень твердого вещества. Октаэдр штампов первого порядка сдавливается восемью стальными штампами второго порядка. Собранный установка помещается меж двух полусфер диаметром один метр. Пространство между полусферами и стальными штампами заполнено гидравлическим агентом, находящимся под давлением. Таким образом, транслируется усилие от штампов к форме. Одновременно происходит контролируемый нагрев формы [6].



Рис. 2. Оборудование для создания искусственных алмазов [3]



Рис. 3. Алмазы на пластинах илифовального диска [2]. По мере износа металлическая матрица обнажает все новые и новые зерна алмаза

Воспроизведение CVD-алмазов. Технология более старая и проверенная, чем HPHT-производство. С ее помощью создаются промышленные алмазы, используемые в высокоточных производствах. CVD-процесс состоит из подготовки первичной заготовки – подложки, наполнения рабочей камеры смесью метана и водорода и их дальнейшее взаимодействие. В камерах создаются вакуумные условия. Газы нагреваются до температуры 3000 °С, и углерод, присутствующий в метане, оседает на основу. Полученные в результате этого процесса искусственные алмазы находят применение в производстве микросхем как кристаллы-полупроводники. Изготовление микроэлектронных

устройств на матрицах из искусственных алмазов – прорывная технология, обеспечивающая качественный скачок в развитии отрасли. Правда, это потребует усовершенствования методики выращивания, т.к. в настоящее время размеры получаемых алмазов ограничены. Сегодня параметры пластин не превышают одного сантиметр, но уже планируются пластины размером более десяти сантиметров.

Способ взрывного синтеза – одна из новейших технологий, делающих возможным получение искусственного алмаза. Методика основана на энергии взрыва с последующим быстрым охлаждением после взрыва. Кристаллы образуются мелкие, но способ максимально приближен к естественному.

Алмаз может быть монокристаллом или состоять из большого количества мелких сросшихся кристаллов (поликристалл). Большие, бездефектные монокристаллы алмаза используются в ювелирной промышленности. Поликристаллические алмазы используются в промышленности в качестве инструмента обработки.

Синтетические алмазы – самое твёрдое из известных веществ. Твёрдость искусственных алмазов зависит от химического состава исходных элементов, наличия и вида дефектов в кристаллической решетке, ориентации кристаллической решетки. Твёрдость искусственных алмазов, полученных методом CVD варьируется от 30 % до 70 % от твёрдости монокристалла природного алмаза. Некоторые искусственные монокристаллы твёрже всех известных природных алмазов.

Практическое применение искусственных алмазов связано с их твёрдостью, поэтому их используют в качестве режущего инструмента, абразивных порошков, полировальных паст. Благодаря своей твёрдости алмазы используются для обработки любых материалов, в том числе при огранке самих алмазов.

Как правило, алмазный инструмент имеет спечённое покрытие. Микронные зерна алмаза диспергируются в металлическую матрицу (рис. 3).

Таким образом, производство искусственных алмазов относится к высокотехнологичным процессам. Саморазвитие этих технологий дало импульс к созданию смежных высокотехнологичных отраслей, положило начало алмазной электроники. Сейчас разрабатываются технологии создания искусственных алмазов с заданными свойствами кристаллической решетки. Происходит взаимопроникновение IT-технологий, нано-технологий. Наличие спектра высокотехнологичных отраслей с требованием материалов с заданной кристаллической структурой означает гарантированное развитие соответствующих инфраструктур.

Литература

1. Архив интернета: DocPlayer [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.com/51481745-Almaz-i-grafit-ne-pohozhi-na-vid-vot-tak-raznolik-uglerod-v-prirode-vstrechaetsya-chashche-grafit-s-almazom-uvy-ne-vezoty-grafita-nemalono-redok-almaz.html>. Доступ 23.03.2022.
2. Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Синтетические_алмазы#/media/Файл:Diamond_blade_very_macro.jpg.
3. Портал об антиквариате ДедПодарил [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dedpodaril.com/yuvelirka/kamni/iskusstvennye-almazы.html>. Доступ 23.03.2022.
4. Федоровский Н.М. Курс минералогии. НКТП, Государственное научно-техническое Горное издательство. Москва – Ленинград – Новосибирск, 1932. – 444 с.
5. Olson D.W. 21.2 Diamond, industrial. Minerals Yearbook – 2011. USGS, 2013.
6. Pal'yanov N., Sokol A.G., Borzdov M., Khokhryakov A.F. Fluid-bearing alkaline carbonate melts as the medium for the formation of diamonds in the Earth's mantle: an experimental study // Lithos: journal. – 2002. – Vol. 60, no. 3 – 4. – P. 145 – 159. DOI: 10.1016/S0024-4937(01)00079-2.

ПЕТРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДУНИТОВ ШАМАНСКОГО МАССИВА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

Брагин С.А.

Научный руководитель профессор Чернышов А.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В работе приводятся результаты петроструктурного изучения дунитов Шаманского ультрамафитового массива, расположенного в Северо-Восточном Прибайкалье.

Целью работы является детальное петроструктурное исследование дунитов, а также изучение их минералогического состава.

Шаманский массив является одним из самых крупных в структуре Средневитимской горной области и расположен в юго-западной ее части, в среднем течении реки Витим. В строении массива принимают участие в разной мере серпентинизированные ультрамафиты [2]. В дунитах Шаманского массива наблюдаются признаки пластической деформации и рекристаллизации, которые фиксируются в виде неоднородного погасания, появлении полос пластического излома в зернах оливина и разнообразных его микроструктурных типах. В дунитах массива отмечаются протогранулярный, порфиорокластовый и мозаичный микроструктурные типы. В массиве значительным распространением пользуются серпентин-оливиновые ультраметаморфиты.

Дуниты с протогранулярным типом микроструктуры (рис., а) характеризуются наличием крупных зерен оливина с размерами до 5 мм, для которых отмечается незначительная степень пластического деформирования. Для них характерна субизометричная форма с прямолинейными, округлыми и заливообразными границами. Отмечается волнистое погасание и незначительное удлинение крупных зерен. Признаки пластической деформации проявляются в появлении слабоволнистого погасания и редких, широких полос пластического излома.

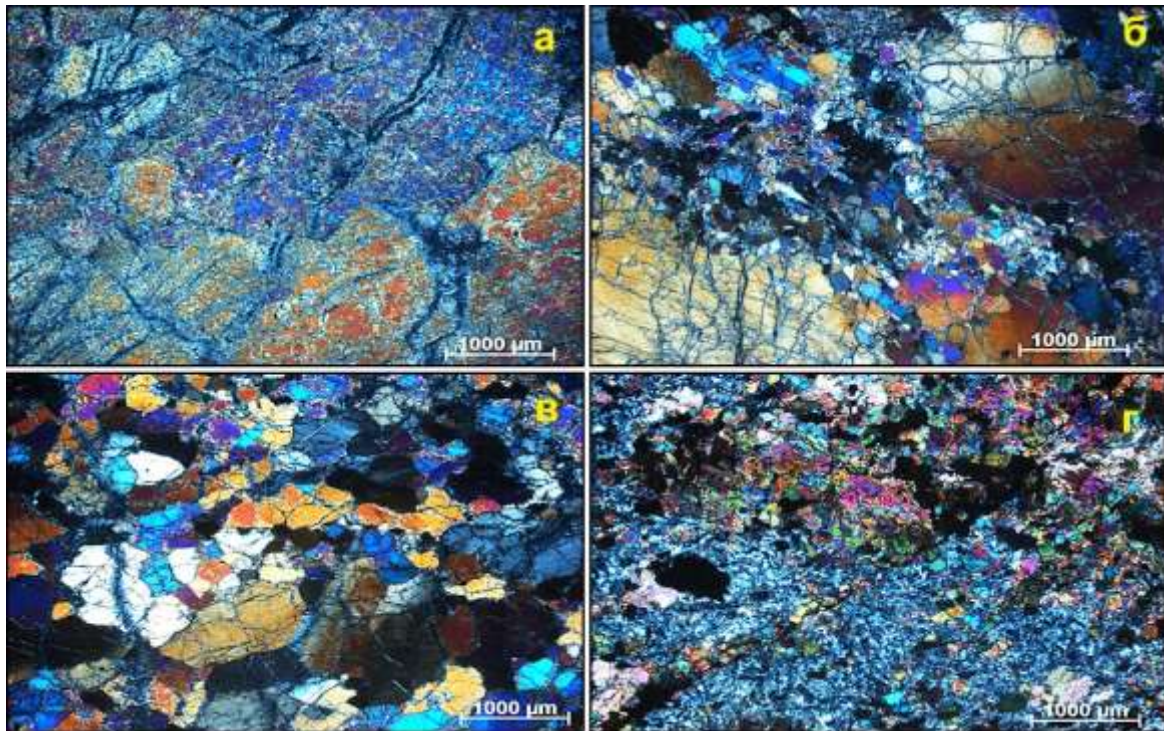


Рис. Микроструктурные типы оливина в дунитах Шаманского массива. а – протогранулярный (обр. Ш-25/2), б – порфирокластовый (обр. Ш-6/1), в – мозаичный (обр. Ш-59/2), г – серпентин-оливиновые ультраметаморфиты (обр. Ш-40/3). Николи скрещены

Порфирокластовый тип (рис., б) возникает на месте протогранулярного типа в результате синтетектонической рекристаллизации. Это отражается в уменьшении размеров зерен и образовании двух морфологических типов зерен оливина, которые представлены крупными порфирокластами (1...3 мм) и мозаичным гранобластовым агрегатом мелких зерен (менее 0,5 мм). В зернах оливина отмечаются признаки интенсивного пластического деформирования в виде отчетливо проявленного неоднородного волнистого погасания и появления многочисленных полос пластического излома.

Мозаичный тип микроструктуры (рис., в) является результатом дальнейшего разрушения протогранулярной порфирокластовой микроструктур в результате интенсивной синтетектонической рекристаллизации. Этот тип микроструктуры характеризуется присутствием мелкозернистого мозаичного агрегата суббизометричных зерен оливина (размером ~ 0,5 мм). В зернах оливина постоянно обнаруживается неоднородное волнистое погасание и реде полосы пластического излома.

Таблица

Химический состав оливина

№ образца	Ш-25/2		Ш-6/1		Ш-59/2		Ш-27/5	
	протогранулярный		порфирокластовый		мозаичный		мозаичный	
SiO ₂	41,02	40,75	41,11	40,96	41,17	41,43	41,71	41,59
FeO	10,05	10,30	8,23	9,15	7,92	7,26	4,52	4,59
NiO	0,40	0,43	0,37	0,37	0,36	0,35	0,21	0,25
MgO	48,52	48,52	50,29	49,52	50,55	50,97	53,37	53,47
Сумма	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,81	100,08
Fa	10,4	10,6	8,4	9,4	8,1	7,4	4,5	4,6

Примечание. Дуниты: Ш-25/2, Ш-6/1, Ш-59/2; серпентин-оливиновые ультраметаморфиты: Ш-27/5. Fa=Fe/(Fe+Mg)*100.

Оливин-серпентиновые ультраметаморфиты (рис., г) возникают при дегидратации серпентинитов в результате прогрессивного метаморфизма в условиях повышения температур в зонах эндоконтактных частей массива и в зонах тектонических нарушений. Они состоят из вторичного регенерированного оливина, содержание которого колеблется от 5 до 30 % при соответствующем количестве серпентина. По морфологическим признакам оливин относится к мозаичным. Он обычно имеет суббизометричную форму зерен с размерами менее 0,5 мм. Зерна регенерированного оливина отличаются отсутствием признаков пластического деформирования, для них всегда отмечается однородное погасание.

Установленные микроструктурные типы дунитов и оливин-серпентиновых ультраметаморфитов отличаются друг от друга по особенностям химического состава оливина (табл.).

С увеличением степени пластического деформирования дунитов в ряду: протогоранулярный, порфиорокластовый, мозаичный происходит уменьшение железистости оливина, что сопровождается увеличением в его составе MgO и уменьшением FeO и NiO. Формирование оливин-серпентиновых ультраметаморфитов сопровождалось образованием оливина с минимальной железистостью и минимальным содержанием NiO. Изменение состава оливина в процессе пластического деформирования неоднократно отмечалось многими исследователями в других ультрамафитовых массивах офиолитовых комплексов (Гончаренко 1989, Чернышов, 2005).

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить структурные особенности дунитов и их типы, которые отражают возрастающую степень пластического деформирования пород в процессе эволюции на уровнях верхней мантии и земной коры, что находит отражение также в изменении состава оливина, который становится более магнезиальным.

Литература

1. Гончаренко А.И. Петроструктурная эволюция альпинотипных гипербазитов – Томск: изд-во Том. ун-та, 1989. – 398 с.
2. Леснов Ф. Петрология Шаманского ультрамафитового массива (Восточное Забайкалье). Новосибирск, 2019. – 100 с.
3. Чернышов А.И. Петроструктурная эволюция оливинов в ультрамафитах Парамского и Шаманского массивов (Байкало-Муйский офиолитовый пояс) // Геология и геофизика, 2005. – Т. 46. – № 11. – С. 1121-1132.

СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ОЛЕНЬ» (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)

Ефимовская М.В.

Научный руководитель профессор Чернышов А.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Рудопроявление Олень расположено в северо-западной части Центрально-Енисейского золотоносного пояса на Енисейском кряже. Пояс приурочен к поднятиям архей-карельских пород фундамента Сибирской платформы, объединяемых в Центральный антиклинорий, характеризующихся интенсивной гранитизацией в позднерифейский период и гидротермально-метасоматическими процессами, сопровождаемой формированием рудной минерализации. В прибортовых частях архей-протерозойских выступов развиты вулканогенно-осадочные и осадочные прогибы, грабены рифтогенной природы, одним из которых и является Верхне-Вороговский прогиб, где расположено исследуемое рудопроявление [1].

Сульфидизированное оруденение и связанная с ним золотоносность, локализовано в гидротермально-метасоматически измененных метариолитах. Они обычно в разной степени серицитизированы, анкеритизированы и приурочены к разрывным нарушениям, сопровождаемых зонам трещиноватости.

В изученных метасоматитах по морфологическим особенностям можно выделить три типа рудной минерализации: вкрапленная, прожилково-вкрапленная и густо-вкрапленная.

Вкрапленный тип. Этот тип установлен в пирит-анкерит-кварцевых метасоматитах, которые сложены многочисленными буроватыми удлинёнными, «змеевидными» анкеритовыми скоплениями мощностью 3...5 мм, в которые включены удлинённые, угловато-ксеноморфные чуть сероватые кварцевые мелкие скопления размером 10...15 мм. Из-за обособленности анкеритовых и кварцевых скоплений, имеющих разный цвет, текстура породы пятнистая.

Анкеритовые коричневатые скопления состоят из многочисленных тонких и, реже, мелких тесно срастающихся субтаблитчатых и полигональных зёрен анкерита преимущественно размером 0.1 мм и, реже, до 0.5 мм с неровными обломанными зубчатыми ограничениями. К ним тяготеет пирит, который образует на приконтактных с кварцевыми обособлениями мелкие «гнездовые» ксеноморфные скопления размером 0.3...0.5 мм или наблюдается в виде вкрапленных зёрен с размером до 1 мм (рис. а, б).

Кварцевые «давленные», обособленные скопления в породе состоят из тесно срастающихся линзообразных, полигональных, удлинённо-полигональных или удлинённо-линзовидных мелких и средних зёрен размером от 0.2...0.5 мм до 1...1.5 мм с неровными зубчатыми краями, которые преимущественно расположены субпараллельно. В некоторых скоплениях в межзерновых пространствах более крупных зёрен присутствуют «щепочки» тонких мозаичных зёрен дробленого кварца. Кварц мутный, грязноватый, с волнистым погасанием.

Прожилково-вкрапленный тип выявлен во вторичном кварците, в котором наблюдаются кварц-флюорит-пиритовые, флюоритовые и кварцевые прожилки.

Порода представляет собой тонкозернистый вторичный кварцит по афировому микрофельзитовому риолиту. Он сложен очень мелкими изометрично-полигональными (мозаичными) зёрнами кварца размером 0.02...0.03 мм, иногда до 0.05 мм. Серицит наблюдается в виде редких субпараллельно расположенных микрочешуек, подчеркивающих слабо выраженную сланцеватую текстуру.

Порода вдоль редких трещинок, согласных направлению сланцеватости, в большей степени серицитизирована и пиритизирована с образованием маломощных прерывистых и выклинивающихся зонк мощностью 0.2...0.5 мм. Они сложены плотно и параллельно расположенными чешуйками серицито-мусковитом с яркими цветами интерференции. Пирит в серицитизированных зонках наблюдается в виде прожилков, представленных тонкой вкрапленностью таблитчатых зёрен с размером менее 0.05 мм.

В породе вдоль сланцеватости проявляются кварц-флюорит-пиритовые, флюоритовые и кварцевые прожилки мощностью 2...5 мм (рис. в, г). В кварц-флюорит-пиритовых прожилках количество пирита составляет до 50 %. Он наблюдается в виде растащенных вдоль прожилков мелких субизометричных гнездовидных скоплений размером 0.3...1.5 мм, которые, в свою очередь, состоят из тесно срастающихся тонких и мелких зёрен размером 0.05...0.2 мм. Промежутки между пиритовыми гнёздами сложены крустификационным гребенчатым тонко-мелкозернистым кварцем и флюоритом с размером зёрен 0.1...0.15 мм.

Флюоритовые прожилки сложены дроблеными трещиноватыми субовальными мелкими и средними зёрнами флюорита со слабо фиолетовыми оттенками. Их размер 0.2...0.5 мм. Дробленые кварцевые прожилки сложены преимущественно мозаичными агрегатами молочно-белого «сахаровидного» кварца с размером зёрен до 0.05 мм. Среди них встречаются порфирокласты, наблюдаемые в виде обломочных зёрна кварца с размером до 0.2 мм, которые имеют неровные зубчатые границы.

Густо вкрапленный тип установлен в жиле анкерит-пирит-кварцевого состава. Для жилы характерна неравномернозернистая (от мелко- до крупнозернистой) структура и пятнистая текстура, обусловленная неравномерным распределением минералов.

Густая рудная вкрапленность приурочена к гнездовидным обособлениям анкерит-пирит-кварцевого состава, размер которых составляет до 1 см. Зерна пирита представлены мелкими зёрнами размером 0.1...0.3 мм. Они часто образуют тесные сращения, вплоть до сливных обособлений размером 0.5...2 мм. Промежутки между зёрнами пирита выполнены неправильными, ксенобластовыми зёрнами анкерита.

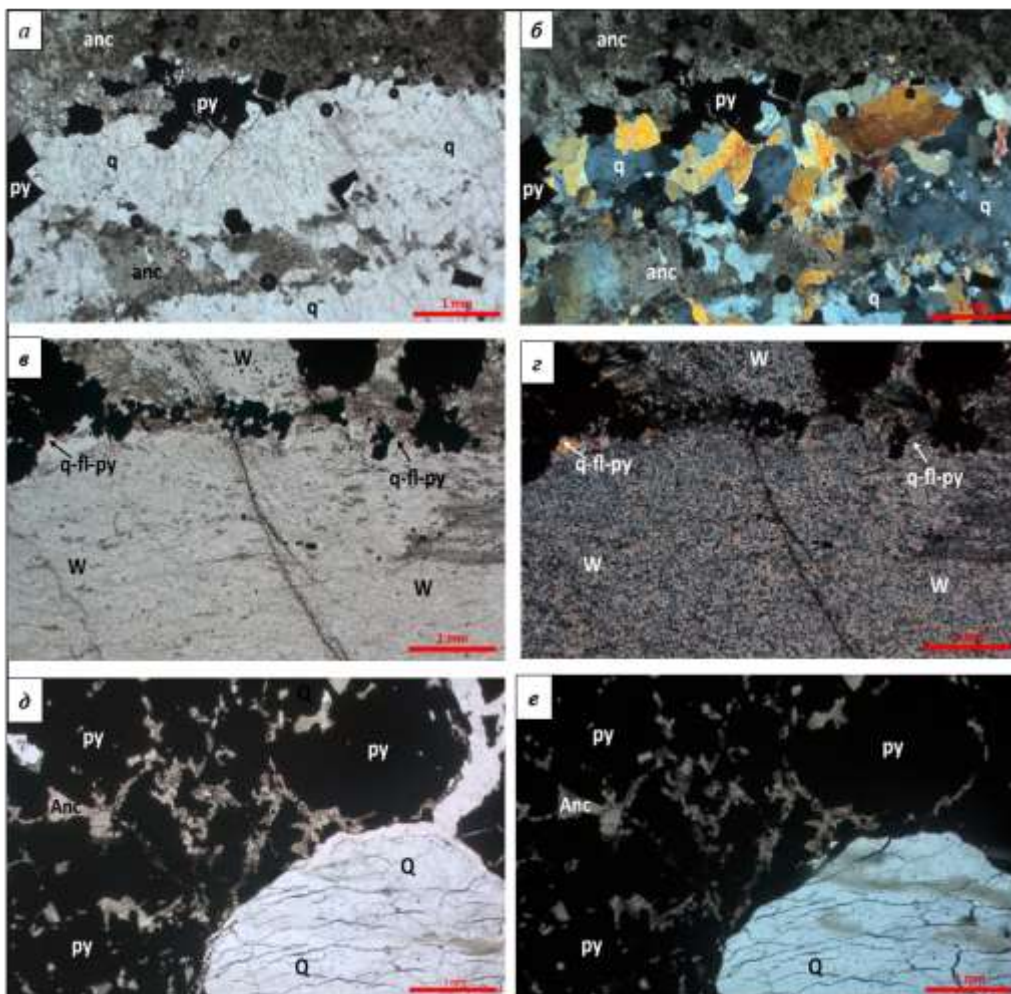


Рис. Типы рудной минерализации в метасоматитах: вкрапленный (а, б), прожилково-вкрапленный (в, з), густо-вкрапленный (д, е). Условные обозначения: а, в, д – съемка при одном никеле, б – в скрещенных. Anc – анкерит, q – мутный кварц, py – пирит, Q – молочно-белый кварц, W – тонкозернистый кварц во вторичном кварците, q-fl-py – кварц-флюорит-пиритовый агрегат

Крупные зерна кварца наблюдаются в виде субизометричных порфиробластовых вкрапленников размером 1...4 мм (рис. д, е). Кварц молочно-белый, трещиноватый, с волнистым погасанием. Иногда по краям порфиробластов наблюдается дробление с образованием небольших скоплений тонкозернистого мозаичного кварца.

Проведенные исследования позволяют отнести рудопроявление «Олень» к золото-сульфидно-кварцевому рудно-формационному типу [2].

Литература

1. Верниковский В.А., Верниковская А.Е. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа // Геология и геофизика, 2006. – №1. – С. 35–52.
2. Полева Т.В. Геология и вещественный состав руд месторождения Благодатное (Енисейский кряж): автореф. дис... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.11: защищена 08.04.2011 / Полева Татьяна Владимировна, науч. рук. А.М. Сазанов – СФУ, Красноярск, 2011. – 23 с.

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ УКТУССКОГО МАССИВА
(СРЕДНИЙ УРАЛ)**

Исин А.А.

Научный руководитель профессор Чернышов А.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В представленных материалах показаны результаты петрографического исследования ультрамафитов Уктусского массива, расположенного на Среднем Урале [1].

Целью работы является детальное структурно-петрографическое изучение ультрамафитов и выявление особенностей их минералогического состава.

Ультрамафиты массива представлены дунитами, верлитами и клинопироксенитами. В ультрамафитах обнаруживаются признаки пластической деформации, которые выявляются в разнообразных микроструктурных типах, которые ранее отмечались предыдущими исследователями [2]. В дунитах установлены два микроструктурных типа: мезогранулярный и мозаичный. В верлитах и клинопироксенитах преобладает мезогранулярный тип микроструктуры. В ультрамафитах отмечается редкая рассеянная вкрапленность мелких зерен хромшпинелидов.

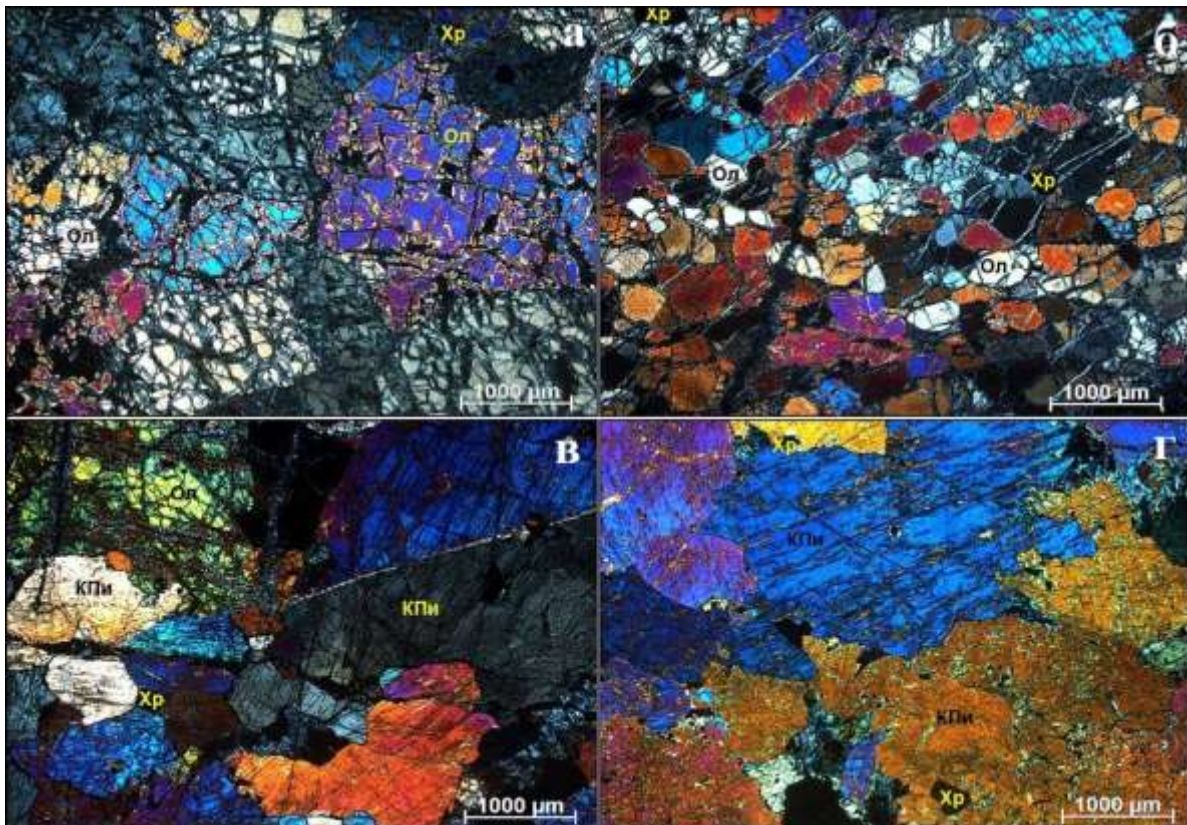


Рис. Деформационные микроструктуры дунитов, верлитов и клинопироксенитов. а–б – дуниты: а) мезогранулярная (обр. Ук 2/2), б) мозаичная (обр. Ук 19/1), в – верлит, мезогранулярная (обр. Ук 1/1), з – клинопироксенит, мезогранулярная (обр. Ук 14/2). Ол – оливин, Хр – хромшпинелид, КПи – клинопироксен. Николи скрещены

Дуниты с *мезогранулярным типом* микроструктуры характеризуются наличием равновесного гранобластового агрегата зерен оливина субизометричной формы. Их размер составляет 2...4 мм. Контуров зерен прямолинейные, либо плавно изогнутые, заливообразные (рис., а). Признаки пластического деформирования зерен оливина проявляются в незначительной степени в появлении слабо волнистого погасания и редких, широких полос сброса. Дуниты с мезогранулярной структурой, очевидно, являются наиболее ранними образованиями.

Дуниты с **мозаичным типом** отличаются присутствием мелкозернистого, мозаичного агрегата зерен оливина (рис., б), который очевидно образовался в результате синтетектонической рекристаллизации дунитов с мезогранулярным типом. Зерна оливина имеют округлую форму, их размер составляет чаще 0,4...0,7 мм. Признаки пластического деформирования оливина проявляются в наличии неоднородного погасания и появлении полос сброса.

Для верлитов и клинопироксенитов характерна **мезогранулярная** структура, которая характеризуется наличием средне- и крупнозернистых агрегатов зерен клинопироксена и оливина, размер которых варьирует от 3 до 5 мм. Форма зерен округлая либо ксеноморфная с плавно изогнутыми контурами (рис., в, г). Погасание клинопироксена и оливина однородное. В зернах клинопироксена отчетливо проявляется спайность. Породы верлит-клинопироксенитовой ассоциации, очевидно, образовались в коровых условиях. При этом дуниты подвергались высокотемпературному метасоматозу под воздействием более поздних интрузий габбро с образованием верлитов и клинопироксенитов.

Установленный микроструктурные типы ультрамафитов различаются между собой особенностями химического состава оливина (табл.). Оливин в исходных дунитах соответствует высокомагнезиальному хризолиту. При синтетектонической рекристаллизации оливин преобразуется в форстерит с низкой железистостью, для них характерно отсутствие MnO и CaO. В процессе клинопироксенитации железистость оливина значительно возрастает и оливин соответствует хризолиту. При этом MnO остается неизменным, а CaO выносятся.

Таблица

Химический состав оливина

№ обр.	Ук 2/2		Ук 19/1		Ук 1/1	
	Дуниты мезогранулярные		Дуниты мозаичные		Верлиты мезогранулярные	
SiO ₂	40,25	40,45	42,39	41,97	40,81	38,81
FeO	13,19	12,70	4,10	4,09	16,08	19,33
MnO	0,26	0,25	н.о.	н.о.	0,27	0,29
MgO	46,11	46,45	53,50	53,52	42,89	41,57
CaO	0,22	0,17	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
	100,02	100,03	100,00	99,58	100,05	100,00
Fa	13,83	13,30	4,12	4,11	17,38	20,69

Примечание. Fa=Fe/(Fe+Mg)*100. н.о. – элемент не определен.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что дуниты Уктусского массива представлены двумя микроструктурными типами. Наиболее ранние имеют мезогранулярную структуру, в которых состав оливина соответствует магнезиальному хризолиту. Они вероятно образовались в результате кристаллизации высокомагнезиального мантийного расплава. В процессе перемещения на уровнях мантия – земная кора, дуниты претерпели пластические деформации, преимущественно синтетектонической рекристаллизацией с образованием мозаичного типа, при этом возросла магнезиальность оливина до форстерита. На уровнях консолидации в земной коре дуниты под влиянием внедрившихся более поздних интрузий в экзоконтактовых зонах претерпели высокотемпературные метасоматические преобразования, которые сопровождалась неравномерной клинопироксенитацией с образованием верлитов и клинопироксенитов. Процесс клинопироксенитации способствовал увеличению железистости оливина в верлитах. При этом происходил полный вынос CaO, что, вероятно связано с диффузией (миграцией) CaO из оливина в состав клинопироксенов.

Литература

1. Пушкарев Е.В. Петрология Уктусского дунит-клинопироксенит-габбрового массива (Средний Урал). – Екатеринбург, 2000. – 298 с.
2. Чернышов А.И., Шмелев В.Р., Гладков Е.А. Петроструктурная эволюция дунитов Уктусского массива (Средний Урал) // Структурный анализ в геологических исследованиях. – Материалы Международного науч. семинара. – Томск, ЦНТИ, 1999. – С. 163–165.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД КРАСНЫХ СКАЛ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Ищенко А.А., Толоконникова З.А.

Научный руководитель доцент Толоконникова З.А.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

В пределах Северо-Западного Кавказа обнажения коренных пород слабо развиты из-за обильной растительности. По этой причине изучение выходов горных пород на дневную поверхность представляет собой практический и научный интерес. Одним из крупных обнажений являются Красные скалы, расположенные приблизительно в 60 км от г. Краснодара (Краснодарский край РФ) в левом борту р. Афипис на гребне безымянного

хребта (рис. 1А). В настоящее время они активно используются в качестве объекта пешего туризма и скалолазания. Их геологическое исследование в XXI веке не осуществлялось. Цель настоящей работы – провести реконструкцию палеогеографической обстановки Красных скал на основе литологического и минералогического анализов горных пород.



Рис. 1. Красные скалы: А – географическое расположение; Б – фрагмент скал с прослоем сидеритовых конкреций и конгломерата (красный пунктир), В – иероглифы, Г – отпечатки растительности

Осенью 2021 г. нами было составлено геологическое описание обнажения и отобраны пробы. В современном рельефе Красные скалы представляют собой линейное сооружение относительной высотой до 15 метров и видимой протяженностью 60 метров, ориентированное с юго-запада на северо-восток. Скалы сложены преимущественно серовато-бежевыми песчаниками с редкими прослоями конгломератов и линзами гравелитов, содержащими следы интенсивного ожелезнения (рис. 1, Б). Отмечено биологическое выветривания в виде древесной растительности, лишайников, мхов, а также химическое в виде ячеистого выветривания, зон окисления. Отложения датируются раннемеловым возрастом (готерив-баррем, афипская свита) согласно [3]. В стенке обнажения и в глыбах песчаника у его подножия были обнаружены отдельные темно-бурые конкреции размером от 1 до 35 см. Тела конкреций выполнены концентрическими слоями плотного сидерита с подчиненным количеством лимонита, гематита, углеродистого вещества по периферии и кварцевыми полуокатанными галечками (размером до 3 см) в центральной части. Поверхности единичных глыб песчаника у подножия Красных скал представляют собой маломощный выветрелый прослой конгломерата, сложенного полуокатанными гальками и ожелезненными конкрециями. В коренном выходе это слой хорошо прослеживается (рис. 1, Б).

При камеральной обработке каменного материала было проведено макроописание горных пород с их последующей дезинтеграцией путем механического дробления, высокотемпературного воздействия и промывания водой. Полученные шлихи описывались с помощью светового бинокулярного микроскопа при разном увеличении. Далее приводится описание изученных образцов. Образец 1 (44°38'03,73''N, 38°35'38,84''E) – песчаник светло-бурый (рис. 2, А), мелкозернистая структура, массивная текстура, цемент глинистый, интенсивно ожелезненный по трещинам, кварцевый (таблица). Образец 2 – песчаник буровато-серый, мелкозернистая структура, массивная текстура, кварцевый, цемент глинистый, встречаются единичные полуразрушенные раковины толстостенных фораминифер. Образец 3 (44°38'06,97''N, 38°35'34,76''E) – песчаник буровато-серый, мелкозернистая структура, массивная текстура, кварцевый, цемент глинистый, интенсивно ожелезненный по поверхностям выветривания, фрагменты обуглившегося растительного детрита и редкие иероглифы. Образец 4 (44°38'04,61''N, 38°35'36,37''E) – песчаник светло-бурый, мелкозернистая структура, массивная текстура, кварцевый, цемент глинистый, интенсивно ожелезненный по трещинам, обильные разноразмерные фрагменты растительного детрита и иероглифы (рис. 1, В, Г). Иероглифы выполнены серовато-зеленым алевритом (тонко- и мелкозернистым с глинистым цементом). Микроскопическое исследование образцов показало преобладание в них кварца (до 80 %) двух типов: мелкозернистого плохоокатанного белого и крупнозернистого неокатанного бесцветного (рис. 2, Б). Среди аксессуарных минералов 10...15 % приходится на долю железосодержащих (табл.). По гранулометрическому составу

все образцы относятся к чистым пескам (согласно диаграмме Шепарда). Содержание тяжелых минералов (рутила, циркона и других) незначительно.

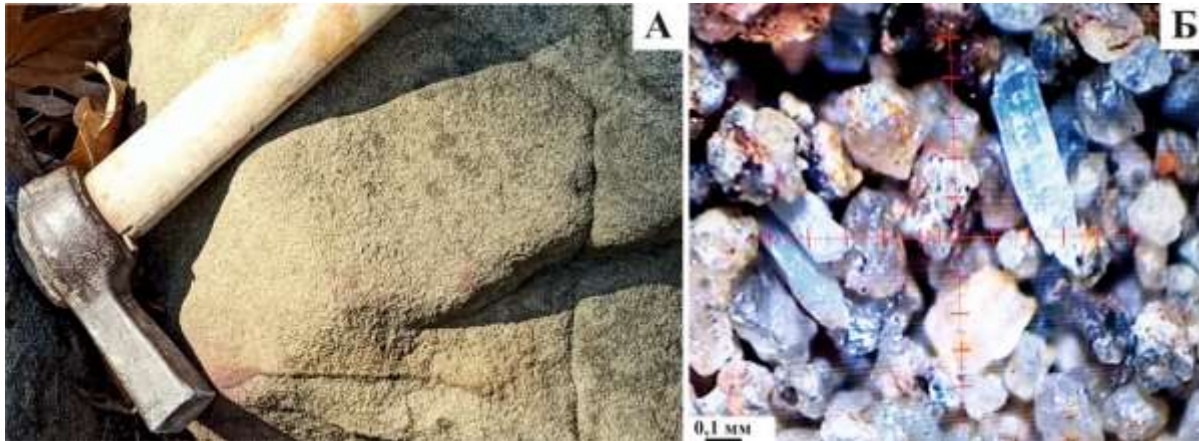


Рис. 2. Песчаник Красных скал: А – вид в обнажении; Б – вид под микроскопом

Таблица

Содержание минералов в шлихах (в %)

№ образца	Кварц	Сидерит	Гематит	Халькопирит	Горный хрусталь	Слюда	Полевой шпат	Сфен	Рутил	Рудные минералы	Кремний	Глинистые частицы	Уголь	Сланец	Хлорит	Циркон
1	70	10	4	2	7	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	80	5	1	1	3	-	-	-	1	2	1	7	-	-	-	-
3	80	5	5	2	1	-	1	-	-	5	-	-	-	-	-	1
4	68	8	1	2	4	6	2	0,5	1	-	-	-	6	1	0,5	-

Анализ литологии, минералогического и гранулометрического составов отложений важен для палеогеографических реконструкций [например, 2, 4]. Полученные в результате исследования данные указывают на высокую скорость осадконакопления в прибрежной зоне мелководного морского бассейна (глубины 10...50 м) с аномальным газовым режимом, восстановительными условиями. Обилие растительных остатков, единичные разрушенные раковины толстостенных фораминифер, многочисленные и разнообразные гиероглифы, тонкие прослои конгломератов, линзы гравелитов свидетельствуют о нестабильности среды, непродолжительной смене трансгрессий регрессиями. Неустойчивая гидродинамическая среда способствовала формированию слабо сортированных и несортированных осадков, кратковременно прерываемых усиленным движением водных масс и приближением береговой линии. Влажный теплый климат благоприятствовал активному протеканию химических процессов, о чем свидетельствует интенсивное преобразование сидерита до лимонита, гематита, а также сильно измененные частицы обломочного материала (полевых шпатов, слюда). Красные скалы тяготеют к окраине прибрежного шельфа глубоководного бассейна Большого Кавказа, располагавшегося юго-восточнее. Основной снос обломочного материал, вероятно, происходил с островной суши, располагавшейся южнее исследуемой территории [1]. Присутствие в шлихах единичных рудных минералов указывает на удаленный источник рудной формации, которой, очевидно, был Главный Кавказский хребет.

Ищенко А.А. благодарна Т.Н. Пинчук (КубГУ) за помощь в проведении микроскопического анализа образцов.

Литература

1. Атлас литолого-палеогеографических карт Русской платформы и её геосинклинального обрамления. Часть 2. Мезозой и кайнозой / ред. А.П. Виноградов. – Москва-Ленинград: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1961. – 104 с.
2. Бузулуцков, Ф.С. Терригенные компоненты и их роль в реконструкции палеогеографии плейстоцена Усть-Енисейского района // Геология и геофизика. – 1972. – № 4. – С. 48–55.
3. Корсаков С.Г. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист L-37-XXVII (Краснодар). Объяснительная записка [Текст] / С.Г. Корсаков, И.Н. Семенуха, Е.В. Белуженко, В.И. Черных, В.Н. Токарев, М.Г. Деркачева, Г.Р. Тузиков. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 234 с.
4. Рухин, Л. Б. Основы общей палеогеографии. – Л.: Гостоптехиздат, 1962. – 628 с.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦЕВЫХ АРТЕФАКТОВ
МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВОЛЧЬЯ ГРИВА**

Климов А.С.

Научный руководитель доцент Бухарова О.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Волчья грива – крупнейшее местонахождение мамонтовой фауны в Азии, расположенное в Каргатском районе, Новосибирская область. Волчья грива является классическим элементом рельефа Барабинской низменности и представляет собой сигарообразную возвышенность относительной высотой 15 м и ориентированную в северо-восточном направлении. Изучение этого объекта берет свое начало с середины XX века, когда местонахождение рассматривалось поселением костяной культуры, а большая концентрация остатков крупных млекопитающих трактовалась как результат охоты [2]. Новейшие исследования установили, что причиной массовых скоплений животных стал геохимический ландшафт – зверовой солонец, который обитатели Барабинской низменности активно посещали при минеральном голодании [7].

Кроме остатков крупных млекопитающих, среди находок присутствуют каменные артефакты [7]. Особенность нахождения изделий из камня заключается в геологическом строении Барабинской низменности, которая представляет собой мощный осадочный чехол, перекрывающий домезозойский складчатый фундамент [1]. На этой территории отсутствуют коренные выходы пород, которые можно рассматривать в качестве источника литоресурсов, что указывает на импорт материала из других регионов. Установление происхождения найденных пород позволит реконструировать пути перемещения палеолитического населения Западной Сибири. Для решения этой задачи необходимо получить наиболее полную характеристику артефактов для выявления признаков, которые позволят проводить корреляцию с потенциальными источниками.

Исследуемый материал представлен каменными орудиями, которые удалось собрать в ходе экспедиционной работы при раскопках на Волчьей гриве в период 2016–2018 гг. (75 артефактов) [7] и в 2020 году (около 3000 артефактов). В основном это микропластины с ретушью и микроострие, а также побочными продуктами их изготовления (пластинами, отщепами и др.). Все находки представлены обломками пород и минералов, среди которых наиболее распространены: кварцевые артефакты (горный хрусталь и дымчатый кварц) – более 50 %, кремни зеленые – 17 %, кремни светлые рыже-желтые – 16 %. Большая часть приходится на обломки горного хрусталя и дымчатого кварца – фрагменты размером преимущественно 1 см и меньше, прозрачные, бесцветные или дымчатые со сколами, полученными при механической обработке.

Кристаллы, сливные агрегаты дымчатого и бесцветного кварца встречаются в пегматитовых и гидротермальных жилах. Внешне кристаллы из разных геологических объектов невозможно отличить, как, впрочем, и образцы сливного кварца. Таким образом, чтобы ответить на вопрос «откуда эти образцы?» следует для начала провести геохимический анализ. Валовый геохимический анализ позволит установить содержание элементов-примесей, которые могут входить в состав кварца при изоморфном замещении, так и присутствовать во включениях (твердых, газовой-жидких). В любом случае получаем информацию, которая позволит показать принадлежность кварца к одному или другому источникам, также это дает возможность установить генетический тип при дальнейших исследованиях [3, 4].

Кварц артефактов Волчьей гривы был проанализирован методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS, масс-спектрометр высокого разрешения Agilent 7500сх) по СТО-ТГУ 048-2012 «Горные породы. Определение элементного состава методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой» на базе Центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ.

Результаты масс-спектрометрии кварцевых артефактов. Проанализировано два артефакта из горного хрусталя и один дымчатого кварца, найденных при раскопках в 2020 г. Основные примесные элементы кварцевых артефактов – Mn (817,7...260 ppm), Cr (714,9...219,4 ppm), Cu (196,7...59,8 ppm), Ti (121,9...89,7 ppm), Ba (82,3...65,6 ppm), Ni (36,6...11,8 ppm), Co (18,8...5,9 ppm), Mo (25,2...3,8 ppm), Sr (16,7...14 ppm), которые составляют ~ 96 % от суммарной массы примесей. Указанные элементы не относятся к типичным структурным примесям, характерным для кварца. На спайдер-диаграмме наблюдаем различия в морфологии спектров распределения редких и рассеянных элементов для разных образцов, особенно в интервале La-Be, элементы которого подчеркивают геохимические особенности кварца артефактов. Правая часть диаграммы (Zr-Lu) демонстрирует схожее распределение элементов для исследуемых образцов артефактов, однако абсолютные содержания элементов могут отличаться в 5-10 раз (рис. А). Типохимические соотношения элементов весьма отличаются: Th / U (хрусталь-1 – 6,8; хрусталь-2 – 1,4; дымчатый кварц – 3,7); Nb / Ta (хрусталь-1 равен 464,4, хрусталь-2 – 71,2, для дымчатого кварца – 51, 4). Соотношение Zr / Hf имеют близкие значения и составляют ~ 43,33. Обращает внимание значения Nb / Ta оцененные для хрусталя-1, которые можно объяснить наличием самостоятельной твердой фазы (включения минерала гр. тантало-ниобатов).

График распределения редкоземельных элементов демонстрирует преобладание легких лантаноидов над тяжелыми у всех образцов, соотношения LREE / HREE для хрусталя-1 составляет 42,77, для остальных образцов ~ 25,2. Расчет европиевой аномалии $((Eu / Eu_{\text{хондрит}}) / \sqrt{[(Sm / Sm_{\text{хондрит}}) \times (Gd / Gd_{\text{хондрит}})])$, показал, что Eu / Eu* хрусталя-1 составляет 0,91, Eu / Eu* хрусталя-2 – 1,25 и для дымчатого кварца артефакта характерна слабовыраженная отрицательная Eu аномалия (Eu / Eu* ~ 0,72), что отражено и на диаграмме (рис. Б)

Для сравнения кварцевых артефактов с природными объектами использовались результаты геохимических исследований жильного кварца в районе распространения гранитоидов Приобья [7]. Жильный кварц отличается повышенным содержанием Sc (266,5...103,6 ppm) и Rb (88,4...8,2 ppm). Кривые распределения примесных элементов также демонстрируют их отличие от образцов из Волчьей гривы (рис. А). Однако, показатели Th / U (3,5...6,5) и

Eu / Eu* (0,78...0,92) совпадают со значениями для артефактов. В целом, характерной чертой распределения редкоземельных элементов для кварца (рис. Б) является преобладание легких лантаноидов над тяжелыми, что не позволяет по этому критерию различать их генетический тип и тем более конкретный геологический объект их происхождения, но данные абсолютных значений содержания редкоземельных элементов можно рассматривать как геохимический признак.

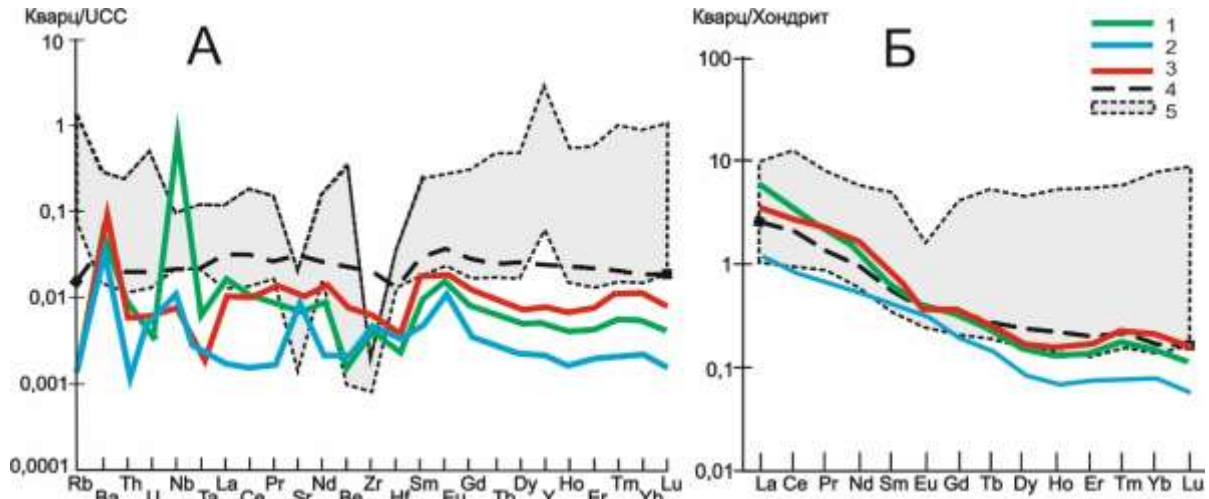


Рис. Результаты масс-спектрометрии кварцевых артефактов Волчьей гривы, найденных в 2020 году:
 1 – хрусталь-1; 2 – хрусталь-2; 3 – дымчатый кварц. Результаты исследований материала 2016:
 4 – жильный кварц из месторождения Романово; 5 – жильный кварц Обского гранитного массива
 [7, с изменениями автора]. А – распределение редкоземельных элементов, нормированных по верхней континентальной коре [5], Б – распределение редкоземельных элементов, нормированных по хондриту [6]

Таким образом, результаты масс-спектрометрии артефактов из горного хрусталя и дымчатого кварца показал, что эти изделия выполнены из сырья, которое по геохимическим характеристикам (содержанию примесных элементов, показателям соотношений несовместимых элементов, распределению рассеянных элементов) вероятнее всего принадлежит разным геологическим объектам. Изученные артефакты отличаются геохимическими характеристиками от жильного кварца из наиболее близких регионов (Обской гранитный массив и месторождение Романово, расстояние ~ 200 км), что не позволяет их рассматривать как источники сырья для изготовления орудий.

Исследования выполнены в рамках гранта РФФ № 20-17-00033 «Мегафауна и окружающая среда позднего неоплейстоцена юга Западно-Сибирской равнины: экология, хронология, причины вымирания».

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия Западно-Сибирская, Омско-Кулундинская подсерия. Листы N-44-VII (Здвинск), N-44-XIII (Верх-Урюм), N-44-XIV (Довольное). Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. – 119 с.
2. Окладников А.П., Григоренко Б.Г., Алексеева Е.В., Волков И.А. Стоянка древнего человека Волчья Грива (раскопки 1968 года). Материал полевых исследований Дальневосточной археологической экспедиции 2 // НИИ ИФ СО РАН СССР – Новосибирск, 1971 – С. 87–131.
3. Павлишин В.И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. – Киев: Наук. думка, 1983 – 232 с.
4. Светова Е.Н., Светов С.А., Данилевская Л.А. Редкие и редкоземельные элементы в кварце как индикаторы условий минералообразования // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. – 2012. – №. 3. – С. 137–144.
5. Taylor S.R., McLennan S.M. The Continental crust: its composition and evolution: an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. – Oxford: Blackwell Science, 1985. – 312 с.
6. McLennan S.M. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2001. – Т. 2. – №. 4. – P. 2000GC000109
7. Leshchinskiy S.V., Zenin V.N., Bukharova O.V. The Volchia Griva mammoth site as a key area for geoarchaeological research of human movements in the Late Paleolithic of the West Siberian Plain // Quaternary International. – 2021. – №587-588. – P.368–383.

**ВЛИЯНИЕ АНАЭРОБНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА ПОВЕДЕНИЕ
РЕДОКС-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ**
Милевский Я.В.

Научный руководитель доцент Рубан А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Климатические изменения последних десятилетий, в первую очередь проявляющиеся в Арктике, несомненно влияют на особенности современного осадкообразования. В первую очередь это проявляется в изменении качественного и количественного состава сносаемого в приемный бассейн осадочного материала, а также в закономерностях его пространственного распределения, скоростях седиментации, активности биохимических процессов и пр. Указанные факторы способствуют изменению окислительно-восстановительной среды, как в донных осадках, так и в придонном горизонте водной толщи [1]. В пределах шельфа моря Лаптевых обнаруживаются области разгрузки метан-содержащих флюидов – метановые сипы (англ. cold methane seep). При столкновении нисходящего диффузионного потока сульфата из морской воды и восходящего потока метана создается сульфат-метановая транзитная зона (СМТЗ), которая характеризуется активностью двух ключевых биогеохимических процессов – анаэробного окисления метана и бактериальной сульфатредукции, управляемых консорциумом анаэробных метаноокисляющих архей и сульфатредуцирующих бактерий [2]. Положение СМТЗ в разрезе помимо прочего определяется интенсивностью восходящего потока метана и при интенсивных потоках анаэробное окисление метана может протекать непосредственно на границе «донные осадки-морская вода». Активность процесса бактериальной сульфатредукции способствует истощению сульфата как в поровых, так и в придонных водах и, как следствие, приводит к продуцированию сероводорода [3]. Это способствует изменению редокс-условий осадконакопления, что влияет на биогеохимические циклы ряда элементов (например, Mn, Mo, U, Cd, Ba и др.), поскольку их накопление в морских осадках контролируется в первую очередь концентрациями кислорода [4].

Материалом для данной работы послужили колонки (керны) донных осадков, отобранные в северной части шельфа моря Лаптевых. Керны АМК-6053 (длина 16 см) и АМК-6027 (длина 18 см) получены в 73-м рейсе, а керн АМК-6948 в 82-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш». Керны АМК-6027 и АМК-6948 отобраны на участках массивированной разгрузки метана, и они рассматриваются как «метановые» осадки. На станции АМК-6053 не было зарегистрировано повышенных содержаний метана ни в донных осадках, ни в водной толще, поэтому этот керн рассматривается как «фоновые» осадки.

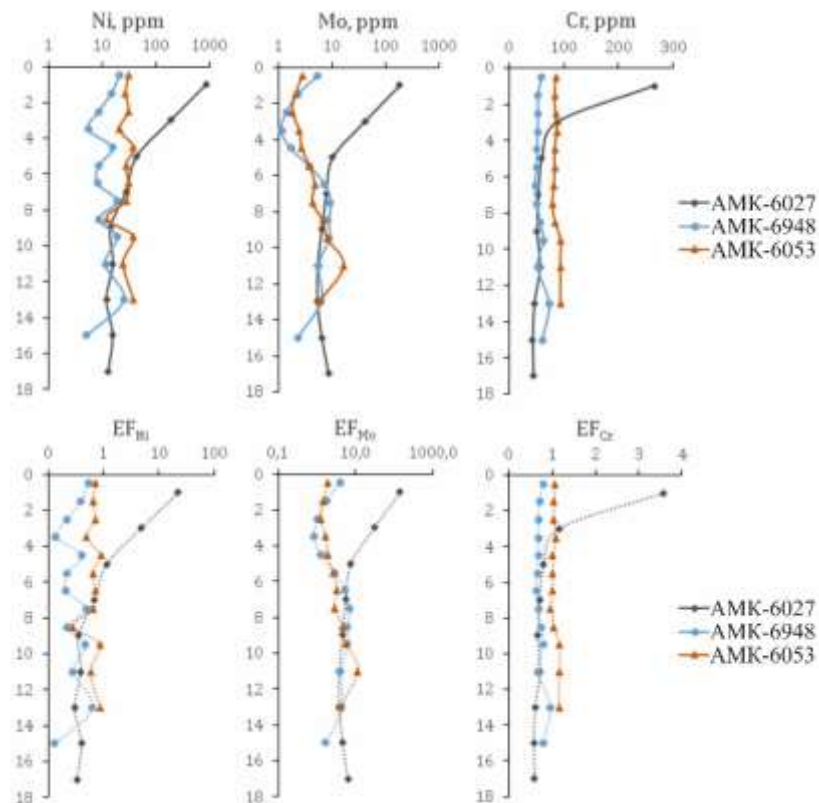


Рис. Профили вертикального распределения концентраций (сверху) и факторов обогащения (снизу) Ni, Mo и Cr в кернах АМК-6027, АМК-6948 и АМК-6053

Концентрации Cu, Co, St в «фоновых» осадках сопоставимы с концентрациями этих элементов в осадочных породах континента. Отмечается немного пониженное содержание Ni и почти двукратное превышение по Zn.

Вертикальные профили этих элементов в керне АМК-6053 достаточно схожи. Однако наблюдается незначительный рост содержания кобальта с глубиной и единичные пики в профилях никеля и цинка. В керне АМК-6948 специфика вертикального распределения Cu, Zn, Co, Ni, Cr по глубине в целом аналогична «фоновым» донным осадкам, но при этом содержания всех элементов ниже примерно в 1,5-2 раза. В колонке АМК-6027 вертикальные профили никеля, хрома и меди показывают относительное превышение содержаний этих элементов в интервале 0...4 см (875 ppm для Ni ($EF_{Ni} = 22,2$), 265,4 ppm для Cr ($EF_{Cr} = 3,6$) и 23,9 ppm для Cu ($EF_{Cu} = 1,1$)). Содержание молибдена варьирует в диапазонах от 1,9 до 16,8 ppm (среднее = 5,3 ppm) в «фоновых» осадках и от 1,2 до 187,6 ppm (среднее = 15,6 ppm) в «метановых». Профили вертикального распределения молибдена демонстрируют различия в его поведении (рис.). В керне АМК-6027 наблюдается резкое снижение концентраций молибдена с глубиной, ниже горизонта ~ 5 см разброс значений составляет менее 3 ppm. Для керна АМК-6948 также свойственны повышенные концентрации молибдена в верхнем горизонте (5,4 ppm) и их снижение до горизонта примерно 4 см, однако ниже этого горизонта наблюдается рост содержания. В колонке АМК-6053 отмечается минимальное содержание молибдена в приповерхностном горизонте осадков и постепенный его рост с глубиной. Содержание урана в «метановых» и «фоновых» осадках изменяется в диапазонах от 1,48 до 3,24 ppm и от 2,74 до 3,43 ppm, соответственно. При этом во всех трех кернах наблюдается рост концентраций урана с глубиной. Среднее содержание урана близко к среднему в осадочных породах континентов. Поведения бария характеризуется схожестью, как в «метановых», так и в «фоновых» донных осадках, что выражается в широком разбросе его концентраций и отсутствии выраженных тенденций к их росту или снижению по мере углубления. Среднее содержание бария в «метановых» осадках немного выше, чем в «фоновых», но при этом в обоих случаях оно сопоставимо среднему в осадочных породах континентов.

Коэффициенты корреляции марганца с другими элементами показывают значимые ($R > 0,7$) прямые связи с ТОС, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Cr и Mo. При этом следует отметить, что данные корреляционные связи характерны только для керна АМК-6027 и не отмечаются в других кернах. По-видимому, метановый флюид способствует транспорту растворенных элементов (никеля и, возможно, меди) из нижних осадочных горизонтов к поверхности, где при смене окислительно-восстановительных условий происходит их осаждение. Значимые прямые корреляционные связи Co, Ni, Cr, Cu, Zn с ТОС и Mn могут указывать на то, что основным механизмом, регулирующим осаждение данных элементов в поверхностном слое осадков, является сорбция органическим веществом и оксигидроксидами Mn.

Таким образом, в поверхностном слое донных осадков метановых сипов отмечается обогащение молибдена, никеля и хрома. Главным механизмом, регулирующим осаждение этих элементов, вероятно, является сорбция оксигидроксидами марганца и органическим веществом, на что указывают значимые корреляционные связи. Обогащение поверхностных донных осадков одного из метановых сипов Ni, Cr и Mo, по-видимому, вызвано восходящей миграцией метанового флюида, который способствует транспорту растворенных элементов из нижних горизонтов. Резкая смена окислительно-восстановительного потенциала на границе «донные осадки-водная толща» приводит к осаждению отдельных элементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-1774.2021.1.5.

Литература

1. Kipp L.E., Charette M.A., Moore W.S., Henderson P.B., Rigor I.G. Increased fluxes of shelf-derived materials to the Central Arctic Ocean // *Science Advances*. – 2018. – Vol. 4. – eaao1302.
2. Hinrichs K.-U., Hayes J.M., Sylva S.P., Brewer P.G., DeLong E.F. Methane-consuming archaeobacteria in marine sediments // *Nature*. – 1999. – Vol. 398. – 802–805.
3. Hu Y., Feng D., Liang Q., Xia Z., Chen L., Chen D. Impact of anaerobic oxidation of methane on the geochemical cycle of redox-sensitive elements at cold-seep sites of the northern South China Sea // *Deep-Sea Research II*. – 2015. – Vol. 122. – P. 84–94.
4. Scholz F., Hensen C., Noffke A., Rohde A., Liebetrau V., Wallmann K. Early diagenesis of redox-sensitive trace metals in the Peru upwelling area – response to ENSO-related oxygen fluctuations in the water column // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2011. – Vol. 75. – 7257–7276.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ЗРЕЛОСТИ

Морозова Е.В., Сиразиева Р.М., Минсафин А.Р.

Научный руководитель профессор Морозов В.П.

Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

В последнее время нетрадиционные источники углеводородного сырья приобретают все большую значимость в топливно-энергетическом комплексе мира ввиду истощения традиционных запасов углеводородов. Изучение свойств, особенностей низкопроницаемых продуктивных толщ и вмещающего органического вещества весьма важно при прогнозе ресурсной базы страны и при учете технологических особенностей добычи и переработки добываемого сырья. Одним из таких нетрадиционных источников нефти являются доманиковые отложения, широко распространенные на территории Восточно-Европейской платформы и представляющие собой карбонатно-кремнисто-глинистые породы, обогащенные органическим веществом [1]. Содержание органического углерода (ТОС, %) в доманиковых толщах обычно больше 5 % [4].

В данной работе приведена сравнительная характеристика органического вещества доманиковых отложений семилукского горизонта Южно-Татарского свода и Кутулукского месторождения, расположенного в Оренбургской

области, для которых глубина захоронения продуктивных горизонтов составляет 1633...1850 м и 2800...3100 м, соответственно.

Генерационные характеристики, зрелость нефтематеринских толщ оценивались с помощью пиролизической установки EGA/PY-3030D на базе хроматографа Agilent 7890B и масс-селективного детектора Agilent 5977B.

Для более детального изучения органического вещества, а также для оценки битумонасыщенности образцов доманиковых отложений была проведена хлороформенная экстракция доманиковых отложений в аппарате Сокслета. Выделенные битумоиды были подвергнуты SARA-анализу с выделением насыщенных, ароматических углеводородов, смол и асфальтенов.

При помощи газового хроматомасс-спектрометра Хроматэк-Кристалл 5000 с масс-селективным детектором ISQ Thermo произведен биомаркерный анализ насыщенной и ароматической фракций битумоидов.

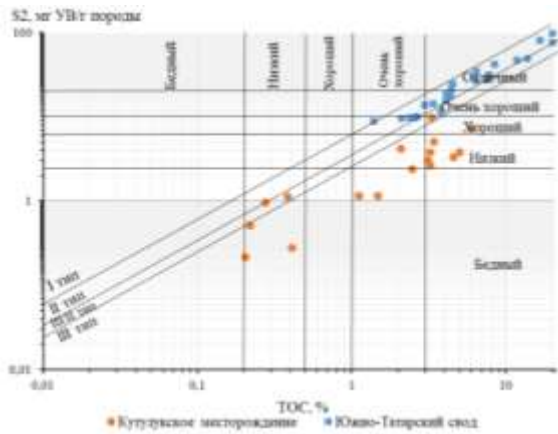


Рис. 1. Генерационный потенциал изучаемых толщ [5]

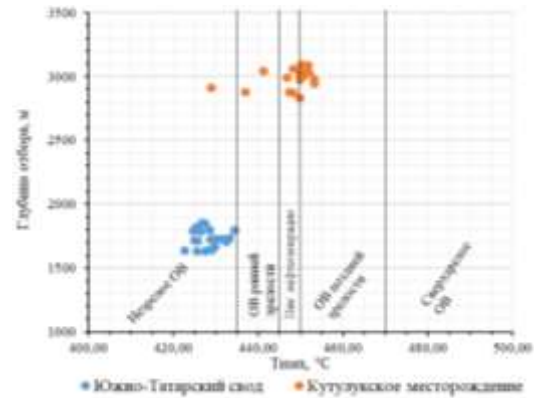


Рис. 2. Зрелость органического вещества в зависимости от глубины залегания

По результатам пиролизических исследований доманиковые отложения семилукского горизонта Южно-Татарского свода имеют очень хороший генерационный потенциал (S_2 , мг УВ/ г породы); продуктивные толщ Кутулукского месторождения обладают от бедного, до очень хорошего генерационным потенциалом [5] (рис. 1). Содержание органического углерода варьируется от 1,39 % до 20,1 % и от 0,21 % до 6 % в образцах Южно-Татарского свода и доманикитах Кутулукского месторождения, соответственно.

По полученным значениям температур максимума выходы углеводородов в пике S_2 (T_{max} , °C) органическое вещество доманиковых отложений Татарстана незрелое, находится на стадии ранней зрелости, что отвечает градации катагенеза ПК3-МК1. Большая часть доманиковых отложений Оренбургской области находится на стадии окна нефтегенерации и частично являются перезрелыми с точки зрения генерации нефтяных углеводородов [2] (рис. 2).

Как было указано выше, образцы, залегающие на глубине около 3 км, имеют относительно низкое значение генерационного потенциала, что обусловлено его частичной реализацией ввиду достаточной зрелости ОВ. Согласно диаграмме Ван-Кревелена (рис. 3), кероген нефтематеринских толщ Южно-Татарского свода относится ко II типу, что свидетельствует о сапропелевой природе органического вещества. Вероятно, ввиду частичной утраты нефтяных углеводородов кероген доманикитов Кутулукского месторождения принадлежит к III/II и III типам.

По данным SARA-анализа содержание насыщенной фракции хлороформенного битумоида варьируется в диапазоне 1,8...16,3 % и 29,3...46,9 %, доля смолисто-асфальтеновых компонентов не превышает 93,9 % и 57,9 % в образцах Татарстана и Оренбургской области, соответственно. Подобное соотношение указанных компонентов обусловлено катагенетической зрелостью доманикитов Кутулукского месторождения и отражается на качестве добываемых углеводородов. Доля ароматических соединений примерно одинакова для изучаемых территорий.

Хроматографическое разделение насыщенной и ароматической фракций битумоидов позволило идентифицировать ряд алканов, стеранов, гопанов, нафталин и его гомологи, фенантрен и его гомологи, метилдibenзотиофены как в образцах Южно-Татарского свода, так и Кутулукского месторождения. Среди n-алканов наибольшая интенсивность зафиксирована для соединений состава C_{17} - C_{22} ; соотношение $Pr/Ph < 1$, что характеризует восстановительную

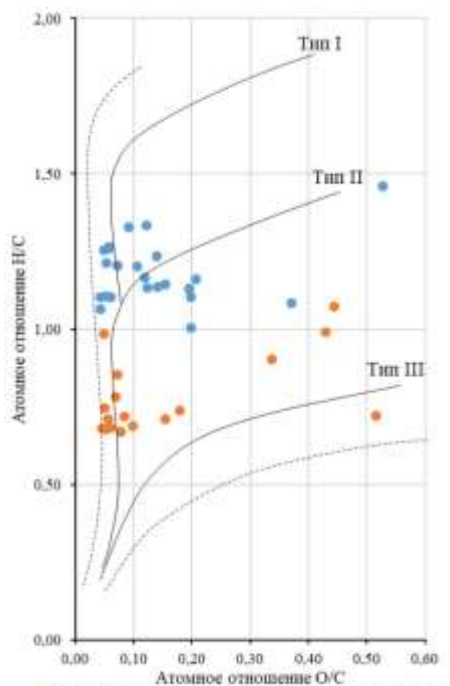


Рис. 3. Диаграмма Ван-Кревелена [3]

морскую обстановку формирования осадка [7]. Соответственно, исходное органическое вещество имело сапропелевую природу.

В пользу большей степени зрелости органического вещества Оренбургских доманикитов выступают также биомаркерные соотношения 4-МДБТ/1МДБТ, МР1-1, стерановые коэффициенты (29S/29S+29R; 29abb(S+R)/29R) [6]. Более зрелые доманиковые отложения, находящиеся на стадии нефтяного окна, способны генерировать более легкие по составу углеводороды, по сравнению с толщами Татарстана. Данное обстоятельство, вероятно, обусловлено разными температурными режимами преобразования осадков данных территорий, что сказалось как на составе, так и на свойствах соответствующих нефтей.

Литература

1. Ананьев В.В. Прогнозная оценка ресурсной базы мендим-доманиковых отложений как основного источника углеводородного сырья центральных районов Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Геология нефти и газа. – 2007. – № 1. – С. 32-38.
2. Геология и геохимия нефти и газа: Учебник / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. – М.: Издательство Московского университета; Издательский центр «Академия», 2004. – 415 с.
3. Волков В.А., Олейник Е.В., Оксенойд Е.Е., Солопахина Л.А. К вопросу о типе органического вещества пород баженовской свиты // Вестник недропользователя Ханты-Мансийского автономного округа. – 2016. – № 28. – С. 3–18.
4. Киселева Н.Л., Цветков Д.Л., Цветков Л.Д. Нефтегазоматеринские сланцевые толщи мира. – Ярославль: Изд-во Аверс Плюс, 2015. – 492 с.
5. Тиссо Б., Д. Вельте Образование и распространение нефти – М.: Мир, 1981. – 504 с.
6. Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В., Фадеева Н.П., Крылов О.В., Наумчев Ю.В. Геохимия углеводородов Терско-Каспийского прогиба // Георесурсы. – 2017. – Спецвыпуск. Ч. 2. – С. 227–239.
7. Peters K.E., Walters C.C., Moldovan J.M. The Biomarker Guide: II. Biomarkers and isotopes in petroleum systems and earth history. – Cambridge University Press, 2004. – 704 pp.

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА УЛЬТРАОСНОВНЫХ ЛАМПРОФИРОВ ЗИМИНСКОГО ЩЕЛОЧНО УЛЬТРАОСНОВНОГО КАРБОНАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА (ВОСТОЧНО-САЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Нугуманова Я.Н.

Научный руководитель Дорошкевич А.Г.

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Кимберлиты и ультраосновные лампрофиры несут важную информацию о строении и составе мантии. Становление пород сопровождается активностью позднестадийных флюидов, что приводит к гидротермальному преобразованию силикатных минералов. Это затрудняет использование традиционных геохимических методов для классификации и для определения состава их родоначальной магмы. Поэтому детальное изучение состава минералов основной массы позволит получить важную информацию об условиях генерации и эволюции расплавов и позволит расклассифицировать данный класс пород.

В Восточно-Саянской области выделяют 3 стадии кимберлитового магматизма: ~1200 млн. лет (кимберлиты ингашинского комплекса), ~ 645-630 млн. лет (оранжеиты, ультраосновные лампрофиры зиминского комплекса), девон ~ 370 млн. лет (лампроиты) [1, 2]. Нами были изучены ультраосновные лампрофиры из даек зиминского комплекса Восточно-Саянской области.

Изученные образцы пород обладают порфирированной структурой, массивной текстурой. Состоят из фенокристов оливина (0,3-1,5 мм) и полностью раскристаллизованной среднезернистой основной массы. Содержание фенокристов варьирует в пределах 40-50 обр. %. Оливин полностью замещается тальком. Основная масса представлена чешуйками флогопита (25 обр. %), шпинелидами (до 10 обр. %), апатитом (до 5 обр. %), доломитом и хлоритом.

Минералы группы шпинели широко распространены в основной массе изученных пород. Размер зерен варьирует в пределах 20-200 мкм. Характерны идиоморфные, субидiomорфные кристаллы (рис.1). Все зерна шпинелидов зональные. Ядро кристаллов шпинелидов в основном представлено хромитом с содержанием Cr₂O₃ (46,89 – 40,11 масс. %), Al₂O₃ (10,77 – 12,11 масс. %), TiO₂ (3,4 – 4,6 масс. %), MgO (12,02-13,74 масс. %). Хромитовые ядра обрастают хромистыми магнетитами с содержанием Cr₂O₃ (27,72 – 21,35 масс. %), Al₂O₃ (9,45 – 10,16 масс. %), TiO₂ (6,14 – 10,25 масс. %), MgO (0,34-0,00 масс. %). Изученные шпинелиды образуют «титаномангнетитовый тренд» [2] и имеют Cr/(Cr + Al) < 0,85 (0,74).

Флогопит в изученных породах представлен зональными кристаллами и широко распространен в основной массе (рис.1;2). Размер зерен варьирует в пределах 50-200 мкм. Ядра кристаллов сложены высокоглиноземистыми флогопитами с содержанием Al₂O₃ (17,72 – 15,97 масс. %), TiO₂ (3,47 – 3,23 масс. %), FeO (8,68 - 7,31 масс. %), BaO (1,50-0,48 масс. %) (Phl-1). Высокоглиноземистые флогопиты окружены флогопитами с более низким содержанием Al₂O₃ (15,95 – 14,20 масс. %) и более высоким содержанием MgO (21,65-22,34 масс. %) (Phl-2). Phl-2 имеет кайму из высокомагнезиального флогопита с содержанием Al₂O₃ (13,11 – 10,86 масс. %), TiO₂ (0,76 – 0,59 масс. %), FeO (6,17 - 6,90 масс. %), BaO (0,096-0,085 масс. %) (Phl-3). Phl-3 окружены тонкой каймой из тетраферрифлогопита с содержанием Al₂O₃ (5,76 – 1,90 масс. %), TiO₂ (0,095 – 0,58 масс. %), FeO (11,84 - 15,71 масс. %), BaO (0,15-0,05 масс. %) (Phl-4).

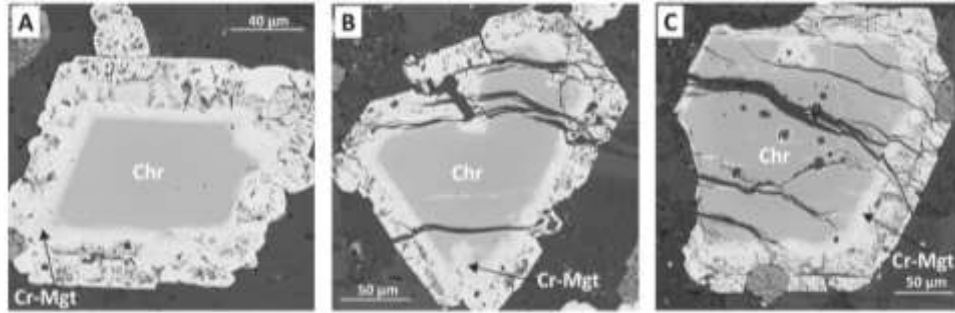


Рис. 1. BSE-изображения для шпинелидов из ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса

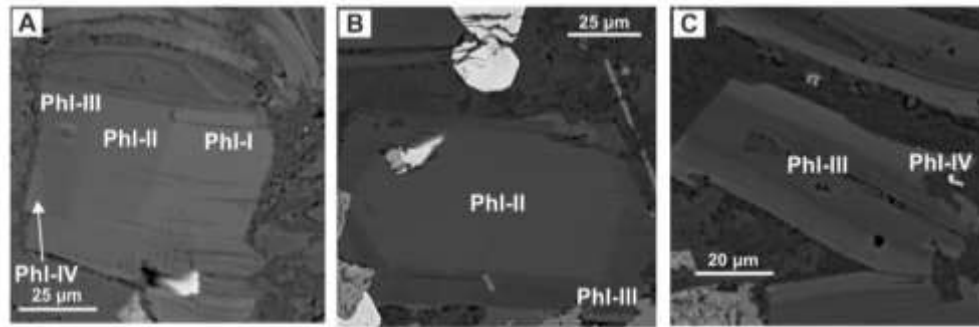


Рис. 2. BSE – изображения для флогопитов из ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса

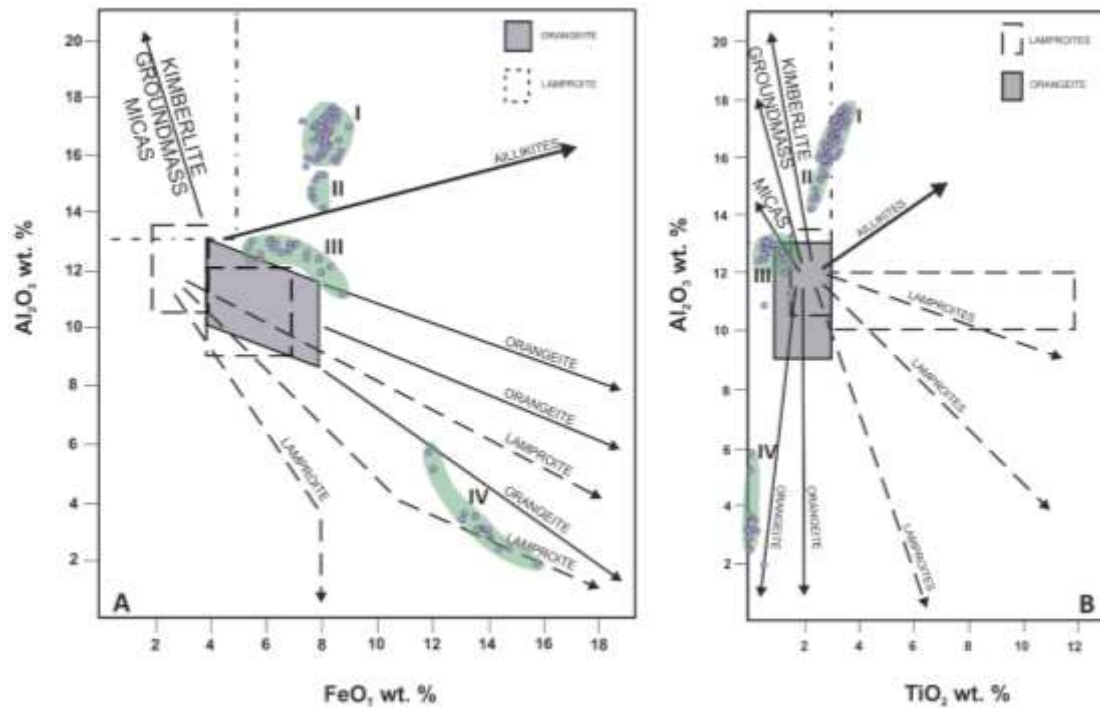


Рис. 3. Диаграммы Fe vs Al, Ti vs Al для флогопитов из ультраосновных лампрофиров зиминского комплекса, тренды эволюции по [2]

Апатиты представлены идиоморфными губчатыми кристаллами, размером 50...200 мкм. По составу зерна гомогенные и нами были идентифицированы как гидрокси-фторапатиты (по [4]), с содержанием F от 2,0 до 3,2 масс. %). Апатиты имеют содержание SrO₂ от 0,25 до 0,5 масс. % и имеют низкое содержание РЗЭ (до 0,5 масс.%).

Обсуждение и выводы. Изученные ультраосновные лампрофиры по текстурным особенностям и минеральному составу практически не отличаются. Первичные хромиты имеют отношение Cr / (Cr + Al) < 0,85. Состав шпинелидов с высоким отношением Cr / (Cr + Al) > 0,85 считается характерным для кимберлитов, оранжеитов и лампроитов. А шпинелиды с Cr / (Cr + Al) < 0,85 характерны для ультраосновных лампрофиров, базальтоидов,

мелилитоидов (включая альнэиты) и минетт [2]. Флогопит в изученных породах показывает изменение состава от высокоглиноземистых флогопитов до тетраферрифлогопита, что характерно для тренда эволюции состава флогопитов из оранжейтов (см. рис. 2).

Изученные породы зиминского комплекса сложно назвать оранжейтами, из-за отсутствия высокохромистых хромитов и высокостронциевых апатитов, не смотря на наличие «оранжейтового» флогопита. Отсутствие мелилита не позволяет идентифицировать породу как альнэит. Поэтому по текстурным особенностям и особенностям состава минералов основной массы мы определили изученные породы как айлликиты.

Исследования проводились за счет средств гранта РФФИ 19-17-00019.

Литература

1. Egorov K.N., Kiselev A.I., Men'Shagin Y.V., Minaeva Y.A. Lamproite and Kimberlite of the Sayany Area: Composition, Sources, and Diamond Potential // *Doklady Earth Sciences*. – 2010. – V.435 (2). – P. 1670 – 1675
2. Mitchell R.H., 1995. Kimberlites, Orangeites and Related Rocks. New York: Plenum Press, 410 p.
3. Savel'eva V.B., Danilova Yu.V., Bazarova E.P., Danilov B.S. Kimberlite-like rocks of the Urik-iya graben, Eastern Sayan region: mineral composition, geochemistry and formation conditions // *GEODYNAMICS & TECTONOPHYSICS*. – 2020. – V.11 (4). – P. 678 – 696
4. Wopenka Brigitte, Pasteris Jill D. A mineralogical perspective on the apatite in bone // *Materials Science and Engineering*. – 2005. – P. 131 – 143

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ПОРОД ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УЧАСТКА X ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сафарова В.И., Кузнецова А.В.

Научный руководитель старший преподаватель Галинский К.А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Интерес геологического научного и производственного сообщества к феномену баженовской свиты Западной Сибири возник в конце 60-х годов прошлого столетия после получения на Салымском месторождении высокодебитных притоков нефти из этих отложений. Исследования были проведены в пределах западной части Ханты-Мансийского АО-Югры. Расчеты выполнены по 342 пробам в 23 скважинах.

Целью нашего исследования является реконструкция и восстановление условий осадконакопления пород верхнеюрского нефтегазоносного комплекса на основе данных рентгеноспектрального, флуоресцентного анализа с использованием литохимических и геохимических методов.

Задачи:

Изучение литературы по данному вопросу;

Построение графиков изменения литохимических модулей в зависимости от расположения скважин вдоль двух профилей, проходящих через разные тектонические структуры (меридионального простирания) на основе данных этих анализов.

Построение корреляционных матриц для выявления последующих возможных зависимостей (связей) между различными литохимическими модулями.

Реконструкция условий осадконакопления пород верхнеюрского НГК ЗС на основе проведенных расчетов и выявленных зависимостей.

В настоящее время одним из наиболее эффективных методов восстановления условий осадконакопления пород является использование результатов лабораторных исследований, включая данные рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. Результаты исследований могут способствовать обоснованию дальнейших геологоразведочных работ в районе. Используемая методика расчета литохимических модулей предложена Масловым А.В., и впервые применена для отложений данного района.

Рентгено-флуоресцентный анализ - один из методов рентгеноспектрального анализа, основанных на взаимодействии рентгеновского излучения с анализируемым веществом [2]. Применение при исследовании терригенных пород системы литохимических модулей дает возможность более точно проводить их классификацию, реконструировать состав и особенности преобразования пород в источниках сноса, расшифровывать физико-химические и геодинамические особенности обстановок осадконакопления [1].

В результате проведенных исследований были рассчитаны литохимические модули по имеющимся пробам, проведена их классификация по методике А.В. Маслова и прослежены следующие закономерности состава отложений, и, как следствие, условий их накопления:

Гидролизатный модуль принимает значения от 0,154 до 0,682. Данные значения соответствуют глинистым породам и глинистым силицитам.

Алюмокремнистый модуль варьируется от 0,071 до 0,294, что соответствует породам разного литологического состава. Эти данные не учитываются в нашей работе, так как алюмокремниевый модуль является менее универсальным (сфера применения АМ весьма ограничена), чем гидролизатный модуль и не в полной мере отражает действительность.

Фемический модуль изменяется от 0,097 до 0,654. Следовательно, исследуемые отложения являются петро- и перогенными. Можно сделать предположение, что вулканический пепел был привнесен в морскую обстановку с суши.

Титановый модуль принимает значения от 0,048 до 0,107. Распределение значений ТМ представлены в таблице.

Таблица

Классификация по ТМ

Пелагическая обстановка		Прибрежно-морская обстановка	
Аридный климат	Гумидный климат	Аридный климат	Гумидный климат
Татъеганская 29, Восточно-Каменная 624, Галяновская 3, Турумеевская 1, Молодежная 3, Молодежная 4, Восточно-Янлотская 3	Северо-Апрельская 11, Галяновская 18, Унлорская 20, Западно-Унлорская 8, Западно-Унлорская 307, Сынъеганская 2, Верхне-Назымская 223, Селияровская 81, Западно-Фроловская 61	Итъяхская 305	Западно-Емангальская 97, Нялинская 32, Восточно-Янлотская 1, Западно-Ташинская 10, Ташинская 4, Лисорская 42

Из анализа таблицы можно сделать вывод о том, в северо-западной части района была пелагическая обстановка осадконакопления, а южно-восточная часть территории образовывалась преимущественно в мелководных, прибрежно-морских условиях.

Значения натриевого модуля для всех скважин схожи и соответствуют обычным терригенным породам.

Общая нормативная щелочность – нормальная по всем скважинам, так как образование пород происходило не в континентальной обстановке, поэтому не было интенсивных окислительных процессов.

Железный модуль варьируется от 0,434 до 1,932, что соответствует нормальной, повышенной и высокой железистости. Это проявляется в виде пиритовых стяжений в ядрах этих скважин.

Исходя из проведенного анализа расчетов литохимических модулей для отложений баженовско-абалакского НГК можно сделать вывод, что совокупность данных указывает на морские и прибрежно-морские условия осадконакопления.

По данным, полученным из расчетов литохимических модулей, были построены корреляционные матрицы для каждого профиля. По коэффициенту корреляции была определена сила связи между модулями:

По корреляционным матрицам для профилей 1 и 2 наблюдается 3 вида связей: прямая (сплошная линия), обратная (пунктирная линия) и тот случай, при котором связь отсутствует. Эти связи представлены на рисунке.

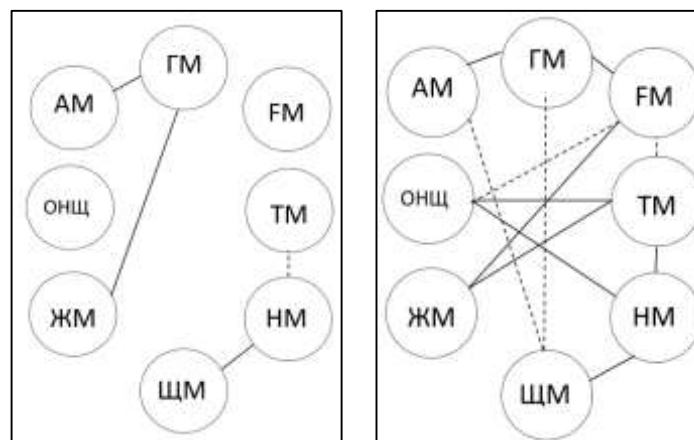


Рис. Корреляционные связи литохимических модулей для профилей 1 и 2

Выявление корреляционных связей позволяет проследить зависимости одних литохимических модулей от других с целью использования в будущих исследованиях данного района. Позитивная корреляция величины железного с титановым и фемическим модулями свойственна петрогенным породам, так как данная корреляция отражает «эндогенную» связь в триаде Fe-Ti-Mg. Также наблюдается монотонное убывание значений титанового модуля от 0,100 до 0,048, что является фактором динамической сортировки и служит косвенным указанием на их гумидную природу [3].

Литература

1. Маслов А.В. Осадочные породы методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
2. Соболев В.И. Качественный рентгено-флуоресцентный анализ: методические указания к выполнению лабораторных работ. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 18 с.
3. Юдович Я. Э., Кетрнс М. П. Основы литохимии. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.

**ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКОЛУРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ
И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОЕ
(ЭЛЬКОНСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН, ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)**

Цыпленко М.М.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Эльконский урановорудный район располагается на юге Республики Саха (Якутия) представляет собой обособленный горный массив, в пределах которого сосредоточено более половины российских запасов урана [1].

Район уникален как количественными характеристиками запасов полезных ископаемых (U, Au, Ag, Mo и т.д.), так и качественными особенностями эволюции структур и гидротермально-метасоматических процессов. Примечательным является пространственно-генетическое наследование протерозойских структур и пород мезозойскими породами. Так, в ходе тектономагматической активизации Алданского щита, в результате подновления древних разломов, были образованы многокилометровые шовные зоны, заключающие в себе золотоурановое оруденение. Некоторые из подобных структур лишь частично наследуют реликтовые структуры криптозоя, но также вмещают оруденение, связанное с щелочными метасоматитами [5].

Элькониты, родственные по составу описанным на Урале Д.С. Коржинским гумбеитам, представляют собой продукты щелочного метасоматоза со значительным выносом кремнезёма и привносом калия. Зачастую в литературе можно встретить и термин «эльконские гумбеиты» или «гумбеиты эльконского и рябинового типов», а также выделение потенциально ураноносных районов, основанное на развитии «гумбеитов», но данные понятия принципиально разнятся.

В процессе образования обеих формаций происходит активная калишпатизация и кальцитизация, однако в ряде критериев они отличаются: метасоматиты глубинных разломов относятся к более низким температурам (до 220°C), характеризуются более высоким средним водородным показателем. Формации развиты по кислым породам и продуктам метаморфизма, но имеют различную рудную специализацию: гумбеиты – вольфрамовую, молибденовую, изредка золотую, а элькониты, как уже было упомянуто, золотоурановую с молибденовой (месторождение Минеевское).

Пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (элькониты), широко проявленные в породах, подверженных многоэтапной тектонической проработки, являются основными рудовмещающими элементами шовных зон. Процесс эльконитизации проявлен неравномерно вдоль основных и оперяющих разломов зоны. Интенсивность метасоматоза зависит, в основном, от степени дезинтеграции пород: микробрекчии имеют наименьшее количество исходных минералов, затем катаклазиты и так далее.

Метасоматическая переработка протолитов начинается с замещения карбонатами и золотосодержащим мельниковитом темноцветных минералов и гематита. Синхронно на месте полевых шпатов образуется агрегат калиевых полевых шпатов бурого оттенка (рис. 1.).

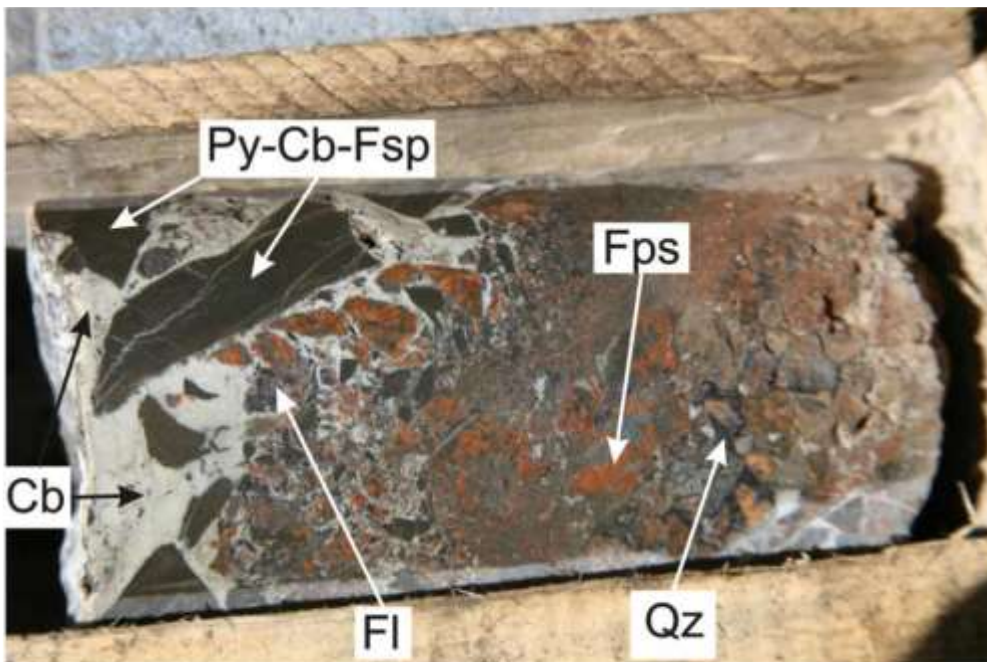


Рис. 1. Брекчия эльконитов (Cb – карбонаты, Py-Cb-Fsp – пирит-карбонат-калишпатовая ассоциация, Fps – окисленный калишпат, Fl – флюорит, Qz – морион [5])

Стоит отметить, что во внешних зонах метасоматических колонок, как по амфиболитам, так и по гранито-гнейсам присутствуют альбит-серицитовые ассоциации, которые являются обрамляющими для многих рудных тел месторождения. Соотношения минералов в конечном продукте метасоматоза несколько разнятся: в метасоматитах по амфиболитам образуется вдвое меньше адуляра и существенно больше калишпата и карбонатов, нежели в эльконитах, протолитами которого были гранито-гнейсы. Отличительной особенностью эльконитов является то, что в полнопроявленных ассоциациях кварц полностью растворяется.

В мезозойском этапе пирит-карбонат-калишпатовой стадии насчитывается три основных разновидности минеральных ассоциаций: пирит-карбонатная, пирит-карбонат-калишпатовая, пирит-кальцит-гематит калишпатовая. Наиболее распространённой из них является вторая, которая представлена метасоматитами серого и тёмно-серого цвета с пятнистым и мелкоглазковым калишпатом с каймами адуляра (рис. 2).

Также на месторождении Северное широко развита пирит-кальцит-гематит-калишпатовая ассоциация, представленная красно-бурыми метасоматитами, в которых интенсивно развиты прозрачный адуляр, бурый калишпат и тонко-мелкозернистый гематит, обуславливающий их окраску.

В контуре развития эльконитов наблюдаются кварцевые, кальцит-кварцевые, кальцит-флюоритовые, адуляр-кварцевые, пирит-карбонатные, ангидритовые и гипсовые прожилки и гнезда, секущие зоны развития.

Во всех ассоциациях данной стадии отмечаются проявления золота (в виде тонкодисперсного мельниковита и в свободном самородном виде) и серебра (в виде включений в сульфиды и в собственных минералах).



Рис. 2. Слабоокисленный пирит-карбонат-калишпатовый метасоматит штокеркового типа (содержание Au – 1,9 г/т)

С пирит-карбонат-калишпатовой стадией связаны также пирит-карбонатные брекчии, наследующие как морфологию зон метасоматоза, так и их состав. Цемент карбонатный, с примесью адуляра, пирита и анатаза.

В более позднюю, браннеритовую стадию [4], по прожилкам пирит-карбонатного состава в виде цемента образуется главный урановый минерал месторождения. Он цементирует обломки метасоматитов, иногда образуя мономинеральные агрегаты с игольчатыми формами выделения.

Несмотря на то, что сплошное кондиционное золото-урановое оруденение находится на глубинах около трёхсот метров, в данный момент времени в приповерхностных частях месторождения известны несколько более бедные руды, связанные так же с эльконитами, претерпевшими гипергенное перераспределение вещества. Такие руды считаются пригодными для отработки методом кучного выщелачивания и характеризуются постепенным снижением содержания урана и повышением содержаний золота и серебра, поэтому они подразделены на соответствующие технологические сорта по степени гипергенного окисления и содержания полезных компонентов.

Важное значение в изучении строения месторождения и определения глубин развития зоны окисления играет лимонитизация, однако достоверной корреляции развития лимонитизации и конкретных отношений первичных и гипергенных минералов пока не установлено.

Литература

1. Бойцов В.Е. и др. Металлогеническое районирование Центрально-Алданского рудного района республики Саха (Якутия) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2010. – №. 5. – С. 23–32.
2. Верчеба А.А. и др. Особенности минерального состава и локализации золотоурановых руд зоны «Южная» (Эльконский горст, Якутия) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2011. – №. 4. – С. 24–29.
3. Зайченко А.П., Домаренко В.А. Особенности строения рудовмещающей структуры комплексного золото-уранового месторождения Северное (Эльконский рудный район, Южная Якутия) // Разведка и охрана недр. – 2015. – №. 7. – С. 7–11.
4. Зайченко А.П., Домаренко В.А., Перегудина Е.В. Внутреннее строение рудовмещающей структуры комплексного золото-уранового месторождения «Северное» (Эльконский урановорудный район) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – №. 9. – С. 78–86.
5. Терехов А.В. и др. Два типа рудоносных гумбеитов Эльконского золото-урановорудного узла (Южная Якутия) // Региональная геология и металлогения. – 2014. – №. 60. – С. 71–86.

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕШЕНИТОВ ЧИБИЖЕКСКОГО МАССИВА
(КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)**

Черкашин И.А.

Научный руководитель профессор Чернышов А.И.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В работе приводятся результаты петрографического изучения монцонитовых тешенитов Чибихежского массива, расположенного в Северо-Минусинском прогибе на восточном склоне Кузнецкого Алатау. Массив приурочен к одному из разломов, рассекающего Копьевское антиклинальное поднятие [1].

Цель работы заключается в детальном петрографическом исследовании монцонитовых тешенитов и изучении особенностей их минералогического состава. Исследуемые породы являются довольно редкими щелочными габброидами. Они были обнаружены только в одном Чибихежском массиве и, несомненно, представляют петрографический интерес.

Макроскопически исследуемые породы пёстрого цвета с розовато-серой основной массой, на фоне которой выделяются длиннопризматические зёрна темноцветных минералов. Структура среднезернистая, текстура массивная. Под микроскопом отчётливо проявляется офитовая структура. Количественно-минералогический состав: плагиоклаз ~ 35 %, калишпат ~ 20 %, анальцит ~ 10 %, баркевикит ~ 25 %, титан-авгит ~ 10 % (рис. 1). Отмечаются рудные минералы и эгирин-авгит. Вторичные минералы: серицит, пелит, альбит.

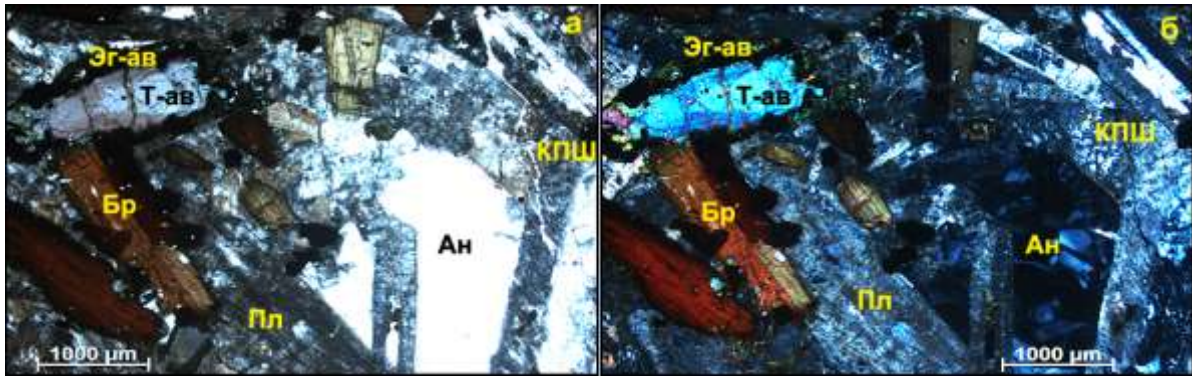


Рис. Титан-авгит-баркевикитовый тешенит. Структура офитовая.

Бр – баркевикит, Т-ав – титан-авгит, Эг-ав – эгирин-авгит, Пл – плагиоклаз, Ан – анальцит, КПШ – калиевый полевой шпат. Николи: а) при одном, б) при скрещенных

Плагиоклаз образует длиннопризматические зёрна по длине до 5 мм. Краевые части часто замещаются серицитом и пелитом, которые приобретают буровато-серую окраску. Центральные части замещаются бесцветным прозрачным альбитом.

Баркевикит образует удлинённые призматические зерна с отчетливо выраженным плеохроизмом от красно-бурого до светло-коричневого цвета. Характерны яркие цвета интерференции. Углы погасания до 15°. В зёрнах часто отмечаются простые двойники.

Титан-авгит. Зёрна имеют таблитчатую и призматическую форму по длине до 2 мм. Для них характерна розовато-фиолетовая окраска. Характерны высокие цвета интерференции и большие углы погасания до 40°. Иногда в зёрнах отмечаются фигуры песочных часов. По периферии зёрен титан-авгита отмечаются венцовые каёмки эгирин-авгита тёмно-зелёного цвета. Эгирин-авгит также образует самостоятельные, таблитчатые и призматические зёрна зелёного цвета с яркими цветами интерференции с погасанием до 35°.

Калиевый полевой шпат наблюдается в виде зёрен ксеноморфной формы, выполняющих промежутки между главными минералами. Зёрна имеют буровато-серую окраску вследствие замещения пелитом. Для КПШ характерно пертитовое строение. В отдельных участках отмечаются венцовые каёмки КПШ вокруг зёрен плагиоклаза.

Анальцит представлен зёрнами с отчетливо выраженной ксеноморфной, угловатой формой по отношению к другим минералам. Он выделяется бесцветным, прозрачным обликом и отрицательным рельефом. В скрещенных николях он оптически аномальный, для него характерны очень низкие цвета интерференции и субблоковое погасание.

Рудные минералы наблюдаются в виде рассеянной вкрапленности чёрных зёрен с размерами менее 0,5 мм. Обычно они тесно ассоциируются с зёрнами баркевикита.

Литература

1. Лучицкий И.В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. – М.: Издательство Академии наук СССР. – 1960. – 276 стр.

**ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАННЕМЕЛОВЫХ ГРАНИТОИДОВ ПЛАТО УЛЛЫН
(ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Якимов Т.С.

Научный руководитель профессор Обжиров А.И.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Плато Уллын в российской литературе упоминается как возвышенность Криштофовича [1, 3]. Возвышенность находится в южной части Япономорского региона вблизи Восточно-Корейской возвышенности, где отделена трогом Усан, а на северо-востоке плато плавной перетекает в Японскую глубоководную котловину, а на юге в Цусимскую. Плато представляет собой позднеархейский-раннепротерозойский метаморфический комплекс с прорванными раннемеловыми гранитоидами и перекрытые вулканитами позднеолигоцен-раннемиоценового возраста. Гранитоиды плато Уллын имеют возраст 100-110 млн. лет [2] и представлены тремя типами пород: ортоклазовые, микроклиновые биотитовые граниты и гранит-порфиры.

Микроклиновые и ортоклазовые биотитовые граниты отличаются только наличием или отсутствием какого-либо из двух калиевых полевых шпатов.

Граниты характеризуются в основном гранитовой структурой, участками пойкилитовой, катакlastической и гранобластовой. Количественный минеральный состав: кварц – 20...30 %; плагиоклаз – 25...35 %; калиевый полевой шпат (КПШ) – 20...30 %; биотит – 10...12 %; амфибол – 5...7 %.

Кварц образует неравномерно распределенные скопления ксеноморфных зерен размером 0,3...0,5 мм (реже больше 1 мм) зачастую с волнистым погасанием. Также устанавливается регенерационный кварц в зонах катаклаза первой фазы (0,5...3 мм). Содержание кварца возрастает пропорционально степени катаклаза. Наблюдаются четыре морфологические разновидности: крупные (1...3 мм) и средние (0,2...0,8 мм), мелкие (0,02...0,1 мм) округлой формы вроски в калиевом полевом шпате и плагиоклазе, тонкозернистый (0,02...0,04 мм) в зонах дроблений в межзерновом пространстве.

Ортоклаз в основном представлен таблитчатыми и неправильной формы зернами до 3...5 мм, иногда наблюдается сдвойникованные кристаллы. В отдельных шлифах отмечаются крупные (3...5 мм) таблитчатые зерна, содержащие альбит (размером 0,1...0,5 мм). Часто пелетизирован зачастую в процессе пертитового распада, нередко в результате образуются кристаллы с шахматной структурой. Нередко обрастают кристаллы плагиоклаза, а на границе сред образует реакционные каймы.

Микроклин представлен таблитчатыми или неправильной формы выделениями размером до 3...4 мм. В отдельных шлифах отмечаются крупные (3...4 мм) таблитчатые зерна нерешетчатого микроклина, содержащего мелкие участки (0,08 мм) с четко проявленным микроклиновым решетчатым эффектом, что может свидетельствовать о наличии двух генераций – более упорядоченного и менее упорядоченного. Где первый микроклин, вероятно, является более низкотемпературным, что может быть результатом автотасоматоза.

Плагиоклаз образует таблитчатые кристаллы (до 3 мм). Отмечается интенсивная серитизация и пелитизация не дающие возможности установить аортитовую компоненту, выраженную в номере плагиоклаза. Полевые шпаты образуют на периферии зерен реакционные каймы при реакциях между собой или с кварцем.

Биотит представлен удлиненными кристаллами до 5 мм, нередко хлоритизирован. Обособлен пространственно с амфиболом, часто в зонах катаклаза.

Роговая обманка является второстепенным минералом. Образует кристаллы до 3 мм, чаще чешуйки (0,1...0,4 мм) пространственно связанных с зонами катаклаза, так и скопления зерен с ориентировкой по трещинам. В нескольких шлифах присутствовал неизменный амфибол, формировавший как полисинтетические двойники, так и сростания. Наблюдаются скелетные кристаллы, заполненные кварцем или же альбитовой матрице. Эпидотизация амфиболов проявлена слабо. Отмечается лейкоксенизация амфибола. Титанистость амфибола, возможно, указывает на резкое остывание магмы.

Акцессорные минералы представлены апатитом, цирконом, пиритом. Пирит представляет собой рудную россыпь по трещинам. Циркон в виде короткопризматических кристаллов размером до 0,08 мм, редко встречаются с плеохроическими двориками. Апатит в виде прозрачных удлиненных и короткостолбчатых призматических зерен до 0,1 мм.

Гранит-порфиры плато Уллын имеет порфировую с микрографической структурой, участками катакlastическую и следующий минеральный состав: кварц – 30...40 %; ортоклаз – 40...45 %; плагиоклаз – 10...15 %; биотит – 3...5 %.

Кварц с ортоклазом образует микрографическую структуру, выраженную в округлых вросках. Ксеноморфные зерна имеют размер 0,8...2 мм. В зонах катаклаза закономерно увеличивается количество кварца. Встречаются 2 типа кварца: первый образующий микрографическую структуру (0,08...2 мм) и тонкозернистый материал в прожилках размером до 0,08 мм.

Ортоклаз чаще всего встречается в виде таблитчатых и изометричных кристаллов размером до 5 мм. Наблюдается повсеместно пертитовый распад. Повсеместно пелитизирован. Диагностирован по реликтам.

Плагиоклаз имеет таблитчатые кристаллы размером до 3 мм. Отмечается интенсивная серитизация и пелитизация не дающие возможности установить аортитовую компоненту, выраженную в номере плагиоклаза. Пластически деформирован на стадии кристаллизации.

Биотит второстепенен и размером 0,2...0,7 мм, редко хлоритизирован и эпидотизирован.

Акцессорные минералы: рутил и циркон. Циркон имеет облик дипирамидальный длиннопризматический реже, тетрагональный короткостолбчатый (размером 0,01...0,03 мм). В одном шлифе наблюдается сростание двух кристаллов под углами 124° и 56°. Рутил имеет две морфологические разновидности: игольчатые (0,02...0,06 мм) и столбчатые (размером 0,01...0,02 мм).

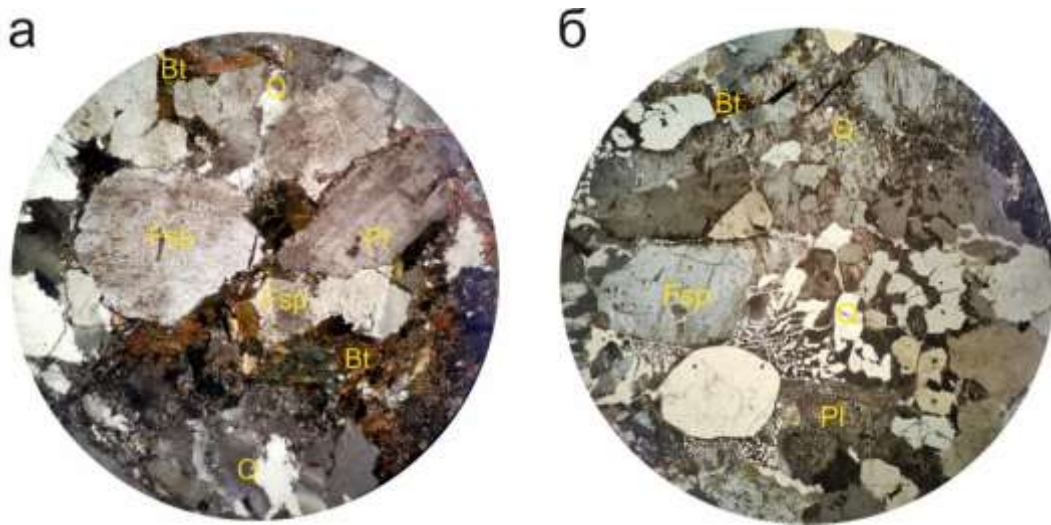


Рис. Шлифы биотитового гранита (а) и гранит-порфира (б) в скрещенных николях. Увеличение 4х. Q – кварц; Fsp – калиевый полевой шпат; Pl – плагиоклаз; Bt – биотит

В дополнение к петрографии был применен метод заключающийся в изучении призм циркона и сопоставлении их с типологической диаграммой J.P. Pupin [4]. Для гранитоидов плато Уллыны установлены несколько типов пирамид циркона с процентным содержанием: P1 – 60 %, P2 – 22 %, S9 – 8,75 %, P4 – 5,5 %, G1 – 3,75 %. Образование кристаллов циркона происходило в диапазоне температур 800...600° С, при повышенной щелочности I.A. = 700...500. Морфологически популяции цирконов гранитоидов плато Уллыны относятся к мантийно-коровому происхождению, т.е. кристаллизация происходила из высокотемпературных расплавов в гетерогенной среде при высоком индексе аспайтности I.A. P4 кристаллизовался при высокой температуре с высоким содержанием летучих компонентов I.T. = 600, вероятно, это указывает на заглублинии очага магмогенерации в процессе субдукции. Наличие S9 характеризуется как ксеногенный или реститовый. P1 является наиболее доминирующим морфотипом (60 %), не исключено, что при T = 650° С условия кристаллизации были равновесны. Стадия образования морфотипа G1 при температуре 600° С происходила быстро ввиду малого содержания (3.75 %). Температура кристаллизации породы по призме циркона определяется как 800...600° С, что коррелируется с двуполевошпатовым геотермометром 560...650° С [2].

Таким образом, для всех пород плато Уллыны характерно следующее:

- две фазы катаклаза первая на стадии кристаллизации, вторая на стадии становления гранитных массивов;
- сильная изменчивость структурно-текстурных особенностей;
- интенсивное проявление щелочного метасоматоза (пертитизация, окварцевание);
- реакционные взаимоотношения между полевыми шпатами или с кварцем;
- присутствие высокотемпературных морфологических типов цирконов P4;
- наличие Pn морфотипов характерных для I-типа гранитов;

Присутствие морфотипа P4 указывает на заглублиние очага магмогенерации в субдукции, вероятно, первая фаза катаклаза происходила во время взаимодействия океанической и континентальной коры, вторая фаза уже после становления магматического тела во время деструкции Азии. Необходимо отметить, что титанистый амфибол, возможно, образовался при резком остывании расплава, что, скорее всего, характерно и для образования морфотипа G1.

Литература

1. Геологическое строение западной части Японского моря и прилегающей суши / Под ред. Леликова Е.П. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 211 с.
2. Леликов Е.П., Маляренко А.Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана // Владивосток, Дальнаука. – 1994. – 268 с.
3. Цой И.Б., Карнаух В.Н., Е.П. Леликов Наименования подводных морфоструктур Японского моря история и современные проблемы // Океанология. – 2013. – Т. 53. – № 6. – С. 800. – DOI 10.7868/S0030157413060087.
4. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contrib. Mineral. Petrol. – 1980. – Vol. 73. – P. 207–220.

СЕКЦИЯ 3

ГЕОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, МИНЕРАГЕНИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОХИМИИ

Ворошилов В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Прикладная геохимия – это область геологических исследований, посвященная применению теоретических законов геохимии для решения задач прогнозирования, поисков, добычи и переработки полезных ископаемых, охраны окружающей среды, агропромышленной сферы и других отраслей человеческой деятельности. Поиски полезных ископаемых, безусловно, являются при этом главной задачей.

Важнейшие понятия прикладной геохимии, с которых начинается процесс прогнозирования и поисков полезного ископаемого – «геохимическое поле», «геохимическая аномалия», «геохимический фон». Согласно общепринятой концепции, при нормальном законе распределения фоновыми считаются содержания элемента, отличающиеся от среднего арифметического (вычисленного по выборке, не содержащей явных аномалий) не более чем на 3 стандартных отклонения (правило 3-х сигм). Наложённые процессы оруденения, проявившиеся на перспективных площадях, ожидаемо нарушают нормальность распределения содержания большинства химических элементов, делая его асимметричным, в большей степени соответствующим логарифмически нормальному (логнормальному) закону распределения. В соответствии с логнормальной моделью правило трех сигм преобразуется в выражение:

$$X_{\text{аном.}} > \bar{X} * \varepsilon^3$$

где $X_{\text{аном.}}$ – аномальное содержание элемента в пробе; \bar{X} – среднее геометрическое (фоновое) содержание элемента в выборке; ε – стандартный множитель.

Для m рядом расположенных аномальных точек уровень аномальности снижается, что позволяет избежать пропуска слабых аномалий, особенно при неблагоприятных ландшафтно-геохимических условиях:

$$X_{\text{аном.}} > \bar{X} * \varepsilon^{3/\sqrt{m}}$$

Любые поисковые работы подразумевают использование результатов всех ранее проведённых геохимических работ. Однако здесь возникает очень сложная проблема несопоставимости ретроспективных геохимических данных разных лет и, тем более, разных лабораторий. Практикуемые иногда способы пересчёта средних значений на единый для всех выборок уровень проблемы не решают, поскольку нестыковки касаются не только средних значений, но и законов распределения в массивах данных.

Нами предлагается способ пересчёта исходных результатов анализов в безразмерные уровни аномальности, позволяющие сравнивать интенсивность геохимических процессов в объектах близких иерархических уровней. Стандартизация данных незаменима также в случае, когда на площади поисков одновременно опробуется несколько разнородных субстратов (например, мох, мелкозём, сколки). В районах развития многолетней мерзлоты необходимость в этом возникает часто.

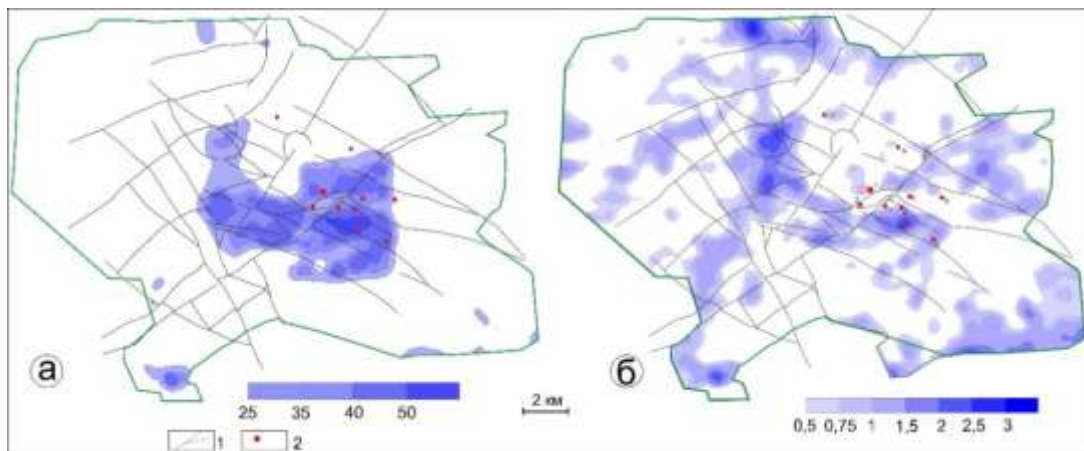


Рис. 1. Содержания Pb во вторичных ореолах Албазинского рудного узла: а – в г/т; б – в безразмерных уровнях аномальности; 1 – основные разрывные нарушения; 2 – золоторудные месторождения

Для логнормальной модели безразмерный показатель аномальности рассчитывается для каждой выборки по формуле:

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{X}{\bar{X}}\right)}{\ln(\varepsilon)}$$

Различие в содержании сводных геохимических карт при использовании традиционного способа построения изолиний содержаний элемента и предлагаемого нами метода геометризации уровней аномальности наглядно иллюстрирует рисунок 1.

На рисунке изображено распределение свинца во вторичных ореолах Албазинского золоторудного узла (Хабаровский край). Нетрудно заметить, что аномалии Pb в исходных единицах измерения повторяют, по сути, контуры геохимических работ соответствующих периодов, то есть, границы аномалий являются не природными, а лабораторными. Совершенно другую картину демонстрирует распределение уровней аномальности. В рудном поле аномалиями Pb отчетливо трассируются две системы рудоконтролирующих зон, к сопряжению которых приурочена кольцевая структура (палеокальдера), роль которой в размещении наиболее крупных месторождений рудного узла настойчиво подчеркивается геологами, изучающими этот объект [1].

Свинец в данном случае не является прямым признаком золотого оруденения, но его аномалии – важная часть многоуровневой структуры аномального (рудогенного) геохимического поля, сопровождающего формирование золоторудных месторождений. В настоящее время эмпирически установлено, что геохимические поля, сопровождающие гидротермальные рудные месторождения, являются многокомпонентными, иерархически построенными конструкциями, в которых золотое оруденение занимает вполне определенную позицию. Очень важной особенностью строения рудогенных геохимических полей является близкий состав их внешних зон, сложенных преимущественно сидерофильными элементами, вне зависимости от промышленно-генетического типа оруденения. Это однозначно указывает на заимствование указанной группы элементов из вмещающих пород и осаждении их на нисходящих ветвях конвективных гидротермальных систем. Иначе говоря, ассоциации сидерофильных элементов являются индикаторами внешних границ металлогенических таксонов различных рангов и могут использоваться для их оконтуривания.

Структурный метод существенно облегчает разбраковку многочисленных аномалий, выявляемых в процессе геохимических съемок, и позволяет выделить наиболее перспективные из них даже при идентичности продуктивности по основному элементу. Главной проблемой при использовании этого метода является правильная интерпретация внутреннего строения геохимического поля, учитывая пространственное совмещение аномальных структур различных иерархических уровней и существенный элемент субъективности при их геометризации. Объективности этой процедуры способствует комплексное применение методов математической обработки геохимической информации, которые можно объединить в 4 группы [2, 3]:

- выявление устойчивых ассоциаций элементов и анализ интенсивности их пространственного размещения (факторный, дискриминантный, регрессионный методы);
- выделение областей пространства со сходными геохимическими спектрами (кластер-анализ наблюдений, система «Геоскан» [4]);
- вычисление показателей общей интенсивности перераспределения химических элементов (энергия рудообразования, дисперсия геохимического спектра, ранговая дисперсия);
- вычисление коэффициентов зональности, опирающихся на идеи универсальной вертикальной геохимической зональности или центробежно-центростремительной дифференциации элементов в гидротермальном процессе.

Пример использования первых 2-х методов для расшифровки структуры геохимического поля приведен на рисунке 2. В разрезе через Таловское полиметаллическое месторождение (Рудный Алтай) показано размещение геохимических ассоциаций, выявленных факторным анализом, что можно интерпретировать как зональность и интенсивность отложения минеральных парагенезисов. Геоскан-модель, реализующая кластер-анализ наблюдений, иллюстрирует распределение продуктов этого процесса в плоскости разреза с выделением квазиоднородных областей со сходными геохимическими спектрами.

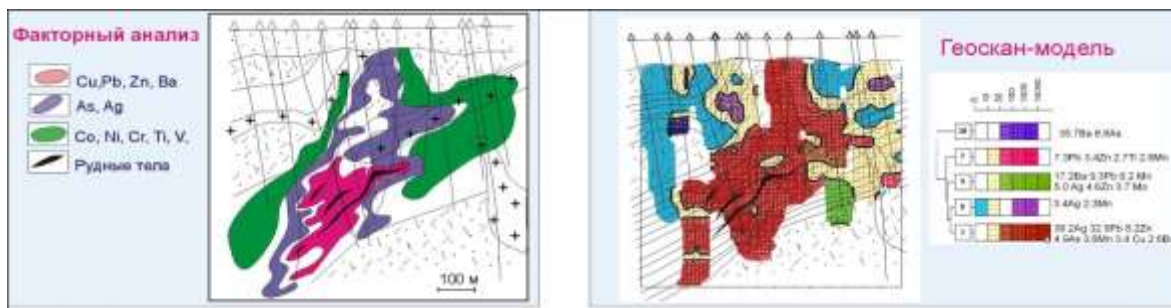


Рис. 2. Геохимическая зональность Таловского полиметаллического месторождения по данным факторного анализа и системы «Геоскан»

Состав геохимических спектров напрямую связан с количеством выделяемых классов проб, которое задается субъективно, поэтому содержательная интерпретация Геоскан-модели без данных о результатах факторного анализа представляется затруднительной, что позволяет считать оптимальным использование этих методов совместно.

Вычисление коэффициентов зональности и интенсивности для расшифровки структуры геохимического поля имеет в данном случае вспомогательное значение. Их цифровые значения могут применяться при исследовании зональности и уровня эрозионного среза новых объектов, но надо иметь в виду, что разрез – это лишь одно из множества возможных сечений геохимического поля. Классическая методика расчета коэффициентов зональности подразумевает детальное и объемное геохимическое картирование месторождения-эталона на нескольких гипсометрических уровнях, от подрудных до надрудных [5]. Такая процедура в большинстве случаев практически неосуществима, поскольку вряд ли найдется достаточное количество месторождений, где указанные горизонты одновременно и в полном объеме доступны для геохимического картирования.

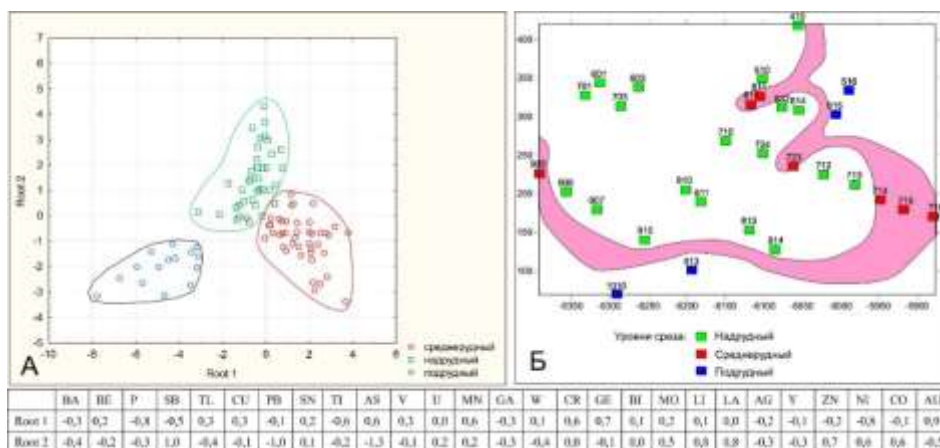


Рис. 3. Применение дискриминантного анализа для оценки уровня эрозионного среза оруденения: А – эталонные выборки в координатах многомерных канонических переменных (их состав указан в таблице); Б – геометризация выхода на поверхность рудного тела по результатам классификации проб из картировочных скважин

Для территорий, где геохимические эталоны месторождений не созданы, более оптимальным представляется другой подход. В процессе поисковых и оценочных работ появляется достаточно много пересечений первичных ореолов, относительно которых можно сделать вывод о принадлежности их к одному из 3-х уровней: подрудному, среднерудному или надрудному. Эти эталонные выборки могут быть использованы как обучающие в процедурах «распознавания образов» (дискриминантный анализ, искусственные нейронные сети и т.д.). После обучения программа может классифицировать массивы новых проб, относить их к одному из трех названных уровней, что для принятия решений в процессе поисковых и оценочных работ вполне достаточно. Эталоны могут пополняться перед началом каждого сеанса, что позволяет постоянно повышать надежность предсказания.

На рисунке 3 приведен пример использования дискриминантного анализа для оценки уровня эрозионного среза на одном из золоторудных месторождений Центрального Алдана. Полученные данные позволили оценить уровень эрозионного среза пологопадающего, сложного по морфологии рудного тела и геометризовать его выход на поверхность по результатам картировочного бурения.

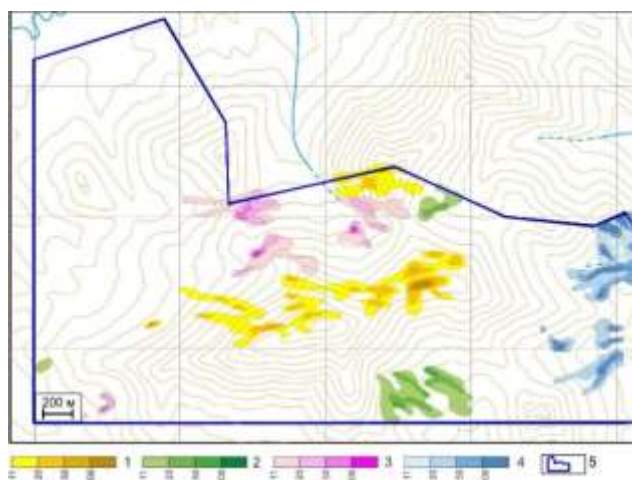


Рис. 4. Аномалии Au во вторичных ореолах золоторудного рудного поля; изолинии содержаний Au (мг/т) во вторичных ореолах, связанных: 1 – с золото-скарновым оруденением; 2 – с зонами пропилитизации; 3 – с жильным золото-редкометалльным оруденением; 4 – с золотоносными перетолженными корами выветривания; 5 – контур геохимической съемки масштаба 1:10000

Не менее важно, что в процессе проведения геохимических работ мы обязаны определить геолого-промышленный тип ожидаемого оруденения для каждой из включенных в каталог геохимических аномалий. Если таких типов ожидается несколько, классификация аномалий без применения многомерных математических процедур зачастую просто невозможна.

Рисунок 4 иллюстрирует результат классификации аномалий золота во вторичном геохимическом поле относительно их принадлежности к определенным геолого-промышленным типам. В процессе поисковых работ было выявлено большое количество аномалий золота, часть из которых фиксировала известные проявления и точки минерализации золото-скарнового, золото-редкометалльного и золото-пропилитового типов. В процессе дискриминантного анализа эти аномалии были использованы в качестве эталонов, все остальные пробы классифицированы в координатах этих эталонов. В процессе анализа выделился также четвертый класс аномалий, отличающийся от трех эталонных по геохимическим особенностям и дистанцирующийся от них пространственно. По приуроченности этих аномалий к понижениям рельефа и ложкам они были классифицированы нами как индикаторы переотложенных кор выветривания (рис. 4).

Существенную помощь в интерпретации геохимических данных оказывают и аналитические методы выявления пространственных закономерностей, прежде всего, тренд-анализ.

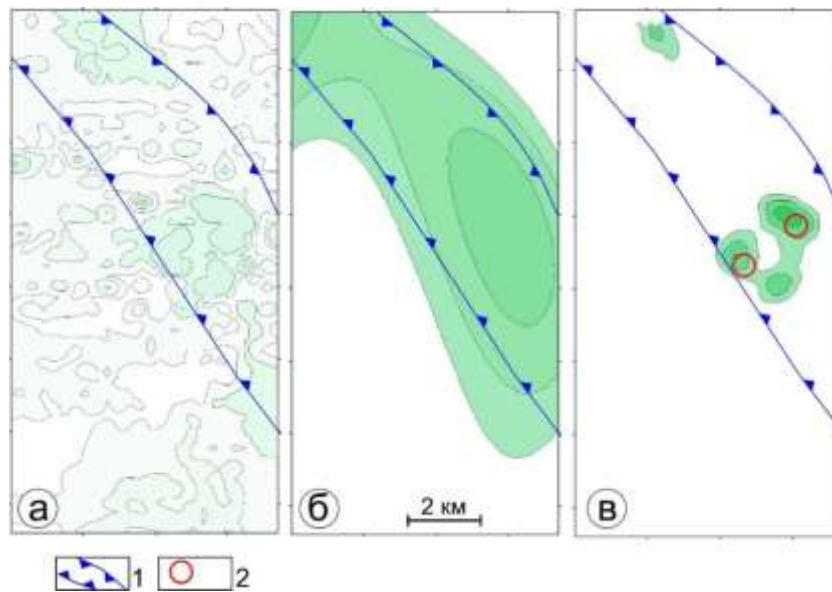


Рис. 5. Результаты тренд-анализа геохимического поля (сумма элементов-спутников золотого оруденения): а – исходное поле в изолиниях концентрации; б – тренд-поверхность 3-го порядка; в – «остатки тренда»: результат вычитания исходной поверхности из поверхности 3-го порядка; 1 – зона основных рудоконтролирующих разрывов; 2 – золоторудные месторождения

На рисунке 5 приведён результат тренд-анализа распределения во вторичных ореолах рассеяния суммы элементов-спутников золотого оруденения на одном из золоторудных полей Центрального Алдана. Поверхностью 3-го порядка отчетливо фиксируется зона основных рудоконтролирующих структур, к пересечению которой со структурами северо-восточного простирания приурочены известные месторождения. На карте «остатков тренда» (результат вычитания исходной поверхности из поверхности 3-го порядка) выделились не только известные месторождения, но и новый, пока не оцененный участок на северном фланге площади.

Все рассмотренные выше задачи успешно могут решаться и с использованием искусственных нейронных сетей, особенно, если есть возможность сочетать геохимические данные с результатами минералогического картирования, структурно-вещественного дешифрирования материалов космического зондирования и другими данными, в том числе, качественного характера.

Литература

1. Трушин С.И., Кириллов В.Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 73. – С.60–67.
2. Ворошилов В.Г. Аномальные структуры геохимических полей гидротермальных месторождений золота: механизм формирования, методика геометризации, типовые модели, прогноз масштабности оруденения // Геология рудных месторождений. – 2009. – Т. 51. – № 1. – С. 3–19.
3. Ворошилов В.Г. Геохимические поля гидротермальных месторождений золота. – Томск: Изд-во STT, 2011. – 293 с.
4. Гинзбург Л.Н., Евсеев В.А., Лурье М.Б., Токавищев И.А., Карась С.А. Геоскан – программное обеспечение прогнозно-поисковых работ // Разведка и охрана недр. – 2002. – № 5. – С. 11–17.
5. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / Отв. ред. Л.Н. Овчинников. – М.: Недра, 1983. – 198 с.

КАРБОНАТНЫЕ И ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ КАК СВИДЕТЕЛЬСТВА РУДООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА

Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сидерит (FeCO_3) образуется в породах как докембрийского так и современного возрастов и используется как индикатор осадочных палеобстановок [1, 2]. В свою очередь он выступает один из основных карбонатных минералов фанерозойских ооидовых железняков (ФОЖ [3]) и кайнозойских отложений с фиксируемыми процессами низкотемпературной флюидной мобилизации [4]. Сидерит в большинстве месторождений ФОЖ является цементом рудоносных пород в ассоциации с глинистым матриксом. Глинистые минералы также выступают важными составляющими компонентами подобных руд и могут быть представлены различными минеральными фазами. Наиболее исследованными из филлосиликатов в железняках является глауконит как минерал-индикатор прибрежно-морского диагенеза [5]. Однако условия накопления филлосиликатов группы смектита и иллита среди ФОЖ практически не освещены в научной общественности. При этом проблема генезиса ФОЖ уже более столетия служит предметом для разнотипных теорий между «нептуническими» и «плутоническими» гипотезами. Механизмы концентрирования и трансформации сидерита и глинистых минералов при накоплении месторождений ФОЖ является слабо изученной фундаментальной проблемой. В настоящей работе рассматриваются концептуальные вопросы эволюции карбонатов и филлосиликатов ФОЖ на примере крупнейшего мел-палеогенового Бакчарского месторождения [6–8]. Аналитические работы в рамках преследуемой цели включали следующие методы: классическая оптическая микроскопия, анализ шлифов в проходящем свете (петрографический анализ), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС), рентгенодифракционный анализ (РДА), микрокриотермометрический анализ, Рамановская спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и изотопная масс-спектрометрия. В результате комплексных и рутинных минералого-геохимических исследований отдельных минеральных фаз были получены следующие основные результаты.

Сидерит в ооидовых железняках месторождения имеет две основные вариации, которые отличаются морфологией, химическим и изотопным составом, флюидными включениями в следствии различных источников углерода и условий концентрирования. Аутигенные минеральные ассоциации цемента ооидовых железняков в маломощном интервале (от 2 до 6 метров) маркируют смену геохимических зон от метановой через сульфидную (сульфат-метановая транзитная зона) до железистой (зона редукции железа). Наличие слоёв с контрастной вертикальной зональностью *in situ* минералов является проксимальной зоной в вертикальном разрезе, которая указывает на периоды интенсивного притока металлосодержащих флюидов.

Глинистые минералы матрикса железняков представлены иллитом, иллит-смектитом, смектитами (монтмориллонитом, монтмориллонитом, сапонитом, бейделлитом), хлоритами (шамозит, бертьерин), каолинитом. Максимальные содержания глинистых минералов характерны для перекрывающих рудные тела глинистых пород люлинворской свиты и для алевритовых пород славгородской и ипатовской свит. В валовом составе пород доля каолинита достигает 14.9 %, смектитов – 12.0 %, хлоритов – 11.0 %, иллита – 8.9 %. Для детального исследования соотношения минералов была проанализировано отдельно глинистая фракция железняков и вмещающих пород. Глинистая фракция в породах железорудной толщи имеет следующие вариации минералов: 19.8...88.2 % каолинит, 0.1...52.4 % иллит-смектит, 7.8...29.8 % иллит, 0.4...5.7 % хлориты, 0.1...14.3 % смектиты. Каолинит образует редкие доменноподобные микроструктуры, с ультра-микро агрегатами длиной до 7...9 мкм (рис. 1а). Иллит и иллит-смектит часто распространены среди матрикса железняков и образуют матричную микроструктуру с субпараллельно ориентированными чешуйчатыми ультрамикроагрегатами размером от 1.1...2.1 мкм в длину (рис. 1б). Смектиты характеризуются ламинарными микроструктурами матрикса железняков в виде параллельно ориентированных чешуйчатых ультрамикроагрегатов размером 2.4...3 мкм в длину (рис. 1в).

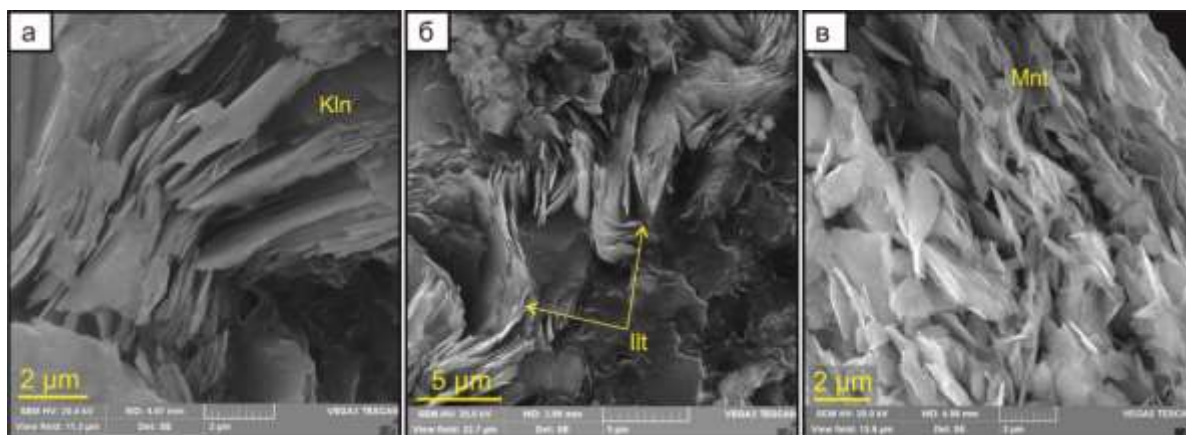


Рис. Снимки сканирующей электронной микроскопии каолинита (а), иллит-смектита (б) и смектита (в) в матриксе железняков. lit – иллит-смектит, Kln – каолинит, Mnt – монтмориллонит (смектиты)

Распределение филлосиликатов в разрезе рудной толщи имеет неравномерный характер. Однако состав глинистой фракции в различных частях месторождения на одном стратиграфическом уровне имеет закономерный характер относительно областей карбонат-насыщенных железняков. В скважине с восточного участка месторождения в интервале глубин от 239.2 м до 232.3 м содержание минералов в глинистой фракции изменяется следующим образом: каолинит от 50.3 % до 57.5%, иллит от 29.8 % до 23.6 %, иллит-сметита от 10.9 % до 6.9 %, смектиты от 3.6 % до 8.2 %, хлорит от 5.5 % до 3.8 %. А в интервале глубин от 196.2 м до 192.3 м глинистые минералы изменяются в следующей тенденции: каолинит от 80.7 % до 57.1 %, иллит от 18.2 % до 14.0 %, иллит-сметит от 0 % до 22.0 %, смектиты от 0 % до 4.8 %, хлорит от 1.1 % до 2.1 %. В итоге изменение содержания каолинита в глинистой фракции имеет обратную корреляцию с содержанием иллит-сметита и смектита. При увеличении доли каолинита уменьшается доля иллит-сметита и смектитов.

Закономерные изменения минерального и химического состава филлосиликатного матрикса согласуются со сменой пространственных зон относительно притока карбонатного и рудного вещества. Увеличение доли каолинита в валовом составе глинистой фракции и увеличение доли железа в октаэдрических позициях минералов группы смектита являются основными признаками матрикса железняков в проксимальной зоне. Для оперативного определения проксимальной, промежуточной и дистальной зоны относительно рудообразующего процесса предлагается использовать индекс соотношения доли филлосиликатов 1М типа (каолинит) к основным разбухающим филлосиликатам 2М в глинистой фракции (К/М минеральный индекс).

Прибрежно-морская фациальная обстановка способствовала накоплению монтмориллонитового и иллитового матрикса осадка, который трансформировался в нонtronитовый и сапонитовый при активизации sipовых процессов с диффузией флюидный растворов через морские отложения. Проксимальная зона этого рудообразующего процесса характеризуется нонtronит-каолинит-хлоритовой ассоциацией филлосиликатного матрикса с сидеритом первой разновидности, промежуточная зона – монтмориллонит-иллит-сапонит-нонtronитовой с сидеритом второй разновидности, дистальная – иллит-монтмориллонитовой (иллит-сметитовой) с редкими включениями сидерита второй разновидности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 21-17-00019).

Литература

1. Kaufman A.J., Hayes J.M., Klein C. Primary and diagenetic controls of isotopic compositions of iron-formation carbonates // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Pergamon, 1990. – Vol. 54. – № 12. – P. 3461–3473.
2. Köhler I. et al. Biological carbon precursor to diagenetic siderite with spherical structures in iron formations // *Nature Communications*. – 2013. – Vol. 4. – P. 1–7
3. Mücke A. Chamosite, siderite and the environmental conditions of their formation in chamosite-type Phanerozoic ooidal ironstones // *Ore Geology Reviews*. – 2006. – Vol. 28. – № 2. – P. 235–249.
4. Smrzka D. et al. Oil seepage and carbonate formation: A case study from the southern Gulf of Mexico // *Sedimentology* / ed. Tosca N. John Wiley & Sons, Ltd (10.1111), 2019. – P. sed.12593.
5. Rudmin M., Banerjee S., Mazurov A. Compositional variation of glauconites in Upper Cretaceous-Paleogene sedimentary iron-ore deposits in South-eastern Western Siberia // *Sedimentary Geology*, 2017. – Vol. 355. – P. 20–30.
6. Белоус Н.Х. et al. Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск: СО РАН СССР. – 1964. – 448 с.
7. Rudmin M., Mazurov A., Banerjee S. Origin of ooidal ironstones in relation to warming events: Cretaceous-Eocene Bakchar deposit, south-east Western Siberia // *Marine and Petroleum Geology*. Elsevier, 2019. – Vol. 100. – P. 309–325.
8. Рудмин М.А., Мазуров А.К. Оолитовые руды Бакcharского железорудного узла (Томская область) // *Доклады Академии наук*. 2016. – Vol. 471. – № 5. – С. 575–578.

ТЕЛЛУР И СЕЛЕН В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И СВЯЗЬ С ОРУДЕНЕНИЕМ

Якич Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С широким внедрением тонких минералогических и геохимических методов исследования вещества отдельные микроэлементы, в частности теллур и селен и их минеральные фазы, находившиеся долгое время за «бортом» интереса ученых, неожиданно попали в фокус внимания мирового научного сообщества, в частности, ввиду появления новых возможностей изучения этих элементов и их тесной генетической связи с элементами групп благородных металлов, а также рядом их химических свойств, отвечающих за контроль физико-химических условий в процессе рудообразования. Как правило, теллур и селен встречаются в различных минералах-хозяевах в виде микроэлементов. Особый интерес в этом смысле представляют сульфиды, сопровождающие элементы благородных металлов в одноименных месторождениях [13, 17, 19–20, 23, 26, 28]. В отдельных случаях теллур и селен могут объединяться с образованием ряда различных селенидов и теллуридов. При высокой концентрации на всем или в ограниченных частях месторождения теллуриды золота и серебра сами по себе могут составлять значительную долю общих золотоносных рудных минералов [16]. Известно около сотни таких объектов, из наиболее известных и детально описанных месторождений следует упомянуть следующие: Крипл Крик и м. Голден в США [33], Император на Фиджи [29], Дунпин в Китае [15], Акупан и Баджио на Филиппинах [16], Сакаримб в Румынии [14], Ельшица (Среднегорье, Болгария), Прасоловское (Курильские острова), Кочбулак (Узбекистан), Озерновское (Камчатка) [24, 30], Эми (Хабаровский край) [37], Малетойваям (Камчатка) [35]. В частности, в этих богатых рудах теллуриды и самородное золото связаны друг с другом. В то время как минералогия, содержащая следы теллуридов / селенидов, широко распространена во многих типах месторождений, месторождения, в которых Au (Ag)-теллуриды являются частью

эксплуатируемых руд, встречаются значительно реже (всего несколько десятков таких месторождений). Образование подобных месторождений связывают с отложением из флюидов, богатых теллуром, образующихся в определенных региональных условиях, например, обогащение теллуром мантии в щелочных условиях, либо из-за субдукции осадков океанического дна, богатых теллуром, как это можно наблюдать в пределах Тихоокеанского побережья.

Петрографические данные в сочетании с подробными исследованиями включения флюидов и изотопов в конечном итоге предполагают тесную связь между теллуридами и самородным золотом в эпитермальных месторождениях. Кроме того, многочисленные исследования также демонстрируют, что механизмы транспортировки и осаждения золота в первую очередь связаны с поглощением золота расплавами теллура (или селена, висмута) в гидротермальных растворах [14–15]. Резкие изменения параметров флюидов, например, реакции сульфидирования-окисления на фронтах окислительно-восстановительных процессов (которые встречаются, например, в орогенных месторождениях золота), наиболее благоприятны для фракционирования теллуридных расплавов из рудных флюидов. Такой сценарий может также применяться к эпитермальным месторождениям, расположенным над скрытыми порфировыми системами как описано Куком и Циобани [14] для месторождений группы Ларга в Румынии. Взаимосвязи между порфировыми и эпитермальными рудами, обуславливаются тем, что флюиды с низкой плотностью поднимаются, смешиваются с неглубокими теплыми грунтовыми водами и осаждают металлы/металлоиды и связанные с ними элементы в эпитермальных условиях. Текстуры рудных минералов в эпитермальных месторождениях предполагают, что этот процесс, по-видимому, носит эпизодический характер и может происходить много раз в ходе эпитермального рудогенеза [31, 32]. Выделение флюида с низкой плотностью из гораздо более соленого магматического флюида рядом с охлаждающей магматической камерой и над ней вызывает разделение летучих газов, металлов и металлоидов в паровую фазу. По мнению [10, 21–22, 28] теллуриды осаждаются из паровой фазы в процессе конденсации.

Появление теллуридов в орогенных и др. месторождениях золота связывают как с процессами регионального метаморфизма, так и с гидротермальными преобразованиями руд [2, 4, 36], также имеет место предположение, что они появляются как результат частичного плавления [1, 5], либо как продукты глубокой метаморфической дегазации летучих веществ. В течение последних двух десятилетий становится все более очевидным, что перенос металлов в паровой фазе (например, сверхкритические флюиды) является важным процессом в магматических условиях и может привести к образованию руды [18]. Первичная гидротермальная природа теллуридов, занимающих закономерное положение в зональности труб мезозойских и палеозойских курильщико-обоснована в ряде работ В.В. Масленникова [3, 11].

В платиноносных месторождениях предполагается, что элементы (Te, As, Bi, Sb) TABS представляют собой продукты фракционированной сульфидной жидкости и накапливаются совместно с ЭПГ [7–10]. В качестве альтернативы они могли кристаллизоваться из несмешивающейся жидкости, богатой TABS, которая отделялась от фракционированной жидкости, богатой сульфидом меди [19].

По одной из модели кристаллизация теллуридов ЭПГ из сульфидных расплавов появление несмесимой ЭПГ – насыщенной теллуридной жидкости в сульфидном расплаве может происходить при температуре 1015°С. Далее при 920°С из нее начинают кристаллизоваться теллуриды платины, а затем при 620...600°С – теллуриды палладия. Процессы взаимодействия, кристаллизующегося и остывающего сульфидного расплава и растворенного в нем теллура являются, по-видимому, причиной появления характерных кластерных скоплений тонкозернистых (не более 10 мкм) теллуридов, расположенных в ореоле вокруг сульфидных агрегатов. По данным Спиридонова [6] температура образования благородных металлов, и в частности теллуриды этих металлов возникли при температуре не более 490°С.

В России вопросами взаимосвязи теллура и селена с процессами рудогенеза в эпитермальных месторождениях золота активно занимается группа ученых под руководством д.г.-м.н. Владимира Коваленкера и к.г.-м.н. Ольги Плотинской из Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (Москва). В своих работах В.А. Коваленкер обосновал и показал особое влияние вариаций активностей халькогенидов (S, Se, Te) и кислорода на поведение Au и Ag в рудообразующем процессе и образование минеральных ассоциаций с преобладанием либо сульфидов, либо селенидов, либо теллуридов. Изучением поведения рассеянных элементов в гидротермальных месторождениях. Н.Д. Толстых с соавторами детально изучил составы теллуридов и селенидов эпитермальных месторождений Камчатки на примерах месторождений Малетойваам [35] и Бараньевское [34].

Из зарубежных ученых активно занимающихся изучением теллуридов и селенидов в золоторудных системах следует отметить также имена таких ученых как Нигель Кук (N.J. Cook), Кристина Циобанни (K.L. Ciobanni) и Пауль Спрай (P.G. Spry). В рамках Международного проекта 486 по геонаукам (2004-2008 гг.) сосредоточенном на характеристике минерализации, в которой присутствуют теллуриды и селениды, ученые представляли свои работы по различным объектам, главным образом золото-серебро-теллуридного типа. Этот научный проект стартовал в 2003 году и закончился в 2008, одним из представителей России в этом проекте выступал В.А. Коваленкер.

Что касается платиноносных месторождений и роли в них теллура и селена, эти вопросы поднимали такие ученые как Хелми, Кафанга, Хьюго, Эдуардо Мансур, Сараш Барнс [12, 20, 25].

Вопросами изучения поведения теллура и селена в сульфидных минералах, в частности в пирите, занимаются Мануэль Кейт, Даниэль Смит, и др. [21–23, 27].

Автором при изучении особенностей вещественного состава теллур/селеновой минерализации в эпитермальных месторождениях Дальневосточного региона установлено, что различные теллуриды/селениды золота, серебра, никеля, ртути, висмута и т.д. приурочены к высококомедистым минеральным парагенезисам, и обнаруживают тесную пространственную связь с халькопиритом, блеклыми рудами теннантит-тетраэдритового состава и т.д. В этих совместных минеральных ассоциациях повышенное содержание меди фиксируется и в качестве элементов примесей в основных сульфидах – пирите, сфалерите, и находится в качестве примеси в самородном золоте [37]. Связь медных минералов и теллура/селена отражается и в обогащении теллуром пирита, блеклых руд теннантит-тетраэдритового ряда вплоть до появления голдфилдита.

Необходимость подобных исследований определяется не только тесной генетической связью теллура/селена с элементами группы золота и платины, но еще и стремительно растущим спросом на теллур/селен, используемых во многих областях промышленности: сектор зеленой энергетики (фотоэлектрическая/солнечная энергия), производство сплавов с повышенной прочностью, керамика, полупроводники и т.д.

На данный момент теллур/селен извлекают из анодных шламов как побочный продукт при добыче цветных металлов, что обеспечивает мало возможностей для увеличения его рыночного предложения на основе существующих методов извлечения. К примеру, годовое производство теллура в Заполярном филиале Норильска составляет не более трёх тонн, тогда как выпуск драгоценных металлов в концентратах и фэйнштейне – более 100 тонн, катодной меди – более 350 тысяч тонн. При такой ситуации дефицит теллура, вероятно, будет достигнут в ближайшем будущем [21].

Литература

9. Белогуб Е.В., Молошаг В.П., Новоселов К.А., Котляров В.А. Самородный висмут, цумоит и свинцовистый цумоит из Тарньерского медно-цинково-колчеданного месторождения (Северный Урал) // Записки российского минералогического общества. – 2010. – Т. 6. – С. 82–93.
10. Еремин Н.И. Дифференциация вулканогенного сульфидного оруденения. – М.: «Изд-во МГУ», 1983.–256 с.
11. Масленникова С.П., Масленников В.В. Сульфидные трубы палеозойских «черных курильщиков» (на примере Урала) // Екатеринбург – Миасс: УрО РАН, 2007. – 312 с.
12. Молошаг В.П. Теллуридная минерализация колчеданных месторождений Урала: Новые данные // Литосфера. – 2011. – Т. 6. – С. 91–102.
13. Молошаг В.П., Грабежев А.И., Гуляев А.Т. Условия формирования теллуридов в рудах колчеданных медно-золото-порфириновых месторождений // Записки Всероссийского минералогического общества. – 2002. – Т. 5. – С. 40–54.
14. Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 9. – С. 1356–1378.
15. Dare S.A.S., Barnes S.-J., Prichard H.M. The distribution of platinum group elements (PGE) and other chalcophile elements among sulfides from the Creighton Ni–Cu–PGE sulfide deposit, Sudbury, Canada, and the origin of palladium in pentlandite / S.A.S. Dare, S.-J. Barnes, H.M. Prichard // Mineral Deposita, 2010. – V. 45. – P. 765–793.
16. Dare S.A.S., Barnes S.-J., Prichard H.M., and Fisher P.C. Chalcophile and platinum-group element (PGE) concentrations in the sulfide minerals from the McCreedy East deposit, Sudbury, Canada, and the origin of PGE in pyrite / S.A.S. Dare, S.-J. Barnes, H.M. Prichard, and P.C. Fisher // Mineralium Deposita, 2011. – V. 46. – P. 381–407.
17. Dare S.A.S., Barnes S.-J., Prichard H.M., and Fisher P.C. Mineralogy and geochemistry of Cu-rich ores from the McCreedy East Ni-Cu-PGE deposit (Sudbury, Canada): Implications for the behavior of platinum group, and chalcophile elements at the end of crystallization of a sulfide liquid // Economic Geology, 2014 – V. 109. – P. 343–366.
18. Duran C.J., Barnes S.-J., Pleše P., Prašek M.K., Zientek M.L., Pagé P. Fractional crystallization-induced variations in sulfides from the Noril'sk-Talnakh mining district (polar Siberia, Russia). // Ore Geology Review, 2017. – V. 90. – P. 326–351.
19. Maslennikov V.V., Maslennikova S.P., Large R.R. Danyushevsky, L. V., Herrington, R. J., Stanley, C. J. Tellurium-bearing minerals in zoned sulfide chimneys from Cu?Zn massive sulfide deposits of the Urals. Russia // Mineralogy and Petrology, 2013. – V. 107. – P. 67–99.
20. Cafagna F. and Jugo P. J. An experimental study on the geochemical behavior of highly siderophile elements (HSE) and metalloids (As, Se, Sb, Te, Bi) in a mss-iss-pyrite system at 650° C: a possible magmatic origin for Co-HSE-bearing pyrite and the role of metalloid-rich phases in the fractionation of HSE // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 2016. – V. 178. – P. 233–258.
21. Contact Metamorphic and Metasomatic Processes at the Kharaelakh Intrusion, Oktyabrsk Deposit, Norilsk-Talnakh Ore District: Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Dating of Perovskite, Apatite, Garnet, and Titanite / A. Marfin, A. Ivanov, V. Kamenetsky, A. Abersteiner, T. Yakich and T. Dudkin // Economic Geology. – 2020. – V. 115(6). – P. 1213-1226.
22. Cook, N.J., Ciobanu, C.L. Bismuth tellurides and sulphosalts from the Larga hydrothermal system, Metaliferi Mts, Romania: Paragenesis and genetic significance / N.J. Cook, C.L. Ciobanu // Mineralogical Magazine. – 2004. – V. 68. – P. 301–321.
23. Cook N.J., Ciobanu C.L., Mao J. Textural control on gold distribution in As-free pyrite from the Dongping, Huangtuliang and Hougou gold deposits, North China Craton (Hebei Province, China) // Chemical Geology. – 2009. – V. 264. – P. 101–121.
24. Cooke D.R., McPhail, A.D.C. Epithermal Au-Ag-Te mineralization, Acupan, Baguio district, Philippines: Numerical simulations of mineral deposition // Economic Geology. – 2001. – V. 96. – P. 109–131.
25. Hattori K.H., Arai, S. Clarke Barrie D.B. Selenium, tellurium, arsenic and antimony contents of primary mantle sulfides // Canadian Mineralogist. – 2002. – V. 40. – P. 637–650.
26. Heinrich C.A., Driesner T., Stefánsson A., Seward T.M. Magmatic vapor contraction and the transport of gold from the porphyry environment to epithermal ore deposits // Geology. – 2004. – V. 32 – P. 761–764.
27. Helmy H.M., Ballhaus C., Berndt J., Bockrath C., Wohlgemuth-Ueberwasser C. Formation of Pt, Pd and Ni tellurides: Experiments in sulfide-telluride systems // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2007. – V. 153. – P. 577–591.
28. Helmy H.M., Ballhaus C., Fonseca R.O.C., Leitzke F.P. Concentrations of Pt, Pd, S, As, Se and Te in silicate melts at sulfide, arsenide, selenide and telluride saturation: evidence of PGE complexing in silicate melts? // Contributions to Mineralogy and Petrology. – 2020. – V. 175. (65)
29. Keith M., Smith D.J., Jenkin G.R.J., Holwell D.A. Global Se and Te systematics in hydrothermal pyrite from different ore deposits: a review // Applied Earth Science. – 2017. – V. 126. – P. 70–71.
30. Keith M., Smith D.J., Jenkin G.R.T., Holwell D.A., Dye M.D. A review of Te and Se systematics in hydrothermal pyrite from precious metal deposits: Insights into ore-forming processes // Ore Geology Reviews. – 2018. – V. 96. – P. 269–282.
31. König S., Eickmann B., Zack T., Yierpan A., Wille, M., Taubald H., Schoenberg R. Redox induced sulfur-selenium isotope decoupling recorded in pyrite // Geochimica et Cosmochimica Acta, 2019. – V. 244. – P. 24–39.
32. Kovalenker V.A., Safonov Y.G., Naumov V.B., Rusinov V.L. The epithermal gold-telluride Kochbulak deposit (Uzbekistan) Rusinov // Geology of Ore Deposits, 1997. – V. 39. – P.107–128.
33. Mansur, E.T., Barnes, S.J. The role of Te, As, Bi, Sn and Sb during the formation of platinum-group-element reef deposits: Examples from the Bushveld and Stillwater Complexes // Geochimica et Cosmochimica Acta, 2020. – V. 272. – P. 235–258.

34. Marfin A.E., Ivanov A. V., Abramova, V.D., Anziferova T.N., Radomskaya T.A., Yakich T.Y., Bestemianova K. V. A trace element classification tree for chalcopyrite from Oktyabrsk deposit, Norilsk–Talnakh ore district, Russia: La-ICPMS study // *Minerals*, 2020. – V. 10. – P. 1–15.
35. Mavrogonatos C., Voudouris P., Zaccarini F., Klemme S., Berndt, J., Tarantola A., Melfos V., Spry P.G. Multi-stage introduction of precious and critical metals in pyrite: A case study from the Konos Hill and Pagoni Rachi porphyry/epithermal prospects, NE Greece // *Minerals*, 2020. – V. 10. – P. 1–29.
36. Mungall J.E., Brenan J.M., Godel B., Barnes S.J., Gaillard F. Transport of metals and sulphur in magmas by flotation of sulphide melt on vapour bubbles // *Nature Geoscience*, 2015. – V. 8. – P. 216–219.
37. Pals D.W., Spry P.G., Chrystoulis S. Invisible gold and tellurium in arsenic-rich pyrite from the emperor gold deposit, Fiji: Implications for gold distribution and deposition // *Economic Geology*, 2003. – V. 98. – P. 479–493.
38. Plotinskaya O.Y., Kovalenker V.A., Seltmann R., Stanley C.J. Te and Se mineralogy of the high-sulfidation Kochbulak and Kairagach epithermal gold telluride deposits (Kurama Ridge, Middle Tien Shan, Uzbekistan) // *Mineralogy and Petrology*, 2006. – V. 87. – P. 187–207.
39. Saunders J.A., Brueseke M.E. Volatility of Se and Te during subduction-related distillation and the geochemistry of epithermal ores of the Western United States // *Economic Geology*, 2012. – V. 107. – P. 165–172.
40. Saunders J.A., Unger D.L., Kamenov G.D., Fayek M., Hames W.E., Utterback W.C. Genesis of middle miocene yellowstone hotspot-related bonanza epithermal Au-Ag deposits, Northern Great Basin, USA // *Mineralium Deposita*, 2008. – V. 43. – P. 715–734.
41. Spry P.G., Foster F., Truckle J.S., Chadwick T.H. The mineralogy of the Golden Sunlight gold-silver telluride deposit, Whitehall, Montana, U.S.A // *Mineralogy and Petrology*, 1997. – V. 59. – P. 143–164.
42. Tolstykh N., Bukhanova D., Shapovalova M., Borovikov A., Podlipsky M. The Gold Mineralization of the Baranyevskoe Au-Ag Epithermal Deposit in Central Kamchatka // *Minerals*, 2021. – C. 1–23.
43. Tolstykh N., Vymazalová A., Tuhý M., Shapovalova M., Conditions of formation of Au–Se–Te mineralization in the Gaching ore occurrence (Maletoyvayam ore field), Kamchatka // *Mineralogical Magazine*, 2018. – V. 82. – P. 649–674.
44. Vikentyev I.V. Precious metal and telluride mineralogy of large volcanic-hosted massive sulfide deposits in the Urals / N Tolstykh, A. Vymazalová, M. Tuhý, M. Shapovalova // *Mineralogy and Petrology*, 2006. . – V. 87. – P. 305–326.
45. Yakich T.Y., Ananyev Y.S., Ruban A.S., Gavrilov R.Y., Lesnyak D.V., Levochskaia D.V., Savinova O.V., Rudmin M.A. // *Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration. Ore Geology Reviews*, 2021. – P. 136.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОРУДЕНЕНИЯ В АЛБАЗИНСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ ПОЛЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Арзамасова А.О.

Научный руководитель профессор Ворошилов В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Албазинское золоторудное поле расположено в Хабаровском крае, на левобережье реки Амгунь. В геолого-структурном отношении район относится к Амгунскому террейну Нижнеамурской складчатой зоны, сформировавшейся в результате аккреции юрских окраинно-континентальных комплексов к Северо-Азиатскому кратону и Монголо-Охотскому поясу [1]. Месторождения рудного поля относятся к золото-малосульфидному минеральному типу золото-сульфидно-кварцевой формации [2]. Рудные тела представлены минерализованными зонами березитов и аргиллизитов, штокверками и жилами кварцевого и кварц-карбонатного состава. Общее количество сульфидов редко превышает 3%. Среди первичных рудных минералов преобладают пирит и арсенопирит, реже встречаются халькопирит, галенит, фрейбергит, сфалерит, антимонит, пираргирит, молибденит, шеелит, еще реже – хромшпинелид, рутил, барит, титанит, джемсонит, гетероморфит, фторапатит [3].

В основу проведенного исследования положены результаты опробования первичных геохимических ореолов, выполненного ООО «Ресурсы Албазино», являющимся владельцем лицензии на разработку месторождения.

Оценка поведения химических элементов в процессе оруденения осуществлялась путем сравнения средних содержаний элементов в рудах, окolorудных ореолах и вмещающих породах разведанных и эксплуатирующихся участков месторождения. Поскольку промышленные руды выделяются только по результатам опробования, в основу разделения положены содержания золота в породах. К рудам отнесены пробы с содержанием золота более 0,5 г/т, к окolorудным ореолам – от 0,1 г/т до 0,5 г/т, к вмещающим породам – пробы с содержаниями золота ниже чувствительности анализа и без явно аномальных содержаний главных спутников золота – Ag, As, Sb, S.

Сравнение выборок с использованием многомерного непараметрического критерия Краскла-Уоллиса показывает, что практически все исследованные химические элементы в той или иной мере участвовали в гидротермальном процессе. По характеру связи с золотым оруденением все элементы можно объединить в 3 группы: 1) интенсивно накапливающиеся в рудах и окolorудных ореолах; 2) выщелачиваемые из центральных частей рудных зон и переотлагающиеся по их периферии; 3) устойчиво выносимые за пределы рудных тел и окolorудных ореолов. Приведенные на рисунке 1 диаграммы «ящик с усами» иллюстрируют это поведение на примере характерных представителей своих групп – As, Co и P.

Таблица

Концентрации химических элементов в рудах, первичных ореолах и вмещающих породах Албазинского золоторудного месторождения

Элемент	Руды (Au ≥ 0,5 г/т)			Первичный ореол (0,1 < Au < 0,5 г/т)			Вмещающие породы (Au < 0,05 г/т)		
	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.
Ag, 10 ⁻⁴ %	4,77	0,015	94,00	0,82	0,03	51,2	0,45	<0,01	50
As, 10 ⁻⁴ %	998	50	8930	197	50	4200	80	50	440
S, %	0,59	0,02	1,82	0,31	0,001	1,798	0,18	0,003	1,8
Mn, 10 ⁻⁴ %	577	100	1500	609	146	12120	466	100	10000
Ni, 10 ⁻³ %	1,17	0,25	6,32	1,39	0,25	10	1,31	0,25	10
Co, 10 ⁻³ %	0,92	0,25	2,68	1,21	0,25	13,92	1,02	0,25	5
Ti, 10 ⁻¹ %	1,82	0,40	4,12	2,39	0,5	7	2,29	0,5	7
V, 10 ⁻³ %	4,05	0,28	9,40	4,64	1	20	4,71	1	10
Cr, 10 ⁻³ %	3,18	0,21	21,36	2,97	0,06	17,12	3,18	<0,08	25,68
Mo, 10 ⁻⁴ %	0,76	0,50	5,00	1,04	0,5	20	0,89	0,5	17,4
W, 10 ⁻³ %	0,58	0,01	24,30	0,65	0	46,08	0,42	<0,01	8,6
Cu, 10 ⁻³ %	2,31	1,00	80,20	2,08	1	46,24	1,77	1	20
Pb, 10 ⁻⁴ %	17,6	5,0	56,8	18,65	3	50	19	2	50
Sb, 10 ⁻³ %	2,03	0,50	14,28	0,78	0,5	15	0,56	0,5	2
Bi, 10 ⁻³ %	0,50	0,50	0,50	0,51	0,5	2,4	0,51	0,5	1
Zn, 10 ⁻³ %	5,99	1,50	20,90	6,36	1,5	15	6,02	1,5	10
Sn, 10 ⁻³ %	1,56	0,50	16,20	1,62	0,5	3	1,67	0,5	3
Be, 10 ⁻³ %	1,07	1,00	2,00	1,05	1	2	1,02	1	2
Sc, 10 ⁻³ %	0,66	0,50	2,82	0,58	0,5	2	0,55	0,5	2,55
P, 10 ⁻² %	5,80	0,66	14,54	6,97	2,34	15	7,42	3	20
Li, 10 ⁻³ %	2,22	0,50	14,04	2,05	0,5	28,5	1,90	0,5	15,82
Ba, 10 ⁻² %	1,52	1,00	20,00	1,22	1	10	1,27	1	20
Tl, 10 ⁻³ %	0,55	0,50	1,00	0,56	0,5	1	0,53	0,5	1

Для выявления групп элементов со сходным поведением в процессе рудоотложения нами использован факторный анализ результатов опробования первичных геохимических ореолов [4]. В первичном геохимическом поле факторный анализ позволяет выделить 4 родственных по своему поведению группы элементов: фактор 1 (0,90Mn+0,79Ni+0,67Co+0,61Bi+0,52Mo); фактор 2 (0,91As+0,80Sb+0,78Au+0,70S+0,41Ag); фактор 3 (0,80Pb+0,70P+0,67Zn+0,64V); фактор 4 (0,93Cu+0,91W). Цифры соответствуют величине факторных нагрузок, то есть, отражают вклад конкретного элемента в интенсивность проявления геохимической ассоциации.

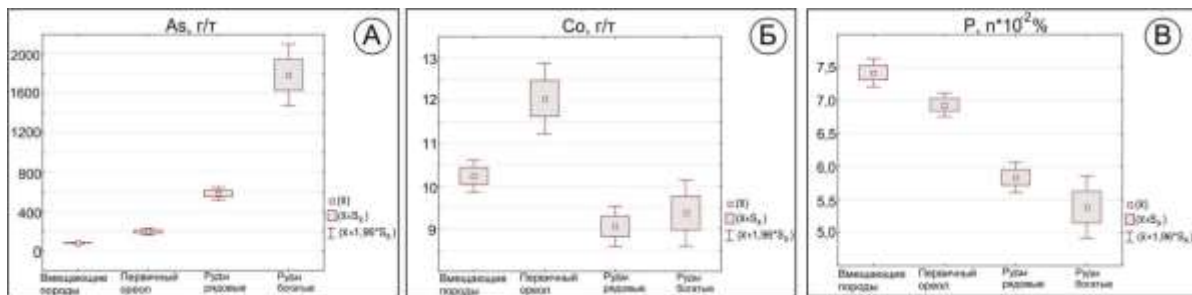


Рис. 1. Поведение химических элементов в рудном процессе на примере As, Co и P: А – привнос извне в зону рудоотложения; Б – вынос из центра рудных зон и переотложение на их периферии; В – вынос за пределы рудных зон; \bar{x} – среднее арифметическое; $S_{\bar{x}}$ – стандартное отклонение среднего арифметического

В факторе 2 объединяются Au и его главные элементы-спутники As, Sb, S, Ag. Показательно, что вклад Ag в дисперсию этого фактора существенно ниже, чем остальных элементов. Причину этого иллюстрирует рисунок 2. Аномалии Ag смещены относительно Au, As, Sb, S вниз по склонению рудных зон и могут служить индикатором нижнерудного среза. Элементы, контролируемые фактором 1 (Mn, Ni, Co, Mo, Bi) выносятся из области рудоотложения и накапливаются за пределами рудных зон, в их надрудной части (рис. 2). Ближе к зоне отложения золота, и тоже в надрудной части, отмечается накопление Cu и W.

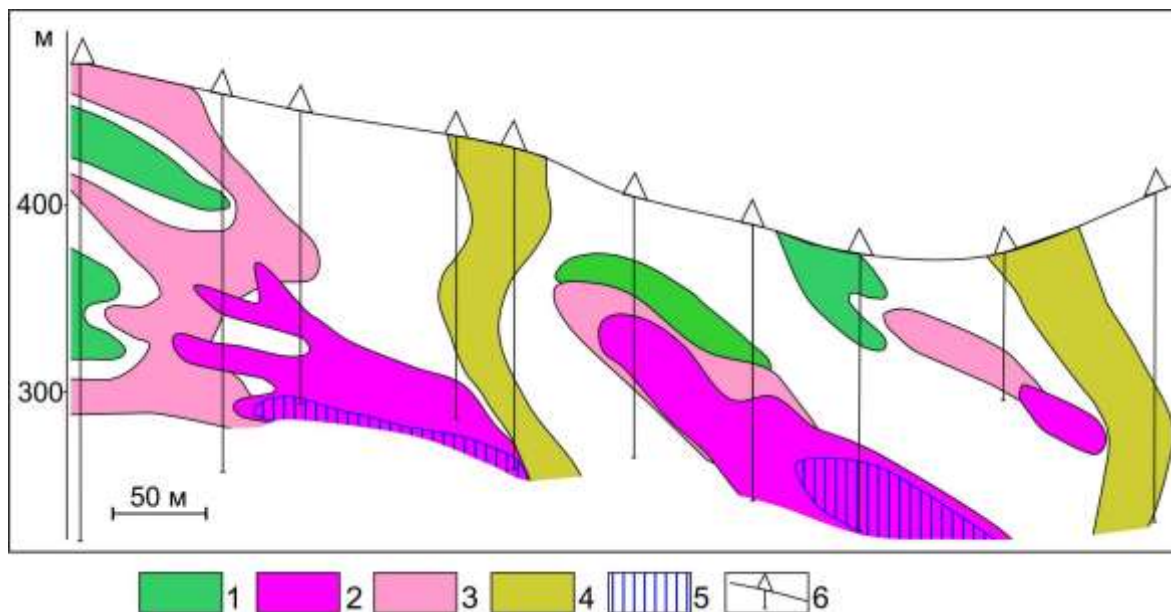


Рис. 2. Геохимическая зональность золоторудной зоны в разрезе Албазинского месторождения: геохимические ассоциации, выделенные факторным анализом: 1 – Mn, Ni, Co, Mo, Bi; 2 – As, Sb, Au, S, Ag; 3 – Pb, P, Zn, V; 4 – Cu, W; 5 – аномалии Ag; 6 – разведочные скважины

Поведение элементов, входящих в фактор 3 (Pb, P, Zn, V) отчетливо центробежное по отношению к рудной зоне. В разрезе эта ассоциация геометризруется в виде субвертикальных зон, вероятно, маркирующих рудоконтролирующие разломы.

В целом можно констатировать, что в процессе образования руд идет накопление, прежде всего, Au, Ag, As, Sb, S. Эти элементы, видимо, привносились гидротермальными растворами извне. Локальный привнос Cu, Pb, Bi, Sn, W, Mo, Zn, Mn, Co, Ni, V, P часто сочетается с участками выноса, что указывает на перераспределение этих элементов с заимствованием их из вмещающих пород. В пользу последнего говорит изначальная обогащенность некоторых пород перечисленными элементами за пределами месторождения. Соответственно, определенные группы элементов не только фиксируют участки золотого оруденения, являясь составной частью рудогенного геохимического поля, но и трассируют рудоконтролирующие структуры.

Литература

1. Ханчук А.И., Иванов В.В. Мезо-кайнозойские геодинамические обстановки и золотое оруденение Дальнего Востока России // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1635–1645.
2. Трушин С.И., Кириллов В.Е. Месторождение Албазино – новый для Дальнего Востока промышленный тип золотого оруденения // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 73. – С. 60–67.
3. Трушин С.И., Кириллов В.Е., Буханова Д.С., Чубаров В.М. Минералогические особенности золотых руд Албазинского и Ульбанского рудных районов (Хабаровский край) // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 78. – С. 91–97.
4. Ворошилов В.Г. Геохимические поля гидротермальных месторождений золота. – Томск: Изд-во СТТ, 2011. – 293 с.

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ КОЧКОВСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ ОБЬ-ТЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ)

Даулетова А.Б., Рудмин М.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Территория изучаемого бассейна с залежами континентальных железняков относится к междуречью рек Обь и Томь, которая располагается в восточной части Западно-Сибирской плиты. Обь-Тымская низменность полностью наследует мезозойско-кайнозойскую отрицательную структуру – Усть-Тымскую мегавпадину и является районом развития аккумулятивных и эрозивно-аккумулятивных речных террас реки Обь и ее крупных притоков [1]. Изучаемые железняки локализованы в разрезе Киреевского рудопроявления в верхних горизонтах кочковской свиты, отделяющей неогеновые отложения от плейстоценовых. Осадочная толща в пределах Киреевского проявления включает следующие литотипы: железняки, гравелиты, песчаники и алевропесчаники.

Минералы в отложениях Киреевского проявления подразделяются на аллотигенные (привнесенные), аутигенные (новообразованные) и глинистые. Основные аутигенные и глинистые минералы следующие (в порядке убывания): железистый хлорит (шамозит), сидерит, гётит (гидрогётит), каолинит, иллит, кальцит, доломит, пирит,

брушит и галит. В группу аллотигенных минералов входят кварц, полевые шпаты (альбит, микроклин), циркон, рутил, монацит, ильменит, магнетит, гематит, титаномагнетит, пирит и барит. Также среди привнесенного материала присутствуют лито- и петрокласты. Железосодержащие породы отличаются обильным присутствием карбонат-гидрооксидной ассоциацией аутигенных минералов, которая слагает как цемент, так и отдельные, агрегированные образования (рис. А, С, D). Наличие хлорита (шамозита), сидерита, гётита (гидрогётита), а также обломков гематита и титаномагнетита увеличивают содержание железа. Сидерит характеризуется отдельными микроконкрециями в цементе песчаников и железняков со средними размерами 10-50 мкм в длину (рис. А, С) либо кристаллическим цементом (рис. В, F). В микроконкрециях сидерита (рис. 1 А-С) отмечается концентрическая зональность, выраженная изменением состава карбоната. Средний химический состав сидерита следующий: 57.7...83.2 мол.% FeCO_3 , до 1.8 мол.% MnCO_3 , до 2 мол.% MgCO_3 , 0.6...1.5 мол.% CaCO_3 . Глинистые минералы представлены железистым хлоритом (шамозитом) и иллитом (рис. С, I). Хлорит (шамозит) образует основную массу в виде параллельно ориентированных коротко-чешуйчатых микроагрегатов в железосодержащих и терригенных породах. Реже среди железистых минералов наблюдается гётит (или гидрогётит) в виде стяжений размером до 600 мкм (рис. 1 D) с существенно меньшим распространением относительно сидерита. Редко встречается пирит в матриксе алевропесчаника (рис. 1 E). Пирит характеризуется субизометричными агрегатами размером до 27 мкм с обломочными формами граней. Отличительной чертой толщи является редкое наличие зёрен циркона (рис. F) относительно крупных размеров (до 500 мкм). Валовый химический состав железняков и вмещающих пород Киреевского проявления показан в табл. 1-3. Железосодержащие породы имеют долю валового оксида железа (Fe_2O_3) от 9.7 до 15.9 %. Валовый химический состав алевропесчаников характеризуется долей Fe_2O_3 ниже 4.8 %, при SiO_2 51.0...69.0 %, Al_2O_3 11.0...4.0 %. Гравелиты в нижней части залежей отличаются повышенной долей СаО до 15.0%. Три группы микроэлементов можно выделить среди редких металлов в железняках и вмещающей толще на основе их распределения относительно среднего содержания в земной коре. Первая группа металлов (Zn, As, Ag, Cd, Sb) характеризуется повышенными содержаниями, вторая (Cr, Ni, Cu, Zr, Sn, Cs, Hf, W, Tl, Pb, Th) – пониженными содержаниями. Третья группа элементов (Co, Mo, Ba, Ta, W, Bi, U) имеет содержания близкие к кларкам и характеризуются высоким разбросом значений (кроме Ba). При анализе особенностей распределения основных геохимических индексов (факторы обогащения – EF, рассчитанные как нормированное на кларки отношение содержания элемента к алюминию) для реконструкции палеобстановок накопления осадочных пород было установлено, что слои железняков и песчаников совпадают с увеличением индексов биопродуктивности (P EF, Cu EF) в изучаемом разрезе. Значения P EF and Cu EF в двух пробах превышают порог обогащения выше 1 в интервалах накопления железняков с песчаником. Индексы терригенного привноса Ti EF и Si EF имеют максимальные значения 1.8 и 3.2, соответственно, в алевропесчаниках с сидеритовыми конкрециями и песчаниках. Индекс обогащения Mn повышается в железняках до значений 10.6, а индекс обогащения железа имеет синхронное поведение с Mn. Fe EF изменяется в железосодержащих породах в пределах 2.7...4.7. Индексы палеосоленности Sr/Ba and Ca/(Ca+Fe) имеют два схожих интервала увеличения их значения, которые соответствуют алевролитам и сидеритовым конкрециям в алевропесчанике, где Sr/Ba достигает максимального значения 0.4. Данные показатели схожи с изменением прокси палеоклимата (Sr/Cu). Индекс химического выветривания (CIA) увеличивается в серых алевролитах с глинистыми стяжениями в кровле изучаемого разреза (81.8).

Суммарное содержание редкоземельных элементов и иттрия (PЗЭ+Y) характеризуется относительно повышенными значениями в серых алевролитах в кровле залежи (до 210.4 г/т). Цериевая аномалия (Ce*) выдержана пределах от 0.9 до 1.3 и характеризуется слабой флуктуацией на уровне средних значений 1.0...1.1. В целом в изучаемом разрезе Киреевского проявления отмечается слабая положительная европиевая аномалия (Eu*) с диапазоном 1.0...1.5.

Редокс-чувствительные индексы (Mo EF, U EF), то есть индексы физико-химических условий осаждения, имеют разброс значений в пределах от 0.4 до 2.5. Для железосодержащих пород значения Mo EF и U EF выше в пределах от 1.3 до 4.6, соответственно, чем для песчаников и алевропесчаников, что указывает на субокисные условия осадконакопления (при дефиците кислорода в системе вода-осадок). Mo EF выше 1 отмечается во всех литотипах кроме песчаника с сидеритовыми конкрециями и алевропесчаника. U EF ниже 1 выделено лишь в двух образцах в слабосцементированных желтовато-серых песчаниках и среднерзностных, слабосцементированных железняках.

Западно-Сибирский регион является одним из таких участков континента, где на обширнейшей площади распространены отложения мезозоя и кайнозоя. Настоящее исследование было сфокусировано на позднекайнозойских неоген-четвертичных отложениях, вмещающих слои и пласты с повышенным содержанием железа. Поскольку кочковский горизонт, а также подстилающие и перекрывающие слои, являются континентальными отложениями разного генезиса [3], уместно остановиться на основных чертах стратификации последних в условиях крупной аккумулятивной равнины. Часто встречающиеся минералы в виде агрегатов и сгустков в цементе континентальных железняков Киреевского проявления отличаются составом в виде преобладания филлосиликатных или карбонатных фаз. Гидрооксидные минералы имеют подчиненное значение. Преобладающие в минеральном составе континентальных залежей железняков сидерит и шамозит указывают на субкислородную обстановку минералообразования в условиях аллювиальной равнины. Концентрирование основных металлов среды, включая железо, могло происходить за счет создаваемых стабильных субокисных условий в донной среде бассейна седиментации в результате продуцирования углекислоты [3]. Переносимое рекой мобильное железо концентрировалось в застойных водах озёр и болот в области палеоречной системы вероятно совпадающей с современной долиной р. Обь. Имобилизация железа зависела от активности бактериального разложения детритовой органики, регулярно привносимой речными водотоками [3]. Данный фактор указывает на накопление алевропесчаников с железняками в донных условиях заболачиваемых озёр. Индикаторами мезотрофного и эвтрофного режима в донной части палео-озера являются слои с карбонатами. Карбонатная ассоциация характеризуется преобладанием сидерита, что соответствует условиям известных железистых озёр [4], в связи с чем справедливо

рассматривать условия накопления богатых железом слоёв в пределах кочковской свиты как заболачиваемые палео-озёра. Наличие примеси Mg в железняках в кочковской свите говорит о благоприятных условиях для его трансформации [3]. В озерно-болотных условиях возможно была модификация части сидерита в гётит при активном участии гуминовых кислот с локальным образованием брушита [2, 5]. Предполагается, что одно из подобных предполагаемых озёр находилось в районе Киреевского проявления.

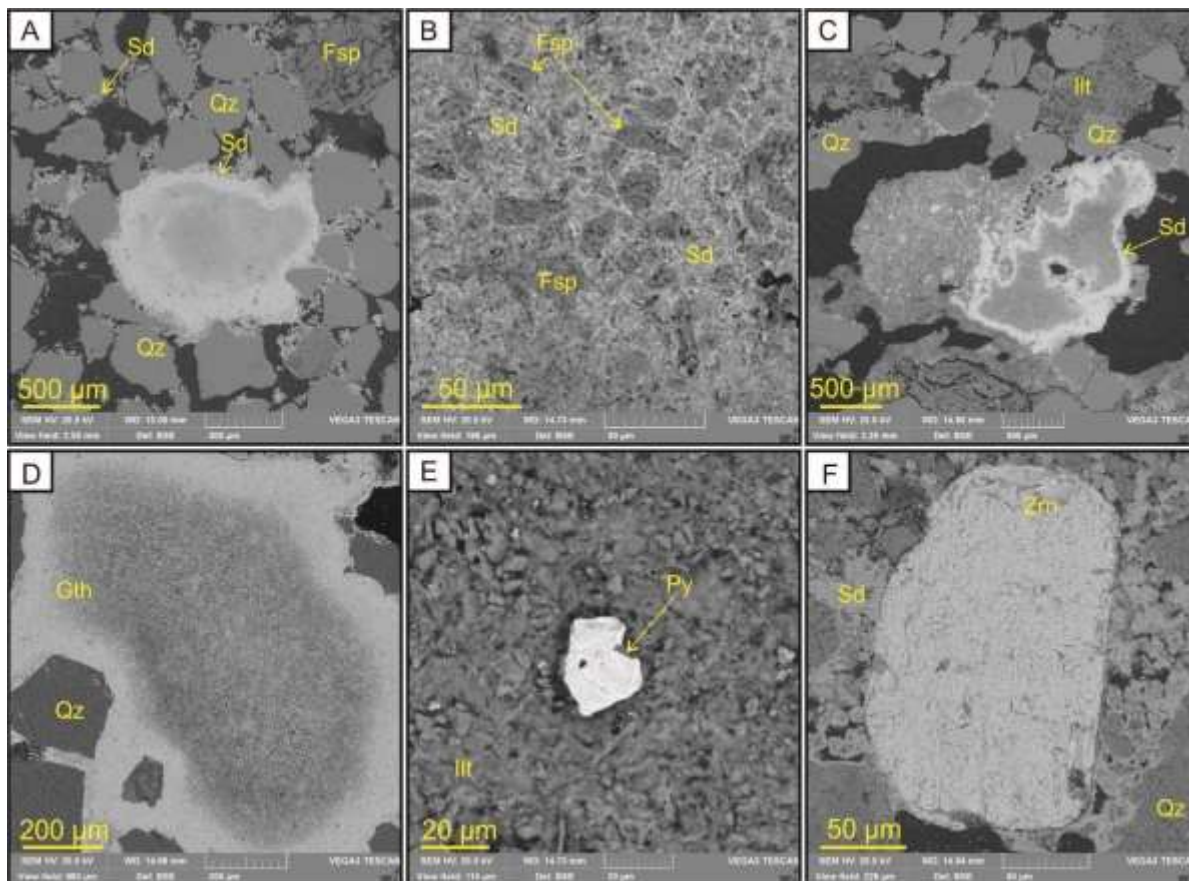


Рис. СЭМ-снимки пород кочковской свиты Киреевского проявления. (А) Сидерит в виде микроконкреций или цемента. (В) Сидеритовый цемент железняка. (С) Пленочные формы сидерита в гравелите. (D) Микроконкреции гётита. (Е) Пирит в иллитовом матриксе. (F) Крупный акцессорий циркона среди сидеритового цемента железняка.

Gth – гетит, Ill – иллит, Py – пирит, Qz – кварц, Sd – сидерит, Zrn – циркон

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 20-77-00007).

Литература

1. Arhipov S. A.; Martynov V. A. Kochkovsky horizon western siberia and his age analogues in adjacent areas 1980. – P. 452.
2. Martínez-Martínez J.; Benavente D.; Fusi N.; Cañaveras J.C. Brucite-Aragonite Precipitates as Weathering Products of Historic Non-MgO-Based Geomaterials. – Minerals 2020. – 10,599.
3. Rudmin M., Ruban A., Savichev O., Mazurov A., Dauletova A., Savinova O. Authigenic and Detrital Minerals in Peat Environment of Vasyugan Swamp, Western Siberia. – Minerals, 2018. – V 8. – P. 1–13.
4. Surkov V.S. Neogean evolution of the young Ural-Siberian platform. – Geologiya i Geofizika, 2002. V 43. – Pp. 754–761.
5. Van Houten F.B., Bhattacharyya, D.P. Phanerozoic Oolitic Ironstones – Geologic Record and Facies Model. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1982. – V 10. – Pp. 441–457.

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ КРОНСТЕДИТА В МАССИВНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ ТАЛНАХСКОЙ ИНТРУЗИИ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН)

Жимулева Е.С., Якич Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Норильский рудный район, расположенный на северо-западе Сибирской платформы, известен своими уникальными в мировом масштабе запасами медно-никелевых руд с платиноидами. Несмотря на долгую историю исследования этих месторождений, различные аспекты генезиса до сих пор остаются дискуссионными [1–3, 7, 9–12,

14]. Неоднозначно решены вопросы времени и этапов формирования платиноидов в процессе рудообразования, их источников и процессов накопления. Согласно данным [6] возраст платобазальтов совпадает с возрастом формирования основной массы медно-никелевых руд по изотопам (Ar/Ar, U/Pb, Rb/Sr) и составляет 251 ± 3 млн. лет. Учитывая генетическую модель Э.М. Спиридонова [5], ареалы развития минералов платиновых металлов несколько шире контуров сульфидных залежей и совпадают с ареалами флюидного воздействия около сульфидных залежей. Изотопные исследования, проведенные по минералам контактово-метасоматических пород, дают более молодой, чем основная масса сибирских траппов, возраст $247,3 \pm 8,2$ млн. лет [8, 11]. Интенсивность метасоматических проявлений в Норильском рудном районе, разнообразие их вещественного состава, закономерности пространственного размещения и тесная связь с оруденением побудили авторов обратить свое внимание на изучение этих новообразований.

Объектом исследования авторов является изучение вещественного состава новообразованных метасоматических минералов в массивных рудах халькопирит-пентландит-пирротинного состава, отобранных из южной линзы Талнахской интрузии и любезно предоставленных в виде 10 аншлифов для изучения Н.Д. Толстых (Институт минералогии и геологии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск). Исследования выполнялись на базе Томского политехнического университета с использованием оптического микроскопа (ZEISS Axio Imager.A2m), сканирующего электронного микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU (TESCAN, Чехия), оснащенного приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа (ЭДС) OXFORD X-Max 50 с Si/Li кристаллическим детектором. Для заверки данных проводилась Рамановская спектроскопия с применением Thermo Fisher Scientific DXR2 при длине волны лазера 785 нм и мощности 20...25 мВт. Спектры получали в течение 30 с в диапазоне 0...3300 см⁻¹ с тройным накоплением.

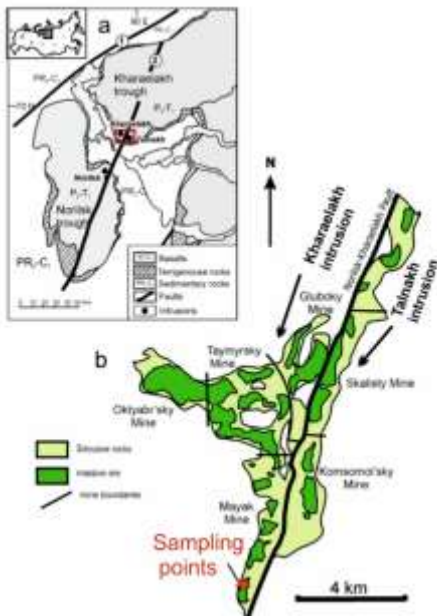


Рис. 1. Положение Талнахской интрузии в структурах Норильского рудного района (а) [15]; места отбора образцов (б). Разломы: 1 – Енисей-Хатангский, 2 – Норильско-Хараелахский

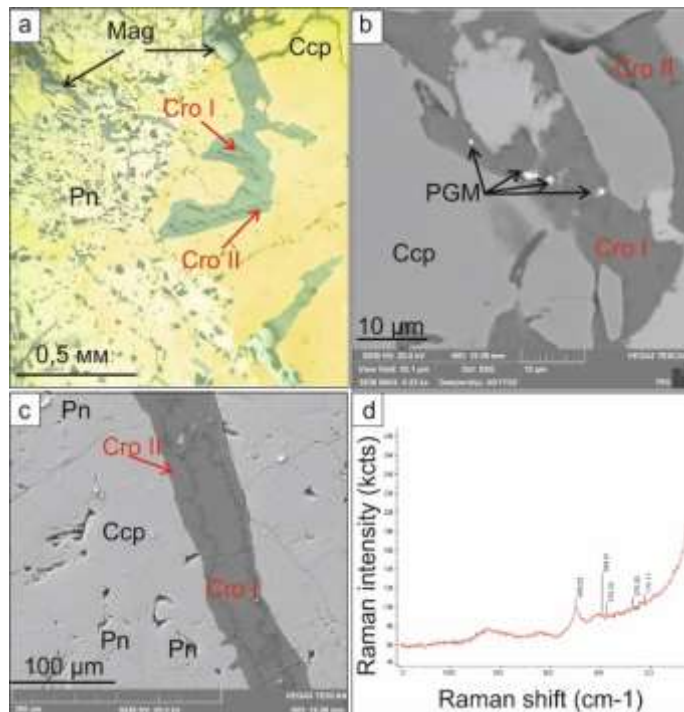


Рис. 2. Микрофотографии анишлифов в отраженном свете оптического (а) и обратно-отраженных электронах сканирующего электронного микроскопа (б, с). Секунные прожилки, сложенные кронстедтитом, выполняющие внутренние части прожилков (Cro I) и внешние каймы (Cro II), в ассоциации с магнетитом (Mag) (а), пентландитом (Pn) и халькопиритом (Ccp) (а, с); минералы платиновой группы (PGM), представленные, главным образом, арсенидами палладия с примесью никеля и находящиеся в пространственной связи с кронстедтитом (Cro); полученный спектр кронстедтита с главным пиком 499,00 (см⁻¹)

Талнахская дифференцированная интрузия характеризуется габбро-долеритовым составом и включает одноименное месторождение (рис. 1). Основной тектонической единицей Талнахской интрузии является Норильско-Хараелахский глубинный долгоживущий разлом, протягивающийся в субмеридиональном направлении и сопровождаемый многочисленными тектоническими нарушениями [4]. Представленные для исследования образцы являются высокомедистыми массивными рудами с большим количеством разнообразных платиноидов, главным образом палладиевого состава [13, 15].

При изучении вещественного состава новообразованных минералов, представленных водными железосодержащими силикатами и перманентно присутствующих в образцах в виде секундных прожилков (рис. 2, а), была установлена их тесная пространственная связь с платиноидами (рис. 2, б), главным образом представленных

арсенидами палладия. Установленная зависимость сонахождения определила интерес авторов к более точному определению этого минерала. При изучении на Рамановском спектрометре было установлено, что искомым минералом соответствует кронстедтит (Fe²⁺, Fe³⁺)₃(Si, Fe³⁺)₂O₅(OH)₄ (рис. 2, d). Минерал относится к подгруппе серпентина, группе каолинит-серпентина. В качестве примесей могут присутствовать Al, Ca.

В аншлифах установлены два различных морфологических типа (возможно, политипа) этого минерала (рис. 2). Внутренние части совместных ассоциаций выполнены более плотными почковидными массами и содержат примеси до 1,22 вес. % Са и 0,26 вес.% Mg. Внешние границы обрастают игольчатыми, пирамидальными, волокнистыми кристаллами самоочищенной беспримесной более железистой, по всей видимости, более поздней политипной модификации. Платиноиды приурочены как к игольчатым, так и почковидным агрегатам.

Предполагается, что тесная пространственная связь арсенидов палладия и никеля с малораспространенным и неупомянутым ранее в рудах норильского рудного района филлосиликатом железа – кронстедтитом может являться косвенным признаком их совместного образования в результате наложенного процесса под воздействием флюида, при температурах более низких, чем считалось ранее [1].

Изучение минеральных взаимоотношений, сложно-диагностируемых и на первый взгляд малоинтересных метасоматических ассоциаций, позволяет расширить представления о процессах рудообразовании платиноидов не только в Норильском рудном районе, но и за его пределами.

Литература

1. Годлевский, М.Н. К вопросу о генезисе сульфидных медно-никелевых месторождений на Сибирской платформе / М.Н. Годлевский // Геология рудных месторождений. – 1959. – М 2. – Р. 17–30.
2. Котульский В. К. К вопросу о происхождении магматических медно-никелевых месторождений / В.К. Котульский // Докл. АН СССР. – 1946. – Т. 51. – М 5. – С. 381–384.
3. Криволюцкая Н.А. Эволюция траппового магматизма и Pt-Cu-Ni рудообразование в Норильской районе: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Криволюцкая Надежда Александровна. – Москва, 2012. – 355 с.
4. Петрология Талнахской рудоносной дифференцированной трапповой интрузии / В.В. Золотухин, В.В. Рябов, Ю.Р. Васильев, В.А. Шатков. – М.: «Наука», 1975. – 432 с.
5. Спиридонов Э.М. Рудно-магматические системы Норильского рудного поля / Э.М. Спиридонов // Геология и геофизика. – Н., 2010. – С. 1356–1378.
6. A reconnaissance ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronological study of the ore-bearing and related rocks, Siberian Russia / G. Dalrymple, G. Czamanske, V. Fedorenko, O. Simonov, M. Lanphere, A. Likchachev // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1995. – V. 59. – P. 2071–2083.
7. Barnes S.J., Malitch K.N. and Yudovskaya M.A. (2020a). Introduction to a Special Issue on the Norilsk-Talnakh Ni-Cu-Platinum Group Element Deposits [Text] / S.J. Barnes, K.N. Malitch, M.A. Yudovskaya // Economic Geology. – 2020a. – V. 115. – P. 1157–1172.
8. Contact Metamorphic and Metasomatic Processes at the Kharaelakh Intrusion, Oktyabrsk Deposit, Norilsk-Talnakh Ore District: Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry Dating of Perovskite, Apatite, Garnet, and Titanite / A. Marfin, A. Ivanov, V. Kamenetsky, A. Abersteiner, T. Yakich and T. Dudkin // Economic Geology. – 2020. – V. 115(6). – P. 1213–1226.
9. Fractional crystallization-induced variations in sulfides from the Noril'sk-Talnakh mining district (polar Siberia, Russia) / C.J. Duran, S.-J. Barnes, P. Pleše, M. Kudrna Prašek, M.L. Zientek, P. Pagé // Ore Geology. – 2017. – V. 90. – P. 326–351.
10. Geology of the western flanks of the Oktyabr'skoe deposit, Noril'sk district, Russia: Evidence of a closed magmatic system / N.A. Krivolutsкая, B.I. Gongalsky, T.B. Kedrovskaya, I.V. Kubrakova, O.A. Tyutyunnik, V.Y. Chikatueva, Y.V. Bychkova, L. Magazina, E.N. Kovalchuk, A.I. Yakushev // Mineralium Deposita. – 2018. – V. 54. – P. 611–630.
11. Hybrid Nature of the Platinum Group Element Chromite-Rich Rocks of the Norilsk 1 Intrusion: Genetic Constraints from Cr Spinel and Spinel-Hosted Multiphase Inclusions / I. Chayka; V. Kamenetsky; L. Zhitova; A. Izokh; N. Tolstykh; A. Abersteiner; B. Lobastov; T. Yakich // Economic Geology. – 2020. – V. 115(6). – P. 1321–1342.
12. Naldrett A.J. A model for the Ni-Cu-PGE ores of the Noril'sk region and its application to other areas of flood basalt / A.J. Naldrett // Economic Geology. – 1992. – V. 87. – P. 1945–1962.
13. Origin of the Pd-Rich Pentlandite in the Massive Sulfide Ores of the Talnakh Deposit, Norilsk Region, Russia / V. Kalugin, V. Gusev, N. Tolstykh, A. Lavrenchuk and E. Nigmatulina // Minerals. – 2021. – 11(11). – 1258.
14. Three-Dimensional Distribution of Platinum Group Minerals in Natural MSS-ISS Ores From the Norilsk One Deposit, Russia / J. Sittner, V. Brovchenko, A. Siddique, F. Buyse, M. Boone, A.D. Renno, V. Cnudde, M. Merkulova, S.F. Sluzhenikin // Frontiers in Earth Science. – 2022. – V. 10. – DOI: 10.3389/feart.2022.860751
15. Unique Cu-rich sulphide ores of the Southern-2 orebody in the Talnakh Intrusion, Noril'sk area (Russia): Geochemistry, mineralogy and conditions of crystallization / N. Tolstykh, N. Krivolutsкая, I. Safonova, M. Shapovalova, L. Zhitova, A. Abersteiner // Ore Geology Reviews. – 2020. – Vol.122. – Art.103525.

ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (СКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Ибрахим М.А.

Научный руководитель доцент Котельников А.Е.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Основное направление моих исследований – понимание генезиса, геологии и геохимии, и общих особенностей скарновых месторождений и редкоземельных элементов (РЗЭ). Целью исследования является оценка возможности применения передовых методов геологической разведки полезных ископаемых. Объектом исследования

является Миасский район Челябинской области, расположенный на Южном Урале. Представленные в работе результаты опираются на исследования территорий скарновых месторождений.

Скарновые месторождения играют важную роль в устойчивом экономическом развитии во всем мире [1]. Огромные скарновые месторождения были разведаны в последние годы с использованием различных методов, таких как уточнение процессов генезиса, геохимические и геофизические методы; и наоборот, эти геологические методы были неполными, и новый подход к разведке требует передовой научной методологии, которая использовалась в прошлом году в геологических ресурсах для понимания металлогении рудных месторождений, процесса минерализации и происхождения месторождений. Некоторые концептуальные методы и продвинутая геохимия, геофизика и другие методы, такие как дистанционное зондирование, геостатистическое и трехмерное геологическое

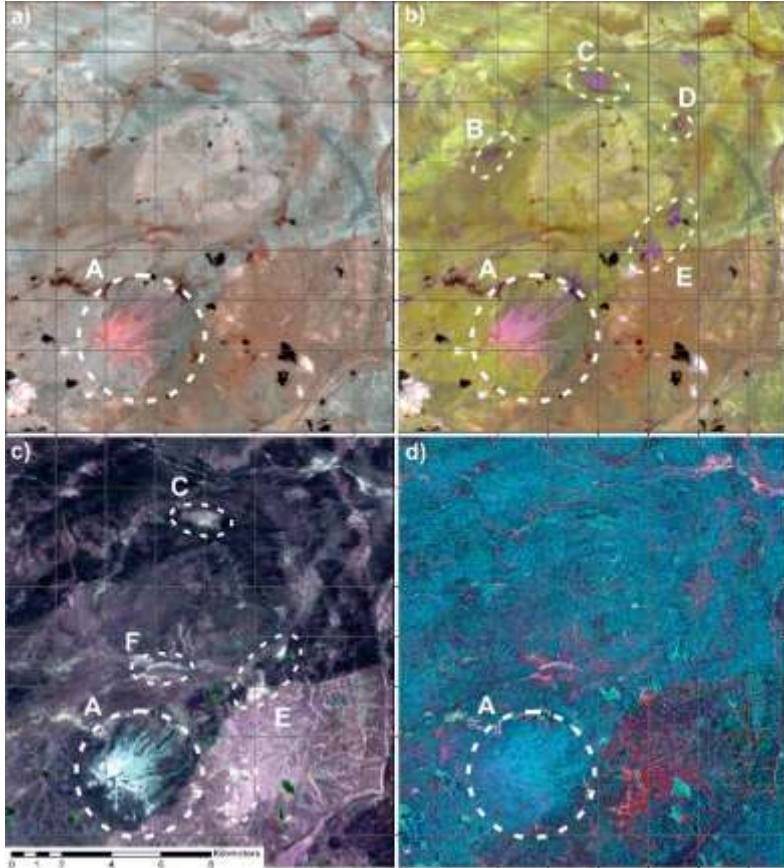


Рис. Пример результатов обработки многоспектрального космического снимка ASTER:

a – сочетания полос RGB 468; b – сочетания полос RGB 461;

c – сочетания полос 4/5, 4/6 и 4/7; d – сочетания соотношения полос RGB 3/1 (5-7/6-6), 7/6* (6+9/7+8), и 13/12, рассчитанных по формулам смещения каналов*

моделирование, которые помогут классифицировать рудные месторождения и связанные с ними элементы в качестве важной методологии исследования в соответствии с обзором литературы по моему исследованию. Применение передовых методов имеет важное значение в моих исследованиях по поиску новых месторождений полезных ископаемых. Следовательно, в этой статье будет представлен обзор современных и передовых методов, которые использовались в последние годы при разведке многих рудных месторождений. Применение современных методов геофизики является эффективным инструментом в области поисков и разведки полезных ископаемых за последние несколько лет [2, 3]. Комплексирование методов разведки является ценным и эффективным алгоритмом описания и понимания рудных месторождений.

Дистанционное зондирование для геологического картирования и разведки полезных ископаемых. Отдельно обработка различного массива данных дистанционного зондирования на каждом этапе поисков и разведки полезных ископаемых рассматривается как эффективный и перспективный метод на вновь открытых рудных месторождениях последних лет. Применяя

дистанционное зондирование в начале разведки для построения геологической карты, эта карта включает литологические единицы, ореолы рассеяния, связанные с зоной изменения как важным процессом в рудообразовании, анализ региональной структуры для определения перспективных зон [4].

Методы дистанционного зондирования играют жизненно важную роль в обнаружении особенностей и спектральных характеристик минерала при разведке и интегрированы с геохимическими данными для определения геохимических аномалий и перспективных зон, особенно для элементов на поверхности [5].

Применение геохимических методов имеет важное значение при картографировании и разведке полезных ископаемых, поскольку традиционные методы представляют множество геохимических данных, напротив, геохимические методы являются дорогостоящими и требуют времени для охвата региональной территории. Кроме того, результаты и прогнозы в этой области неудовлетворительны, если они не объединены с геофизикой или дистанционным зондированием для поддержки и подтверждения результата.

Дистанционное зондирование может быть важным инструментом для регионального и крупномасштабного структурного анализа и картирования полей с высокой эффективностью и точностью изображений, как правило, в изучаемых районах с высокогорным рельефом и труднодоступными местами. Преимущество использования дистанционного зондирования заключается в дешевизне и сокращении периода геологического картирования. [6]. Пример результатов проведенного автором исследования многоспектрального космического снимка для постановки последующих геологических, геохимических и геофизических маршрутов приведен на рисунке. Дистанционное зондирование для разведки в сочетании с геохимическими данными и геофизической съемкой считается основным

инструментом в горнодобывающей промышленности во многих странах (США, Китай, Канада, Германия и Австралия) в последние несколько лет. Месторождения руды Немур были обнаружены с использованием данных дистанционного зондирования, таких как данные Aster и изображение Landsat-8 (например, месторождение золота на холмах Красного моря в северо-восточном Судане, месторождение порфира в южной части медного пояса Кермана в Иране и обнаруженное месторождение хромита в Массив Логар в Афганистане [7, 8].

Таким образом, улучшение региональных методов картирования за счёт комбинирования существующих и дополнения новых методов, в частности связанных с интерпретацией космических снимков, будет эффективно для предварительного обнаружения большего количества минерализации в регионе, а геологические позволят определить структурные факторы, контролирующие минерализацию. Для разработки эффективных инструментов для обнаружения многочисленных скрытых рудных месторождений следует применять комбинацию различных методов и приемов разведки.

Литература

1. A. Kumah, "Sustainability and gold mining in the developing world," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 3–4, pp. 315–323, 2006, doi: 10.1016/j.jclepro.2004.08.007.
2. C. Rücker, T. Günther, and F. M. Wagner, "pyGIMLi: An open-source library for modelling and inversion in geophysics," *Comput. Geosci.*, vol. 109, no. July, pp. 106–123, 2017, doi: 10.1016/j.cageo.2017.07.011.
3. W. Cumming, *Geophysics and resource conceptual models in geothermal exploration and development*. Elsevier Ltd, 2016.
4. H. Shirmard, E. Farahbakhsh, R. D. Müller, and R. Chandra, "A review of machine learning in processing remote sensing data for mineral exploration," *Remote Sens. Environ.*, vol. 268, no. February 2021, p. 112750, 2021, doi: 10.1016/j.rse.2021.112750.
5. G. S. Roonwal, *Remote sensing in mineral exploration*. 2018.
6. D. Reif, B. Grasemann, and R. H. Faber, "Quantitative structural analysis using remote sensing data: Kurdistan, northeast Iraq," *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, vol. 95, no. 6, pp. 941–956, 2011, doi: 10.1306/11151010112.
7. M. Ibrahim, A. Kotelnikov, P. Podolko, and E. Kotelnikova, "Remote sensing data for Geological mapping and gold prospecting of Inteat area, northern Sudan," *E3S Web Conf.*, vol. 258, p. 03009, May 2021, doi: 10.1051/e3sconf/202125803009.
8. R. Manuel, M. da G. Brito, M. Chichorro, and C. Rosa, "Remote sensing for mineral exploration in central Portugal," *Minerals*, vol. 7, no. 10, pp. 1–30, 2017, doi: 10.3390/min7100184.

МИНЕРАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗНЯКАХ МОРСКОГО И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ГЕНЕЗИСА НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОГО (РОССИЯ) И ЛИСАКОВСКОГО (КАЗАХСТАН) МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Калинина Н.А., Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ооидовые железняки – это хемогенные осадочные горные породы с повышенной долей валового железа и состоящая из более чем 5 % железистых ооидов. Известно более 500 месторождений, обобщенных как фанерозойские ооидовые железняки [2]. Среди них выделяют два основных типа: морские и континентальные (аллювиальные и аллювиально-озерные).

Ооидовые железняки состоят из хемогенных форменных элементов (ооидов, пелоидов и пр.) и терригенных компонентов, сцементированных цементом или матриксов различного состава. Основные *in situ* минералы представлены оксидами (гетит), гидроксидами (лепидокрокит, гидрогетит), силикатами (шамозит, бертьерин, глауконит) и карбонатами (сидерит) железа. Помимо железа в ооидах отмечаются повышенные содержания Si, Al, Mg, P, K, Ti и V, а также редкоземельных элементов (РЗЭ) [3]. Целью данной работы является сравнительный анализ минеральных форм РЗЭ в ооидовых железняках различного генезиса для оценки их перспективности на получение редких металлов [1]. В качестве объектов рассмотрены месторождения ооидовых железняков, сформированные в континентальных (Лисаковское месторождение) и морских (Бакчарское месторождение) обстановках.

Лисаковское месторождение расположено в пределах Тургайской прогиба и приурочено к кутанбулакской свите среднего олигоцена [7], представленной аллювиальными, преимущественно песчаными отложениями с ооидами гидрогетита, выполняющими древние речные долины. Верхнемеловое-нижнепалеогеновое Бакчарское месторождение расположено в Западной Сибири, в пределах слабо проявленного тектонического поднятия [6]. Рудоносные пласты и линзы залегают среди трансгрессивных прибрежных мелководных морских отложений [4]. Для изучения минералов РЗЭ в ооидовых железняках использовались следующие аналитические методы: петрографический анализ, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией (ЛА-ИСП-МС).

В ооидовых железняках Лисаковского и Бакчарского месторождений отмечены повышенные содержания РЗЭ. При этом суммарное содержание РЗЭ в железняках Бакчарского месторождения варьирует на уровне 272,7...788,2 г/т, что в несколько раз выше, чем в лисаковских рудах (40,8...106,2 г/т). Для Бакчарского месторождения характерна слабая положительная корреляция между легкими и тяжелыми РЗЭ. Морские ооидовые железняки демонстрируют положительные Ce- и Eu-аномалии. В речных лисаковских рудах относительно морских бакчарских руд положительная Eu аномалия (Eu/Eu*) выше, а положительная Ce аномалия (Ce/Ce*) незначительно ниже [3]. При этом собственно в основных форменных элементах (ооидах) существенно возрастает доля РЗЭ по данным ЛА-ИСП-МС. Среднее содержание РЗЭ в кортексе железистых ооидов Бакчарского месторождения составляет 1583,6 г/т (максимальное 7779,3 г/т).

Среди ооидовых железняков Бакчарского и Лисаковского месторождений обнаружены как терригенные, так и аутигенные РЗЭ-содержащие минералы. Среди терригенных минералов РЗЭ преобладает монацит, вторичное значение имеет ксенотим. Аутигенные минералы представлены фосфатом легких РЗЭ (ЛРЗЭ; рис. 1, а-д) и оксидом Се (рис. 1, е). ЛРЗЭ-фосфаты характеризуются разнообразной формой и размерами зерен. Минералы входят в состав железистых сфероидов в виде включений и агрегатов, местами образуя отдельные концентрические зоны (рис. 1, а). Их отдельные кристаллы встречаются редко [3]. Фосфат встречается в основном в виде ксеноморфных частиц (рис. 1 в), реже образует призматические кристаллы (рис. 1, б, г). В рудах Бакчарского месторождения можно встретить микросферулы фосфата-ЛРЗЭ с концентрическим внутренним строением (рис. 1, д). Состав ЛРЗЭ-фосфата характеризуются выдержанным трендом $Se > La \geq Nd$. Руды Бкчарского месторождения отличаются наличием церита. Этот минерал указывает на окислительные условия. Можно предположить, что обогащение церием Бакчарских железняков является результатом более высокой степени зрелости (или более высокая диагенетической измененности) этого месторождения, развивавшегося при колебания окислительно-восстановительных условий, что привело к иммобилизации Се в виде твердой фазы с низкой растворимостью [3]. Порядковое повышение суммарной доли РЗЭ в кортексе ооидов морского происхождения указывает на тесную связь процессов образования форменных элементов и концентрирования редкоземельных металлов. Вероятно, это объясняется механизмом непрерывной абиогенной адсорбцией ферригидрита и других ионов на его поверхности, включая лантаноиды.

При сопоставлении железняков Лисаковского месторождения с морскими железняками Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) отмечается ряд особенностей в распределении РЗЭ в валовом составе руд. Отличительной особенностью является истощение легкими РЗЭ при сохранении Се и Eu аномалий, отражающих комплексные источники этих металлов (рис. 2). Распределение РЗЭ в железняках Лисаковского месторождения согласуется с предложением о выветривании ранее сформированных морских железняков Западной Сибири типа Аятского, Синаро-Теченского или Бакчарского месторождений [5]. Растворение неустойчивых фаз морских железняков в аэробных условиях дельтово-руслового осадконакопление способствовало истощению РЗЭ, которые ранее концентрировались в сульфидно-сульфатной и карбонатной фазах, соответственно [5].

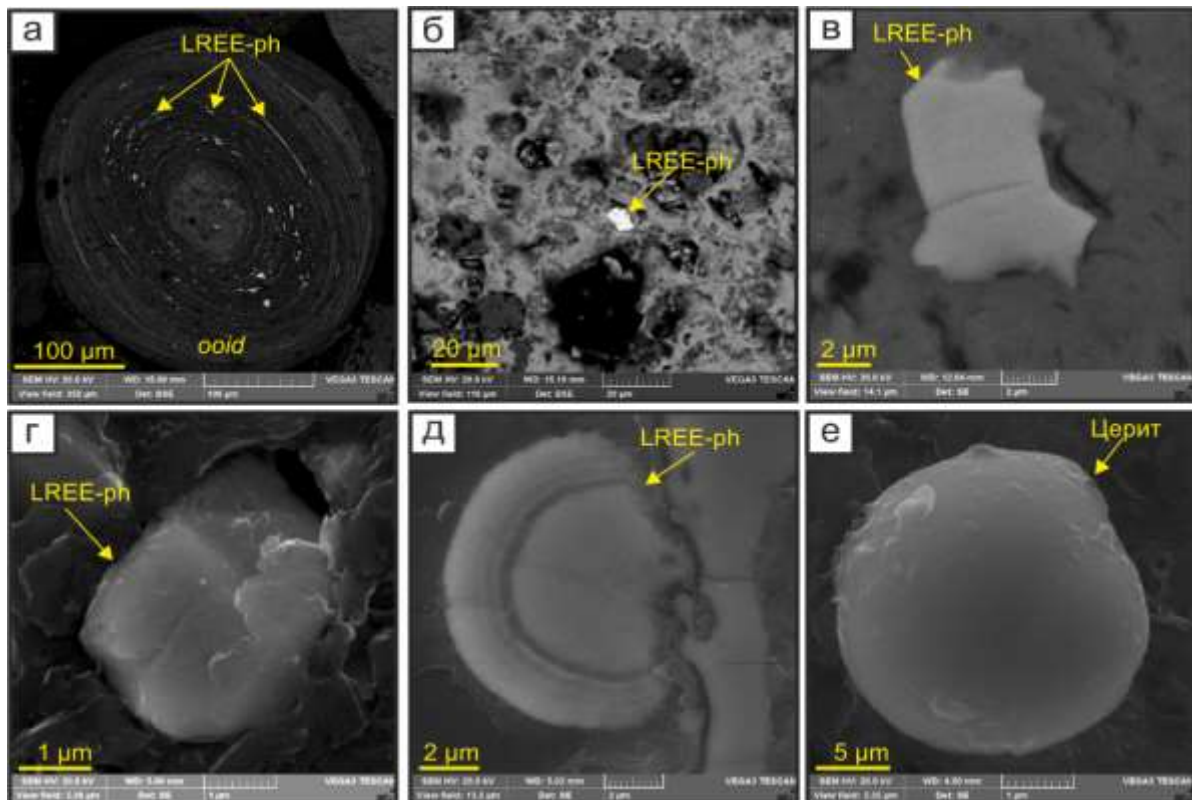


Рис. 1. СЭМ-снимки РЗЭ-фосфата (а-д) и церита (е) в ооидах и цементе железняков Лисаковского (б, в) и Бакчарского (а, г-е) месторождений. LREE-ph – фосфат лёгких редкоземельных элементов

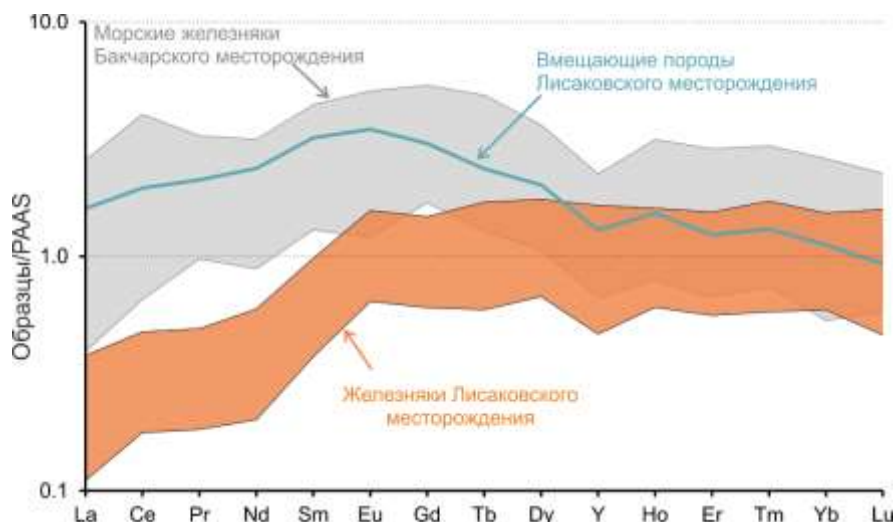


Рис. 2. Спектры распределения РЗЭ ооидовых железняков Лисаковского месторождения в сравнении с морскими железняками Бакчарского месторождения. Данные нормированы на средние содержания микроэлементов в постархейском австралийском сланце (РААС) [5]

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 20-77-00007).

Литература

1. Dutrizac J.E., Soriano C., Behaviour of the rare earths during goethite (α -FeOOH) precipitation from sulphate-based solutions. *Hydrometallurgy*, 2018. – V. 176. – P. 87–96.
2. Petranek J., Van Houten F.B. Phanerozoic ooidal ironstones // *Czech Geological Survey Special Papers*. – 1997. – V. 7. – P. 71.
3. Rudmin M. et al. Minerals of Rare Earth Elements in High-Phosphorus Ooidal Ironstones of the Western Siberia and Turgai Depression // *Minerals*. – 2020. – Vol. 10. – № 11. – P. 1 – 16.
4. Rudmin M. et al. Ooidal ironstones in the Meso-Cenozoic sequences in western Siberia: assessment of formation processes and relationship with regional and global earth processes // *Journal of Palaeogeography*. *Journal of Palaeogeography*. – 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 1–21.
5. Rudmin M., Kalinina N., Banerjee S., Reva I., Kondrashova E., Kanaki A., Trubin Y., Baldermann A., Mazurov A., Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan). *Ore Geology Reviews*. – 2021. – 104391.
6. Белоус Н.Х. и др. Западно-Сибирский железорудный бассейн. – Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. – 448 с.
7. Формозова Л.Н. Формационные типы железных руд докембрия и их эволюция // *Труды ГИН АН СССР. Геологическая серия*. – 1973. – Т. 250. – С. 172.

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАМУРУН

Кемельбаева И.С.

Научный руководитель профессор Арбузов С.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождение Карамурун – пластово-инфильтрационное, связанное с региональными зонами пластового окисления.

Расположено в северо-восточном борту Сырдарьинской впадины вблизи Карамурунского выступа хребта Большой Каратау. Охватывает северную часть близмеридиональной Карамурунской зоны и разделяется на два объекта – Северный и Южный Карамурун, которые были обнаружены, изучены и разведаны как самостоятельные месторождения, но на самом деле являются частями единого целого. Северный Карамурун в свою очередь является селенурановым, а Южный Карамурун урановым месторождениями.

В соответствии с историей геологического развития региона геологические формации, слагающие разрез, образуют три структурных яруса – метаморфизованные и дислоцированные образования фундамента, платформенные мел-палеоген-миоценовые терригенные отложения и верхнеплиоцен-антропогенные накопления суборогенной стадии тектогенеза.[1].

Формации фундамента, вскрываемого в пределах месторождений на глубинах 1000 и более метров, представлены метаспелитиками, метаалевролитами, известняками и сланцами ордовика, девона, нижнего карбона, инъецированными интрузиями гранитоидов позднего палеозоя.

Рудовмещающей структурой для всего урановорудного района, является толща платформенных континентальных отложений аллювиального, аллювиально-пролювиального генезиса, датируемая как верхний мел. Общая мощность меловой толщи 270...300 метров. В разрезе толщи принято выделять отложения сеноманского,

туронского, коньякского, сантонского, кампанского, маастрихтского ярусов. Урановое оруденение месторождений Северный и Южный Карамурун сосредоточено в маастрихтском (преимущественно) и кампанском горизонтах.

Перекрывается разрез верхнего мела переходным по возрасту дат-палеоценовым горизонтом глин и эвапоритов. Далее следует толща морских отложений палеогеновой системы, в которой выделяют палеоценовые гипсы, ангидриты, доломиты, известняки (13...15 метров); глины и песчаники нижнего эоцена (30...34 м); мергели и глины среднего эоцена (50 м); алевролиты и глины верхнего эоцена (200...220 м); известняки, известковые глины миоцена (от десятков до 100 и более метров в зависимости от уровня эрозионного среза). Палеогеновая толща в пределах месторождений играет роль природного водоупора, перекрывающего артезианский бассейн от гидрогеологических структур поверхности.

Верхнеплиоцен-антропогеновый структурный ярус отражает формирование осадков в условиях сухой предгорной равнины (нижняя часть разреза до 100 м по мощности) и аллювиально-золотой равнины (10...60 метров). Преобладают хлидолиты, массивные алевролиты, косослонистые пески барханов и глины межбарханных озер. Современный рельеф территории обязан молодым денудационным процессам [3].

В связи с тем, что месторождение Карамурун является пластово-инфильтрационным, одним из важнейших аспектов, который мы не можем оставить без внимания, является гидрогеологическое положение месторождения.

Гидрогеология месторождения определяется его положением на северо-востоке Сырдарьинского артезианского бассейна, в области протекания (транзита) пластовых вод и их частичной разгрузки, осуществляемой в Карамурунском валу и Жанакорганской антиклиналии. Рудовмещающий меловой водоносный комплекс представляет собой слоистую толщу водоносных пород, разделенную водоупорами на следующие горизонты: верхнетуронско-коньякский, сантонский и кампан-маастрихтский. На всех водоносных горизонтах движение вод происходит со скоростью фильтрации от 1 до 10 метров в год по направлению на северо-запад [2].

Обработка на Северном и Южном Карамуруне была начата с 80-ых годов прошлого века и с начала 2000-ых годов соответственно, на обоих частях одного большого месторождения успешно ведутся работы с применением метода подземного скважинного выщелачивания.

Литература

1. Берикболов Б.Р., Петров Н.Н., Карелин В.Г. Месторождения урана Казахстана. – Справочник: Алматы 2005 г.
2. Петров Н.Н., Язиков В.Г., Аубакиров Х.Б., Плеханов В.Н., Вершков А.Ф., Лухтин В.Ф. Урановые месторождения Казахстана, Алматы 1995г.
3. Язиков В.Г. Урановая сырьевая база РК и перспективы расширения применения метода подземного выщелачивания для её освоения. – Совещание Технического комитета МАГАТЭ по подземному выщелачиванию урана, Алматы 1996.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МЕТАСОМАТИТОВ И РУД УЧАСТКА КРУГЛЯЧКА СЕКИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)

Королькова Д-А.М.

Научный руководитель доцент Савинова О.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В работе представлены результаты изучения минералого-геохимических особенностей вмещающих пород участка Кругрячка Секисовского золото-серебряного месторождения, представленные метасоматитами березитовой формации и сопутствующей рудной минерализацией. Для оценки характера изменения химического состава пород в процессе метасоматоза был использован метод геохимических индексов по [2] с возможностью типизации метасоматитов на условные фации. Для расчёта геохимических индексов использованы данные рентгенофлуоресцентного силикатного анализа. В результате описанного подхода породы выборки разделились на три группы метасоматических изменений: тип 1 – слабоизмененные породы; тип 2 – карбонатизация (+серицитизация); тип 3 – хлоритизация (+серицитизация). Следует отметить, что визуально породы не обнаруживают явных отличительных особенностей, тем не менее, по результатам оптической микроскопии наблюдаются явные различия в минеральном составе, подчеркивающие особенности каждого выделенного типа и предполагаемого процесса метасоматической проработки протолита.

Для пород типа 1, попавшие в область слабоизмененных пород, характерно сохранение реликтовой структуры исходной породы – диорита, и меньшая, относительно других типов, степень замещения полевых шпатов серицитом, наличие реликтов биотита и слабая его хлоритизация. Фиксируется зона на границе с метасоматитом и кварц-карбонатным прожилком, сложенная агрегатами с мирмекитовой структурой (червеобразные вросстки кварца в плагиоклазе). Согласно опубликованным источникам [1], формирование таких структур объясняют выносом Са и Na из плагиоклаза гидротермальными флюидами, с образованием силикатной решетки, обогащенной остаточным кремнием, которая и становится кварцевыми «вростками-червячками» в мирмеките. Согласно этим же источникам, данные мирмекитовые структуры характерны для К-Са-Na типов метасоматоза и образуются при температуре 350...550° С.

Слюды представлены серицитом как минимум двух генераций и обнаруживаются во всех выделенных типах в переменном составе. Серицит I образует преимущественно тонкочешуйчатые массы в результате разложения плагиоклазов. Серицит II встречается в кварц-карбонатных прожилках в форме хорошо образованных веерообразных агрегатов с характерными перламутровыми цветами интерференции.

Хлорит является распространенным минералом метасоматитов всех выделенных типов. Доля содержания хлоритов в метасоматитах типа 3 (хлоритизация+серицитизация) значительно превалирует, чем в образцах

метасоматитов типа 2 (карбонатизация+серицитизация). В образцах хлориты встречаются в виде листоватых, чешуйчатых, местами сноповидных агрегатов с отчетливым плеохроизмом. По оптическим свойствам выделяется две разновидности хлоритов: разновидность с темно-индигово-синими цветами интерференции и разновидность с буровато-зелеными цветами интерференции. Разница обусловлена химическим составом хлоритов.

Для оценки условий образований метасоматитов участка Круглячка были использованы эмпирические хлоритовые геотермометры [3] в результате чего, для метасоматитов типов 2 и 3 оценены примерные температуры образования: Тип 2 – 426...207 °С и 338...167° С; Тип 3 – 402...223° С и 280...174° С.

Опираясь на кристаллохимические расчёты и полученные температуры по хлоритовым геотермометрам, можно с некоторой оговоркой говорить об эволюции выделенных типов метасоматитов и образование на ранней высокотемпературной стадии существования флюида более железистых хлоритов и кристаллизация маложелезистых хлоритов при остывании гидротермальной системы. В дальнейшем планируется заверить полученные температуры методом термобарогеохимии.

Карбонаты метасоматитов и прожилков представлены кальцитом, доломитом и анкеритом.

По результатам текстурно-структурного анализа выделено несколько минеральных комплексов: метасоматический, комплекс сульфидных минералов, минеральные ассоциации гипергенного этапа.

Считается, что минеральные комплексы образовались в гидротермальный этап, связанный со становлением змеиногорского интрузива. Гидротермальный этап подразделяется на две стадии: метасоматическая и рудно-сульфидная.

Метасоматическая стадия представлена кварц-хлорит-серицитовыми метасоматитами с неравномерной вкрапленностью пиритов. Пириты (I генерация) имеют характерный для метасоматического процесса облик метакристаллов – наблюдаются недоразвитые скелетные метакристаллы, что обусловлено неравномерным поступлением вещества в твёрдой среде к различным частям кристалла, вследствие чего ребра и вершины кристаллов растут с различной скоростью. Минерал обладает высоким рельефом, оптически изотропен.

В рудно-сульфидную стадию выделено 4 ступени: пиритовая, галенит-сфалерит-халькопиритовая, золото-висмутовая, кварц-карбонатная (пострудная).

Пиритовая ступень представлена пиритами второй генерации. Пириты II встречаются в виде вкрапленных разнообразного кристаллографического габитуса: гексаэдрического, октаэдрического, пентагондодекаэдрического. Агрегаты катаклазированы. Местами встречаются кристаллы, частично, либо полностью замещённые гётитом (лимонитом) образующим характерные коррозионные, каёмочные микротекстуры замещения.

Минералы галенит-сфалерит-халькопиритовой ступени образуют аллотриоморфнозернистые агрегаты. Халькопирит (I генерация) встречается в виде отдельных зёрен неправильной формы в ассоциации с пиритом второй генерации и в виде эмульсионной вкрапленности в сфалерите (халькопирит II). При этом отмечается зональное распределение капель халькопирита в сфалерите. Как правило, они распределены по границе зёрен или в виде пластин и вкраплений вдоль кристаллографических плоскостей сфалерита.

Галенит встречается в виде зёрен неправильной формы с характерными треугольниками выкрашивания. Для него свойственна каёмочная микротекстура, обусловленная замещением вторичным минералом, вероятно, церусситом.

Минералы золото-висмутовой ступени представлены мелкой редкой вкрапленностью в ассоциации с пиритом 2 генерации. Золото встречено в виде маломощного прожилка, секущего сфалерит.

Также встречается висмут-содержащий минерал (по данным рентгенофлуоресцентного анализа) в трещинах дробления в пирите. Судя по оптическим особенностям (различие оттенка), агрегат представлен двумя минеральными фазами.

Завершающий этап – гипергенный – представлен образованием вторичных минералов – гетита (лимонита), церуссита.

Таким образом, в результате изучения метасоматитов и руд участка Круглячка Секисовского месторождения получены следующие выводы:

- метасоматические породы в пределах участка представлены березитовой формацией. Метасоматиты типизированы на три типа: слабо изменённые, проявлена карбонатизация, проявлена хлоритизация;
- по особенностям микроструктуры и хлоритовым геотермометрам определены примерные температуры образований метасоматитов: Тип 1 – 550...350° С, Тип 2 – 426...167° С, Тип 3 – 402...174° С;
- формирование руд происходило в две стадии (метасоматическая и рудно-сульфидная). В рудно-сульфидную стадию выделено четыре ступени: пиритовая, галенит-сфалерит-халькопиритовая, золото-висмутовая, кварц-карбонатная.

Литература

1. Collins L.G. Myrmekite formed by Ca-metasomatism [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.csun.edu/~vcgeo005/Nr4CaMyrm.pdf>
2. Large R.R. The alteration box plot: A simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits / R.R. Large, J.B. Gemmill, H. Paulick, D.L. Huston // *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*. – 2001. – V. 96. – P. 957–971. doi:10.2113/96.5.957.
3. Yavuz F.A Windows program for chlorite calculation and classification / F. Yavuz, M. Kumral, N. Karakaya, M.C. Karakaya, D.K. Yildirim // *Computers & Geosciences*. – 2015. – V. 81. – P. 101-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2015.04.011>

ЭТАПЫ, СТАДИИ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ РУДООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА ЭПИТЕРМАЛЬНОГО РУДНОГО ПОЛЯ СВЕТЛОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Левочская Д.В.^{1,2}, Лесняк Д.В.^{1,2}, Якич Т.Ю.²

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

¹Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Происхождение гидротермальных флюидов, образующих эпитеpмальные месторождения, может быть различным, от преимущественно, магматических в высокосернистых средах до метеорных в низкосернистых [1, 2, 4, 5, 8]. Месторождения промежуточного типа, как правило, занимают пограничную локацию и обладают набором специфических черт [3, 4, 7, 8]. Одним из основных критериев выделения того или иного типа эпитеpмальных месторождений является вещественный состав как породообразующих, так и рудных минералов. Несмотря на тот факт, что рудное поле Светлое характеризуется обильным распространением сульфатов (алунит, барит, ярозит, микасаит, целестин, англезит, сванбергит и т.д.), что указывает на высокосернистый тип эпитеpмальных систем, рудная минерализация гипогенных сульфидов (галенит, сфалерит, блеклые руды, халькопирит, золото) позволяет отнести его к промежуточному IS-типу [2–4, 7, 8, 10].

Эпитеpмальное золоторудное поле Светлое расположено в южной части Охотского района Хабаровского края в Ульинском прогибе Охотской ветви Охотско-Чукотского вулканогенно-плутонического пояса, выполненном меловыми вулканогенно-осадочными породами [6, 13]. Площадь рудного поля Светлое характеризуется разнообразием гидротермально-метасоматических образований, развивающихся по вулканогенным породам преимущественно кислого (уракская свита (K₂)) и, реже, средне-основного состава (хетанская свита (K₂)) [11].

Данное исследование посвящено изучению вещественного состава для определения последовательности минералообразования и основных этапов рудообразования, а также установлению места и роли золота в процессе становления рудного поля Светлое. Из 320 образцов керновых, штупфтных и сколковых проб, отобранных из десяти скважин и трех карьеров рудного поля Светлое изготовлены полированные шлифы и аншлифы. Препараты проанализированы на базе Томского политехнического университета при помощи микроскопа ZEISS Axio Imager.A2m и сканирующего электронного микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU с приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа OXFORD X-Max 50 с Si/Li кристаллическим детектором. Для изучения физико-химических параметров формирования минералов было изготовлено тридцать двуполированных пластин, изученных с использованием криотермокамеры Lincam THMSG 600 (Великобритания), совмещенной с оптическим микроскопом Carl Zeiss Axio и рамановским спектрометром Thermo Fisher Scientific DXR2 для заверки состава включений. Глинистые минералы определены с использованием рентгенодифракционного анализа (РДА) на рентгеновском дифрактометре Bruker D2 Phaser с CuK излучением.

В результате проведенных комплексных исследований вещественного состава пород установлено, что процессы минералообразования в пределах рудного поля Светлое проходили в три этапа и четыре стадии.

Первая дорудная гидротермальная стадия характеризуется образованием нескольких минеральных зон: кварц-рутил пиритовой, кварц-алунит-диккит-пиритовой и кварц-иллит-хлорит пиритовой, которые отражают латеральную зональность рудного поля Светлое (табл.). Наиболее удаленные фронтальные зоны содержат такие филлосиликаты как хлорит и иллит, тыловые участки содержат гипогенные диккит, каолинит, алунит; на более глубоких горизонтах, вскрывающих метасоматиты, развивающиеся по хетанской свите серицит и пирофиллит, центральные осевые зоны представлены мономинеральными вторичными кварцитами различной пористости и кавернозности.

Таблица

Схематическая последовательность минералообразования эпитеpмального поля Светлое

Этапы	Гидротермальный (Дорудный)			Гидротермальный (Рудный)		Гипергенный (Рудный)
Стадии	1			2	3	4
	Минеральные зоны (ассоциации)					
	Кварц-рутил-пиритовая	Кварц-алунит-диккит-пиритовая	Кварц-иллит-хлорит-пиритовая	Кварц-пирит полиметаллическая с золотом	Золото-серебро-теллуридная	Выветривания с высокопробным (переотложенным золотом)

Во вторую гидротермальную рудная стадию попадает кварц-пиритовая минеральная ассоциация с единичными полиметаллическими сульфидами и золотом. В качестве редких вкраплений в эту стадию образуются следующие минералы: золото, галенит, сфалерит, пирротин, халькопирит, киноварь, антимонит, блеклые руды (теннантит-тетраэдрит). Несмотря на редкую сульфидную минерализацию, в данной минеральной ассоциации основное значение имеет рудное золото, основной объем которого осаждался именно в эту стадию. Чаще остальных в трещинах и пустотах образуются самородное золото, галенит, сфалерит, халькопирит, блеклые руды. Золото отличается отдельной вкрапленностью с размерностью не выше 3 мкм. Данная генерация самородного золота характеризуется следующим составом: 66.1...97.8 % Au, 2.2...10.1 % Ag, в единичных случаях до 24.6 % Cu.

В третью гидротермальную рудную стадию нами выделена золото-серебро-теллуридная минеральная ассоциация. Основным жильным минералом является кварц, рудными – пирит, блеклые руды и халькопирит. Пирит этой стадии представлен двумя морфологическими разновидностями: колломорфным и кристаллическим. Колломорфный пирит слагает центральные части совместных выделений с кристаллическим пиритом, поэтому, несмотря на различные проявления структурного строения, они отнесены к одной стадии соответствующей III генерации пирита. Кристаллический пирит (III) характеризуется разнообразным габитусом кристаллов: псевдопризматическим, тетраэдрическим, пентагондодокаэдрическим и др., отличным от кубической формы более ранних генераций. Пирит (III) находится в тесной парагенетической связи с блеклыми рудами, хемуситом, қавацунитом, с которым он обнаруживает индукционные поверхности роста. Халькопирит (II) в отличие от ранней генерации полиметаллической минеральной ассоциации, где он ассоциирует с кубическим пиритом и повсеместно замещается гипергенным ковеллином, находится в тесной парагенетической связи с блеклыми рудами, в которых образует эмульсионные включения с пиритом (III) содержащим примесь Cu. При этом халькопирит (II) образует совместные ассоциации с теллуридами никеля – мелонитом, свинца – алтаитом, висмута – теллуровисмутитом, сурьмы и висмута – теллурантимоном, золота и серебра – сильванитом, калаверитом, мутманнитом, штюцитом [14].

Заключительным этапом минералообразования является гипергенная стадия, в результате которой формируется минеральный комплекс низкотемпературных сульфатных фаз (ярозит, микасаит, гидроксидов с переотложенным высокопробным (горчичным) золотом) [5, 9], продукты изменения первичных сульфидов (англезит, церуссит, микасаит, диадахит). Золото агрегируется в неправильные формы среди пористого пространства кварцитов. Размер таких агрегатов изменяется от долей мкм до 34.6 мкм. Доля Ag изменяется в пределах 3.2...8.4 %, отмечается примесь Se 2.4...2.6 %, Te 1.1 %.

Таким образом, смена минеральных зон от осевых к периферийным (монокварциты → алунитовые кварциты → диккитовые кварциты → кварц-гидрослюдистые аргиллизиты → пропициты) отражает схему метасоматической зональности эпипермального рудного поля Светлое [12].

Золото формировалось, главным образом, в два этапа – рудный (гипогенный) гидротермальный и гипергенный (за счет восстановления до самородного состояния из теллуридов золота). При этом особенностью рудного золота является наличие в нем примеси меди. Примесь меди также обнаруживается в пирите рудной стадии, что может свидетельствовать о потенциале обнаружения порфирирового оруденения на глубине. Согласно данным [1, 3, 4, 7] высокосернистые и среднесернистые эпипермальные месторождения наиболее часто являются продолжающимися верхними частями слепых (скрытых на глубине) порфирировых систем.

Литература

1. Arribas A. Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid [Text] // Mineralogical Association of Canada Short Course Series. – 1995. – V. 23. – P. 419 – 454. DOI: 10.1186/2193-1801-3-130.
2. Hedenquist J.W. Chapter 7 Exploration for Epithermal Gold Deposits [Text] / J.W. Hedenquist, A. Arribas // Reviews in Economic Geology. – 2000. – V. 13. – P. 245 – 277. DOI: 07410123.
3. Hedenquist J.W. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: far southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines / J.W. Hedenquist, A. Arribas, T.J. Reynolds // Economic Geology. – 1998. – V. 93. – P. 373 – 404. DOI: 10.2113/gsecongeo.93.4.373.
4. Hedenquist J.W. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration / J.W. Hedenquist, E. Izawa, A. Arribas, N.C. White // Resource Geology. – 1996. – V. 1. – P. 9 – 13.
5. Lindgren W., 1933. Mineral deposits. McGraw-Hill Book Company, New York and London.
6. Mishin L.F. New age data on the magmatic rocks from the western sector of the Okhotsk – Chukotka volcanogenic belt / L.F. Mishin, V.V. Akinin, E.L. Mishin // Russian Journal of Pacific Geology. – 2008. – V. 2. – P.385–396.
7. Sillitoe R.H. Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits, in: Volcanic, Geothermal, and Ore-Forming Fluids / R.H. Sillitoe, J.W. Hedenquist // Society of Economic Geologists. – 2003. – P. 315 – 343. DOI: 10.5382/sp.10.16.
8. Sillitoe R. H. Intrusion-Related Vein Gold Deposits: Types, Tectono-Magmatic Settings and Difficulties of Distinction from Orogenic Gold Deposits [Text] / R.H. Sillitoe, J.F.H. Thompson // Resource Geology. – 1998. – V. 48. – P. 237 – 250. DOI: 10.1111/j.1751-3928.1998.tb00021.x
9. Tolstykh N.D. Mustard gold of the Gaching ore deposit (Maletoyvayam ore field, Kamchatka, Russia / N.D. Tolstykh, G.A. Palyanova, O.V. Bobrova, E.G. Sidorov // Minerals. – 2019. – V. 9. – P.1-18
10. Yakich T.Y. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration / T.Y. Yakich, Y.S. Ananyev, A.S. Ruban, R.Y. Gavrillov, D.V. Lesnyak, D.V. Levochkaia, O.V. Savinova, M.A. Rudmin // Ore Geology Reviews. – 2021. – V. 136. – DOI: 104257.
11. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. – Под ред. А.И. Ханчука. – Владивосток: Даль- наука, 2006. – Т.1. – 572 с.
12. Гидротермально–метасоматическая зональность, флюидный режим, и типы золотого оруденения участков Эми и Елена эпипермального рудного поля Светлое (Хабаровский край) / Д.В. Левочская, Т.Ю. Якич, Д.В. Лесняк, Ю.С. Ананьев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 10 – С. 17–32.
13. Левочская Д.В., Лесняк Д.В., Якич Т.Ю. Теллуридная минерализация эпипермального золоторудного поля Светлое (Хабаровский край) // Проблемы геологии и освоения недр труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. – 2021. – Т. 42. – С. 98–100.
14. Мишин Л.Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Россия) (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30. – № 4. – С. 32–48.

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ АЯТСКОЙ СВИТЫ
(ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ, СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)**

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В геологической истории ооидовые железняки известны с раннего палеозоя до кайнозоя [9]. Данное исследование посвящено изучению геохимических особенностей верхнемеловых железняков, распространенных среди отложений аятской свиты в пределах Тургайского прогиба для восстановления условий формирования железных руд морского генезиса. Аятский железорудный бассейн вмещает в себя ряд месторождения осадочных руд, которые приурочены к одноименной аятской свите. В качестве близких по времени формирования с Аятским бассейном можно привести Западно-Сибирский железорудный бассейн России [1]. Тургайский прогиб во время позднего мела и палеогена представлял собой эпиконтинентальный пролив между южными морями, Паратетисом и Северным Ледовитым океаном [1, 3].

Изучением данного объекта занимались ряд ученых [3], но для описания современной генетической модели, требуются детальные исследования процессов и условий седиментации и рудообразования железняков. Целью данной работы является изучение геохимических особенностей пород аятской свиты для анализа процессов, отвечающих за формирование железняков аятской свиты. В качестве материала исследований послужили вскрышные толщи аятской свиты, отобранные с бортов Варваринского месторождения (Северный Казахстан). Из них были изготовлены препараты (аналитические пробы, шлифы и аншлифы) для лабораторных исследований. Лабораторно-аналитические работы включали следующие методы: первичное описание образцов, петрографический анализ, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) и масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Петрографический анализ выполнялся с помощью оптического микроскопа, морфология и химический состав отдельных минералов – с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega 3 SBU, оснащенного детектором для энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа OXFORD X-Max 50. Рентгенофлуоресцентный анализ выполнялся с помощью энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного микроскопа HORIBA XGT7200 для определения содержания основных оксидов в валовом составе пород и руд.

Рассматриваемый горизонт аятской свиты представлен гётит-шамозит-сидеритовыми железняками и вышележащими толщами кварц-глауконитовыми песчаниками. Железняки имеют бурую окраску с пористой текстурой и явными следами окисления гидроксидов железа, местами встречаются обуглившиеся растительные остатки. Ооиды состоят в основном из терригенного кварцевого ядра, покрытого кортексом из тонких пластинок (концентры или ламелии), создавая кольцевые ритмично-зональные структуры с хаотичной сменой окраски за счет преобладания алюмосиликатной или карбонатной фазы с различной долей железа, что детектируется как бертьерин/шамозит и сидерит, соответственно. Цементирующий материал представлен преимущественно сидеритом. Также, присутствуют второстепенные аутигенные минералы: аутигенный монацит, пирит, вюрцит и барит. Они встречаются как среди сидеритового цемента, так и внутри ооидов, в различных морфологиях. Монацит отмечается в виде микровключений неправильных форм (инъекционного характера), преимущественно внутри сидеритового кортекса ооидов, реже, в сидеритовом цементе. Размеры фосфат РЗЭ не превышают 0,05 мм. Пирит встречается в виде нормальных фрамбоидов и макрофрамбоидов, а также местами встречаются фрамбоиды типа «подсолнух» («sunflower») [6]. Вюрцит в основном встречается в виде микровключений в ооидах, создавая тонкопластинчатые агрегаты. Редко встречаются сферические агрегаты вюрцита в сидеритовом цементе. Барит также, как и вюрцит, встречается в основном среди ооидов, создавая ксеноморфные агрегаты. Средне-крупнозернистые кварц-глауконитовые песчаники, обладают серым цветом с зеленоватым оттенком за счет содержания в них глауконитовых зерен. Они характеризуются разнозернистой структурой и вариационным соотношением аллотигенных и аутигенных компонентов. Аллотигенные компоненты представлены кварцем, полевыми шпатами (в основном микроклином), апатитом, магнетитом, ильменитом, рутилом и цирконом. Аутигенные компоненты – пиритом (в виде фрамбоидов и идиоморфных зерен) и глауконитом, чаще всего, с микровключениями пирита и барита.

Содержания основных оксидов железняков аятской свиты, на основании РФА, характеризуются следующими вариациями: $Fe_2O_3(\text{total})$ 60,2...62,6 %, SiO_2 5,7...14 %, Al_2O_3 2,9...5,8 %, TiO_2 0,1 %, P_2O_5 0,4...1,8 %. Вариативность SiO_2 и Al_2O_3 напрямую зависит от содержания кварца и бертьерина/шамозита. Однако содержание TiO_2 у обоих литотипов не сильно отличается (0,1 %), что свидетельствует о наличии аллотигенного ильменита и рутила. Судя по полученным генетическим диаграммам Si / Al и Na / Mg (рис. 1), железняки характеризуются следами диагенетических процессов, в прибрежно-морских обстановках.

Суммарное содержание РЗЭ аятских железняков варьируется от 54,6 г/т до 115,9 г/т, в среднем составляет 83,1 г/т, что сравнительно одинаково с суммарным содержанием РЗЭ в железняках Лисаковского месторождения (82,2 г/т) [7], но в 1,5 раза меньше, чем у железняков Бакчарского месторождения (286,4 г/т) [6, 8]. Характер распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) и микроэлементов железняков аятской свиты коррелируются с континентальными железняками Лисаковского месторождения, но при этом отличается от морских железняков Бакчарского месторождения в Западной Сибири (рис. 2А). В железняках Лисаковского месторождения и аятской свиты наблюдается общий дефицит легких редкоземельных элементов (ЛРЗЭ), когда как в железняках Бакчарского месторождения явно повышенные содержания наблюдаются, как по легким, так и по средним редкоземельным элементам (СРЗЭ).

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Ритмично-зональная структура, характерна для железистых ооидов и наличие морфологических разновидностей пирита свидетельствует о достаточно быстрых изменениях среды условий диагенеза – от кислородных к аноксидным. Нахождение РЗЭ в виде

микровключений совместно с другими аутигенными минералами, такими как пирит, барит и вюрцит, подтверждает потенциально единый источник металлов для железняков аятской свиты. Формирование пород аятской свиты происходило в прибрежно-морских условиях в сопряжении с различными гидродинамическими и физико-химическими режимами обстановок морского дна. Наличие прямой корреляции между аятскими и лисаковскими железняками указывает на схожесть единой генетической модели накопления РЗЭ и микроэлементов.

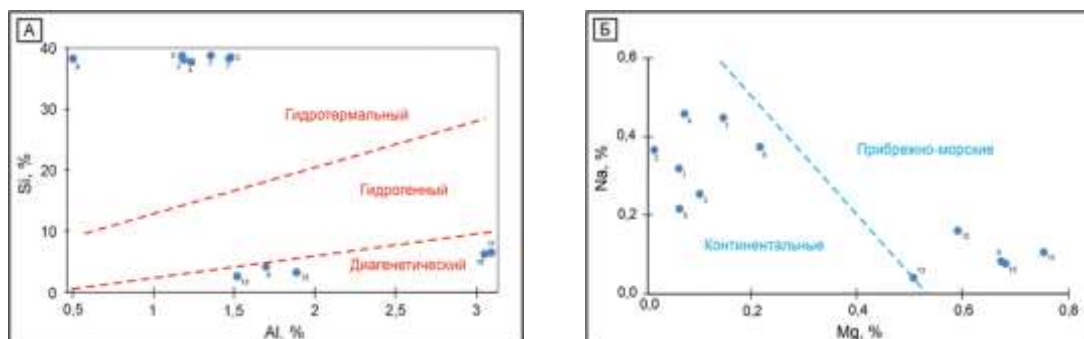


Рис. 1. Генетические диаграммы: А) зависимость между Si и Al; Б) зависимость между Na и Mg. 1-8 – песчаники; 9-13 – железняки

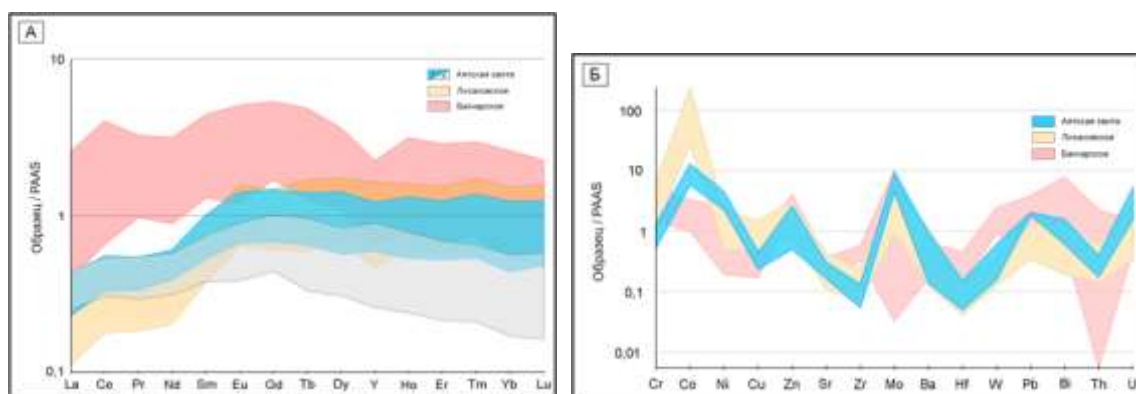


Рис. 2. Спайдер-диаграммы содержания редкоземельных элементов (РЗЭ, А: а – железняки; б – песчаники) и микроэлементов (Б), нормированных на средние содержания в земной коре по РААС (средний постархейский австралийский глинистый сланец). Распределения РЗЭ для Лисаковского и Бакчарского месторождений взяты из [6–8]

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов Российского научного фонда (грант № 21-17-00019).

Литература

1. Белоус Н.Х. Казанский Ю.П., Бердников А.П. и др. Западно-Сибирский железорудный бассейн. – Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. – С. 448.
2. Найдин Д.П. Разрез верхнего мела Кушмурун, Торгайский пролив // Вестник Московского университета. – Серия 4: Геология. – 2006. – Т. 4. – С. 3–9.
3. Формозова Л.Н. Железные руды Северного приаралья // Москва: Издательство академии наук СССР, 1959. – 475 с.
4. Houten F.B. Van, Bhattacharyya D.P. Phanerozoic Oolitic Ironstones - Geologic Record and Facies Model // Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 1982. – Vol. 10. – № 1. – Pp. 441–457.
5. Kimberley M.M. Debate about ironstone: has solute supply been surficial weathering, hydrothermal convection, or exhalation of deep fluids? // Terra Nova, 1994. – Vol. 6. – № 2. – P. 116–132.
6. Rudmin M., Banerjee S., Abdullayev A., Ruban A., Filimonenko E., Lyapina E., Kashapov R., Mazurov A. Ooidal ironstones in the Meso-Cenozoic sequences in western Siberia: assessment of formation processes and relationship with regional and global earth processes // Journal of Palaeogeography, 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 1–21.
7. Rudmin M., Kalinina N., Banerjee S., Reva I., Kondrashova E., Kanaki A., Trubin Y., Baldermann A., Mazurov A. Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan) // Ore Geology Reviews, 2021. – Vol. 138. – № July. – P. 104391
8. Rudmin M., Mazurov A., Banerjee S. Origin of ooidal ironstones in relation to warming events: Cretaceous-Eocene Bakchar deposit, south-east Western Siberia // Marine and Petroleum Geology, 2019. – Vol. 100. – P. 309–325.
9. Van Houten F.B., Hou H.F. Stratigraphic and palaeogeographic distribution of Palaeozoic oolitic ironstones // Geological Society Memoir, 1990. – Vol. 12/ – № 1. – P. 87–93.
10. Young T.P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review // Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Vol. 46. – № 1. – P. 9–25.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Молюкпаева Д.К.

Научный руководитель профессор Ворошилов В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время использование методов дистанционного зондирования Земли при поисках пластово-инфильтрационных месторождений урана изучено недостаточно. В представленной работе рассмотрено использование данных методов на примере Шу-Сарысуйской урановорудной провинции Южного Казахстана. С помощью космоснимков, полученных со сканирующих тепловых радиометров среднего разрешения (Landsat-7 ETM+, Aster), появилась возможность использовать данные тепловых съемок для выявления зон пластового окисления.

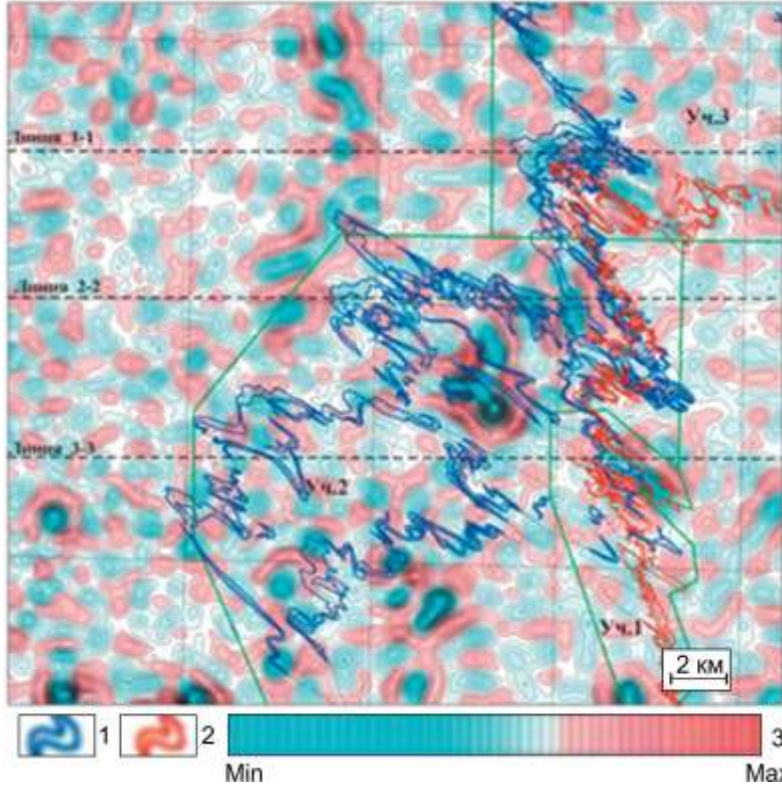


Рис. 1. Месторождение Инкай. Карта современного теплового поля на глубине 500 м; проекции на поверхность рудных залежей в горизонтах: 1 – инкудукском; 2 – мынкудукском; 3 – изолинии интенсивности теплового потока

Методы дистанционного зондирования с использованием новых технологий обработки цифровых космоснимков в разных диапазонах позволяют картировать разломы, как на открытых площадях (видимый диапазон частот, радиолокационная съемка), так и под чехлом рыхлых образований (тепловые каналы). Кроме того, обработка данных тепловых каналов дает возможность выделять аномалии от погребенных структур (речные долины, унаследованные элементы приподнятых и опущенных блоков палеозойского фундамента), так как различные фации чехла по теплофизическим свойствам существенно различаются. При выборе и подготовке цифрового космического снимка к обработке много внимания уделяется исключению различного рода помех, связанных со временем года, временем суток, облачностью. Иногда необходимо просмотреть десятки снимков, чтобы подобрать качественный. Особенно это относится к тепловым диапазонам, наиболее чувствительным к условиям съемки и теплофизическим параметрам изучаемой среды. Выполнение

указанных условий и специализированная обработка дает новую дополнительную информацию, которая в комплексе с результатами обработки данных геофизических методов существенно повышает достоверность прогнозных построений.

Значения аномалий тепловых съемок является показателем благоприятной обстановки для локализации урановых руд, приуроченных к зонам очагов разгрузки подземных вод, имеющих рудоконтролирующее значение при формировании зон пластового окисления на геохимических барьерах. При интерпретации данных тепловых съемок в Шу-Сарысуйской урановорудной провинции наблюдается следующее – зоны пластового окисления формируются в основном на границе нисходящих холодных и восходящих теплых потоков [1]. Данные границы потоков отражают проницаемость пород, где могут формироваться «урановые роллы» (рис. 1, 2).

Закономерности размещения зон пластового окисления видны на рисунках 1 и 2, где мы наблюдаем «огибание» тепловых потоков. При помощи данного метода в комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами можно выявить как основные региональные рудоконтролирующие зоны пластового окисления, так и локальные. Метод позволяет установить наиболее перспективные участки для размещения буровых работ при поисках уранового оруденения данного типа. Это позволяет уменьшить затраты и более детально изучить нужные территории.

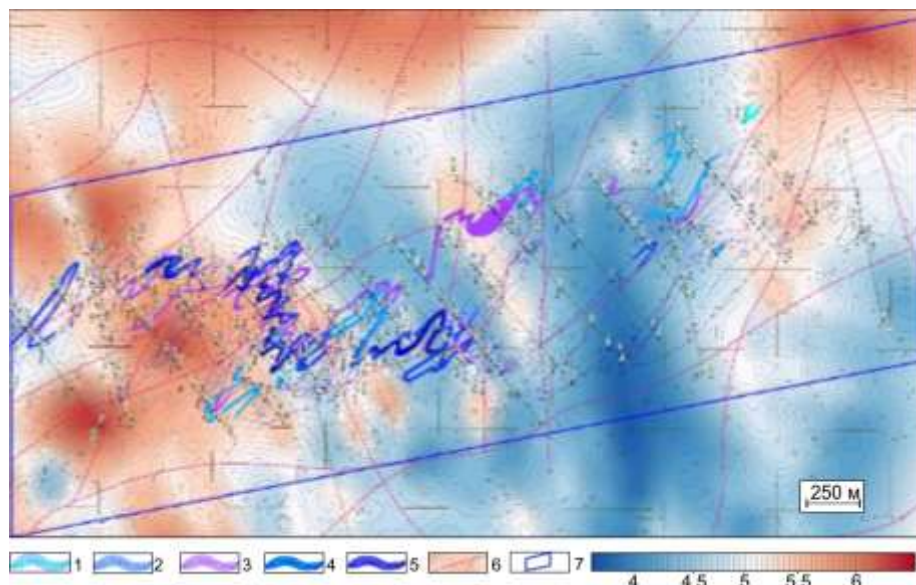


Рис. 2. Карта результатов обработки теплового поля участка Тогузскен: урановое оруденение верхней пачки с границами выклинивания в уровнях зон пластового окисления (ЗПО): 1 – в верхнем; 2 – в среднем; 3 – в нижнем; урановое оруденение нижней пачки с границами выклинивания в уровнях ЗПО: 4 – в верхнем; 5 – в нижнем; 6 – разломы в мезозой-палеозойских отложениях (по геофизическим данным); 7 – контур участка Тогузскен; 8 – шкала теплового поля, Вт/м²·см/км

В результате при поисках инфильтрационных урановых месторождений может быть рекомендована следующая последовательность комплексных исследований геолого-геофизическими методами и методами дистанционного зондирования. На начальном этапе на площади проводится гравитационная и магнитная съемка, по данным которых с использованием новых процедур интерпретации и результатов картировочного бурения строится карта палеорельефа фундамента. Одновременно проводится анализ имеющихся данных дистанционного зондирования и выбираются наиболее информативные космоснимки, включая тепловые диапазоны. На основании результатов обработки данных тепловых каналов строится карта распределения тепловых аномалий, по которой выделяются области предположительно с высокой и низкой проницаемостью разреза. Совместный анализ полученных карт, с привлечением имеющихся данных о зонах пластового окисления, как указывалось выше, позволяет выделить наиболее перспективные участки для размещения профилей поискового бурения. На заключительном этапе, в результате анализа данных бурения, каротажа, всех полученных результатов интерпретации геофизических материалов и данных дистанционного зондирования строятся литолого-геохимические карты по каждому продуктивному горизонту, на основании которых принимается решение о перспективах площади и продолжении исследований.

Литература

1. Карелин В.Г., Петровский В.Б. Опыт применения методов изучения теплового поля Земли для прогнозно-поисковых задач в Шу-Сарысуйской урановорудной провинции // «Геология и охрана недр» (АО «Волковгеология», Алматы, Казахстан, ТОО «КазЗарубежГеология», Алматы, Казахстан) – 2014. – № 2. – С. 48–60.
2. Кашафутдинов И.В., Петровский В.Б. Возможности использования методов дистанционного зондирования Земли при поисках инфильтрационных урановых месторождений // «Филиал АО «Волковгеология» ЦОМЭ, Алматы, Казахстан, ТОО «КазЗарубежГеология», Алматы, Казахстан – Актуальные проблемы урановой промышленности: Материалы VIII-й международной научно-практической конференции, 3-5 августа 2017: Сборник трудов – Астана, Республика Казахстан. – 451 с.
3. Огай Е.К., Петровский В.Б. Использование современных технологий дистанционного зондирования Земли при решении геологических задач // Российско-Казахстанский сборник научных трудов. – М., 2007.

МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ВЕРНИНСКОЕ

Николаева А.Н.

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождение Вернинское находится в центральной части Бодайбинского района Иркутской области, в 146 км от города Бодайбо, в 6 км от поселка Кропоткин.

Рудопоявление расположено в центральной части опрокинутой на юг Вернинской антиклинали, простирающейся в субширотном направлении. В геологическом строении месторождения принимают участие отложения верхнего рифея Бадайбинской серии Аунакитской свиты.

Наиболее детально изучены метасоматические образования Северной рудной зоны, находящейся в лежачем крыле Вернинской антиклинали.

В результате коллизионного процесса осадочные породы претерпели процесс катагенеза и близки к процессам метagenеза, в результате чего и относятся к метасадкам.

Породы подверглись гидротермально-метасоматическим изменениям, которые относятся к тектогенным региональным формациям и представлены пропилитовыми и березитовыми статическими устойчивыми ассоциациями. С последней ассоциацией непосредственно связано оруденение месторождения. Слабо проявленная пропилитовая формация охватывает самую внешнюю зону гидротермально-измененных пород месторождения. В свою очередь березитовая формация проявлена на месторождении наиболее широко и именно к ней пространственно приурочены все рудные тела месторождения.

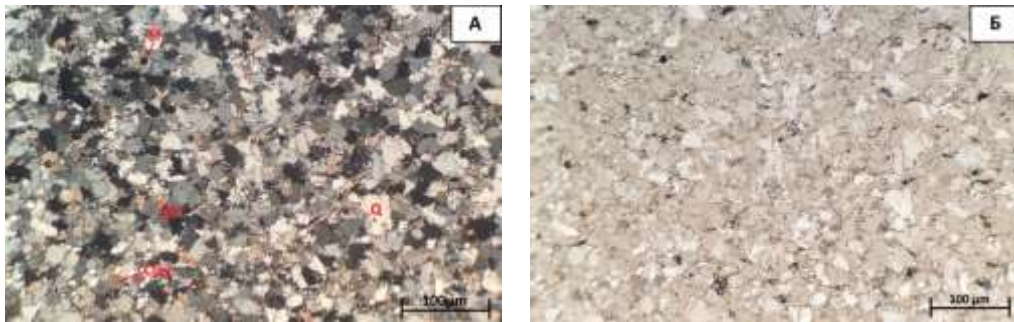


Рис. 1. Пропилитовая формация. Среднезернистый песчаник. Sf – сульфиды, Sgr – полевые шпаты, Q – кварц, Carb – карбонаты. А – николи II, Б – николи +

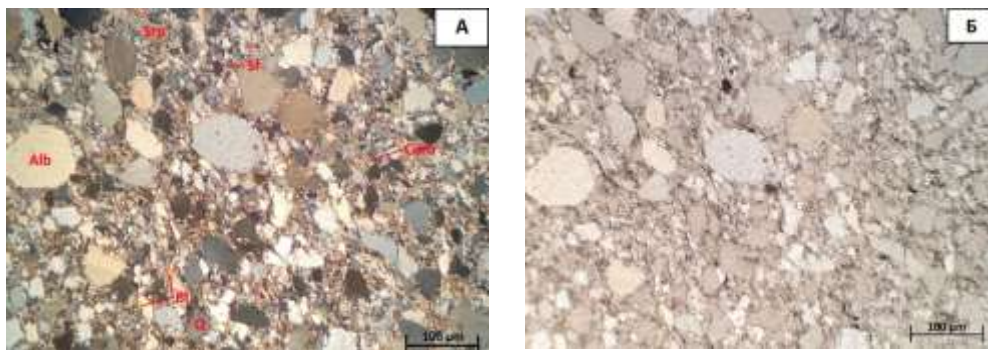


Рис. 2. Березитовая формация. Средне-крупнозернистый песчаник. Sf – сульфиды, Sgr – полевые шпаты, Q – кварц, Carb – карбонаты, Bi – биотит, Alb – альбит. А – николи II, Б – николи +

Породы надрудной зоны принадлежат пропилитовой формации и имеют кварцитовидный облик. Исходная порода представлена песчаником, иногда с переслаиванием алевролита. Большая часть пород представлена разнозернистым агрегатом кварца, размером до 0,25...0,3 мм, между зернами которого отмечается карбонатный цемент (рис. 1). Содержание карбонатов в породах варьирует от 3 до 20 %, очень редко возрастает до 50...65 % (по данным рамановской микроскопии – это анкерит и сидерит). В виде вторичных минералов по массе пигментировано отмечаются серицит, хлорит, редко ПШ. Сульфидная минерализация в данной зоне бедна и представлена доминирующим арсенопиритом и пиритом. Форма зерен близка к изометричным со слегка сглаженными углами, размером до 0,05 мм.

Рудная зона сопровождается метасоматическими изменениями березитовой формации. Рудовмещающая толща представлена разнозернистыми (тонко- и среднезернистыми) песчаниками, в меньшей степени алевролитами и темно-серыми массивными аргиллитами разной степени рассланцованности. Рудные тела характеризуются березитами, представленными стандартной группой минералов: кварца, ПШ, серицита, карбонатов и альбита, характеризующиеся лепидогранобластовыми срастаниями (рис. 2). В виде акцессорного минерала обнаружены обломки турмалина. Из сульфидной минерализации в березитах отмечаются пирит с арсенопиритом. В рудной части сульфидная минерализация неравномерна, а также стоит отметить, что весьма бедна (до 10 %). В составе цемента алевролита и песчаника участвуют в преобладающем количестве кварц, а также карбонаты, кероген, серицит, рутил и апатит. Отмечается, что чешуйчатые агрегаты серицита ориентируются по полосам керогена, а вне этих полос рассеиваются в породе беспорядочно. Ранее в породах имела место быть глинисто-карбонатная масса, но в данный период времени доминирует серицит-карбонатная масса. В породах отмечается постепенное кливажирование –

переход породы в сланцы. Содержание кварца по сравнению с надрудной зоной значительно меньше, преобладает основная цементирующая часть, представленная однородным обломочным агрегатом, размер зерен которых до 0,05 мм. В результате исследования выявлена некая особенность березитов, а именно, низкое содержание светлой слюды в песчаниках, по причине дефицита глинозема в исходной породе. Связано это с тем, что в породах мало полевых шпатов, которые в свою очередь и являются основными носителями светлой слюды.

Пострудная зона представлена такими породами как алевролитом, песчаником и сланцами. В данной зоне наблюдается интенсивное кливажирование. Количество сульфидной минерализации значительно меньше, чем в рудной и не превышает 3...5 %. Минеральный состав пород представлен кварцем, полевыми шпатами и карбонатами. В виде аксессуарных отмечается кероген в трещинах (рис. 3) и серицит, вероятнее всего в ассоциации с ним. Единично отмечаются агрегаты темноцветных минералов, представленные биотитом. Структура пород мелко-среднезернистая.

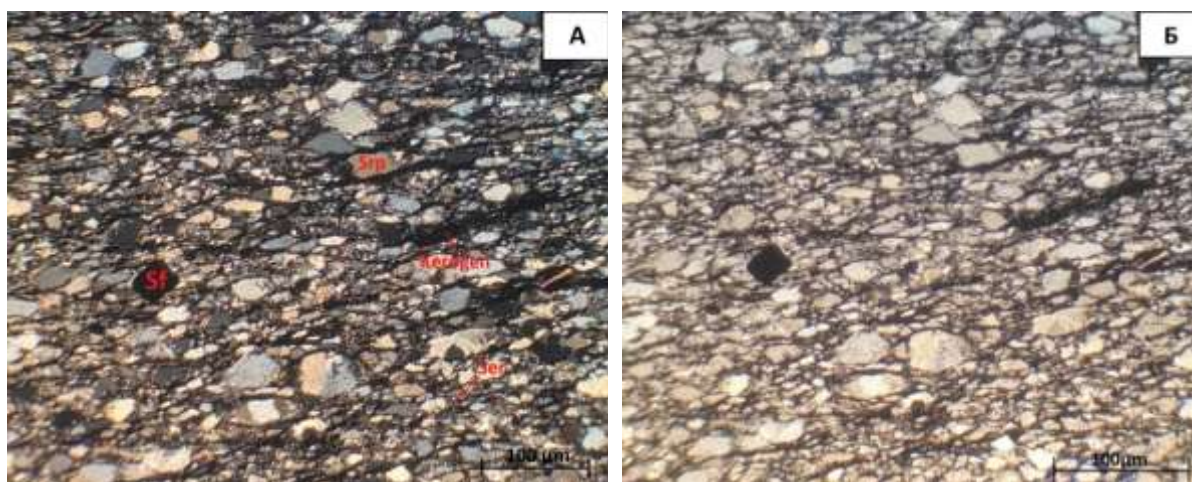


Рис. 3. Интенсивное кливажирование. Средне-крупнозернистый песчаник. Sf – сульфиды, Srp – полевые шпаты, Q – кварц, Ser – серицит, Kerogen – кероген. А – николи II, Б – николи +

Таблица

Химический состав силикатных пород

Зона	Содержание, мас. %										Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	As ₂ O ₅	MgO	P ₂ O ₅	SO ₃	
Рудная зона (Р.Т.1)	68,88	9,54	0,35	4,4	1,22	7,38	0,02	7,04	0,81	3,23	102,87
Надрудная (межрудная) зона	70,77	18,37	0,05	2,94	1,64	1	-	2,32	1,66	2,69	101,44
Рудная зона (Р.Т.2)	68,61	9,75	0,33	11,06	0,79	6,57	1,69	4,15	-	1,81	104,76
Пострудная зона	96,83	5,95	0,11	0,63	0,67	0,51	-	1,03	-	0,23	105,96

Анализ химического состава пород на основные породообразующие элементы (силикатный анализ) выполнялся с использованием микроанализатора HORIBA X-Ray Analytical Microscope XGT 7200. По результатам анализа, представленным в таблице, отмечается преобладающее содержание литофильных элементов во всех зонах. Рудообразующие компоненты представлены железом и серой. Доля общей серы, которая практически вся связана с сульфидами, в рудных зонах составляет 2...3 %. Степень окисления руд, рассчитанная по железу, составляет в среднем примерно 4...11 %. Часть окисленного железа принадлежит карбонатам (сидериту и анкериту), а также породообразующим минералам. В незначительном количестве выявлены мышьяк, фосфор и титан. Причем мышьяк с титаном имеют большие значения в рудных зонах, тогда как фосфор, наоборот, отмечен максимумом в надрудной. Результатом фиксации в собственных минеральных формах титана, высвободившегося из метаморфических минералов (биотита и амфибола) при их замещении хлоритом и серицитом является рутил в виде игольчатых микрокристаллов, а также лейкоксен в скоплениях, отмечающиеся ничтожно малым содержанием в каждой зоне. Выявленное содержание оксида фосфора в надрудной и рудной зоне, вероятнее всего, представлено в породах рассеянными микрокристаллами апатита. Содержание диоксида кремния в надрудной и рудной зоне стабильно (69...70 %), тогда как в пострудной зоне отмечается заметное его повышение (до 97 %), что говорит об увеличении таких нерудных минералов как кварц и полевые шпаты. Установлено, что путем замещения известковистого компонента цемента в осадочных региональных метаморфизованных породах отлагалось небольшое количество Mg-Fe-карбонатов с выраженной формой кристаллов-ромбоздров, что свидетельствует об эпигенетическом (постседиментационном) их происхождении. По результатам работ предшественников [4, 5], в рудах сохраняется сильная корреляционная связь серебра и ртути при умеренной связи ртути с золотом.

Литература

1. Буряк В.А. *Метаморфизм и рудообразование*. – М.: Недра, 1982. – 256 с.
2. Кучеренко И.В. К методике формирования выборок для расчета статистических параметров распределения и баланса химических элементов в окорудном пространстве гидротермальных месторождений золота // *Известия Томского политехнического университета*. – 2005. – Т. 308. – № 2. – С. 23–30.
3. Кучеренко И.В. Петрогеохимические особенности рудообразования в сланцевых толщах // *Разведка и охрана недр*. – 1986. – № 12. – С. 24–28.
4. Петролого-геохимические черты окорудного метасоматизма в золоторудном месторождении Сухой Лог (Ленский район). Ч. 1. Обзор петролого-геохимических исследований рудовмещающего субстрата / Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верхозин А.В. // *Известия Томского политехнического университета*. – 2011. – Т. 319. – № 1. – С. 35–41.
5. Петролого-геохимические черты окорудного метасоматизма в золоторудном месторождении Сухой Лог (Ленский район). Ч. 2. Петрология окорудного метасоматизма / Кучеренко И.В., Гаврилов Р.Ю., Мартыненко В.Г., Верхозин А.В. // 2011. – Т. 320. – № 1. – С. 28–37.

**УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА
ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ V РУДНОЙ ЗОНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЛУННОЕ»
(МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Серкина Г.С.

Научный руководитель доцент Тимкин Т.В.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Золотосеребряное месторождение «Лунное» находится в междуречье Левого Булура - правого Арылаха [1–3]. В административном отношении месторождение расположено на границе Омсукчанского и Среднеканского городского округа Магаданской области, в междуречье Левого Булура – Правого Арылаха. Площадь рудного поля месторождения составляет 40 км².

Географические координаты месторождения:

63° 03' – 63° 08' – северной широты.

155° 05' – 155° 12' – восточной долготы.

Район характеризуется мелкогорным ландшафтом. Абсолютные отметки вершин мелкогорья 800...1100 м, относительные превышения не более 200...300 м. Склоны сопки пологие (углы от 10...20° до 25...30°), слабо залесенные и задернованные у подножий, водоразделы плоскозакругленные. Отмечается мощный покров делювиальных отложений в межгорных впадинах, заболоченность речных долин и выположенных участков склонов.

Обнаженность района плохая. Мощность рыхлых образований колеблется от 0...1 м на водораздельных участках, до 3...6 м на склонах и 4...10 м в основании склонов. Низкие температуры обусловили повсеместное развитие вечной мерзлоты. Максимальная глубина оттайки грунта на южных склонах в августе месяце составляет 1...2 м, на северных – 0,1...0,5 м.

Гидросеть описываемой территории представлена наиболее крупным водотоком Лев. Арылах, который является крупным притоком Лев. Булура и относится к бассейну реки Бальгыгчан.

Климат района резко континентальный субарктический с большими годовыми и суточными колебаниями температур: от -55°С в январе до +35°С в июле, при этом, среднесуточные температуры самого тёплого месяца – июля – не превышают +15°. Среднегодовая температура -12° С. Годовое количество осадков около 370 мм, большая часть их выпадает в третьем квартале. Устойчивый снежный покров устанавливается в первой декаде октября и стает к середине июня.

Позиция Рудной зоны V в общей геологической структуре месторождения Лунное. Рудная зона расположена в верховьях ручья Низкий, на его левом борту, в 0,5 км к востоку от зоны II. В структурном отношении находится на северном фланге протяженной полосы тектонической напряженности, северо-восточного (30...35°) простирания, прослеживаются через всё рудное поле и контролирующие минерализованные структурные зоны V^a, V^b, X. С юго-запада зона V ограничена рудоотводящим диоритовым разломом северо-западной ориентировки и располагается в его висячем боку. Рудовмещающим комплексом являются магматиты бастинского комплекса и терригенные отложения галимовской свиты. Осадочные породы, представлены алеволитами и песчаниками с редкими прослоями гравелитов, углефицированных сланцев, каменных углей в результате внедрения интрузий и многократных тектонических подвижек на северо-восточном фланге зоны. Среди осадочных отложений развиты субпластовые и секущие тела трахиандезит-порфиры и трахириодацитов. В центральной части зоны располагается крутопадающее (75...90° штокообразное тело, представляющее собой юго-восточный сагеллит Арылахского интрузива). Здесь он представлен тремя разновозрастными фазами. В количественном отношении резко преобладают монодиориты и гранодиориты второй фазы внедрения. Подчиненное значение имеют субщелочные габбро-диориты первой фазы и гранодиорит-аплиты четвертой фазы.

Рудная зона V по морфоструктурным особенностям представляет собой жильную зону сложного строения, характеризующуюся наличием дорудной и продуктивной минеральных ассоциаций.

Жильные зоны сложного строения являются на месторождении ведущим морфологическим типом рудных тел, в котором сосредоточены основные запасы золота и серебра. Они имеют северо-восточную ориентировку, менее крутое (50...70) падение и значительную (до 20...36 м) мощность. В их строении участвуют жилы выполнения, зоны прожилкования, а также линейные тела гидротермальных брекчий и метасоматитов, располагающиеся сопряжённо

или субпараллельно друг другу. Контуры рудных тел в таких структурах определяются в основном по данным опробования.

Рудные тела имеют линзовидную или плитообразную форму. Основная часть разведанных запасов в главных рудных телах месторождения сосредоточена в рудных столбах, которые подчиняются литологическому и структурному контролю.

Промышленное оруденение в зоне связано со стержневой родохрозит-родонит-кварцевой жилой выполнения, рассекающей вышеописанные дорудные гидротермалиты в их висячем боку (рудное тело I). Высокое содержание золота и серебра связаны с поздней сульфид-кварцевой ассоциацией, неравномерно проявленной в виде гнезд, линз и прожилков мощностью от первых сантиметров до первых десятков. Сульфиды (сфалерит, галенит, пирит, реже халькопирит) образуют тонкую рассеянную вкрапленность, реже гнезда до 1...2 см, в жильной массе. В тесном сростании с сульфидами находится серебряная минерализация (акантит, полибазит, макинстриит, стефанит, штроймерит). Структура жильных агрегатов мелко-среднезернистая, текстура пятнистая, грубо и тонкополосчатая, колломорфно-ритмичная.

Методика минералого-петрографических исследований. Исходным материалом для данной работы послужили данные собранные во время прохождения производственной практики в АО «Серебро Магадана». Были отобраны 20 образцов из вмещающих пород и рудных пересечений. Исследования заключались в макро- и микроскопическом изучении образцов, включающие следующие этапы:

- изучение текстурно-структурных особенностей (микроскопа «Olimpus 53BXF»);
- определение минерального состава;
- определение процентного соотношения минералов в аншлифах;
- установление закономерностей в распределении минералов в рудных агрегатах и определение взаимосвязи между ними;
- определение вещественного состава образцов;
- выявление условия локализации оруденения.

Результаты исследований. Метасоматические изменения на объекте исследования разнообразны, это и каолинит-кварцевые, кварц-хлорит-серицитовые, хлорит-эпидотовые и актинолитовые. Предположительно первичные породы были вышележащими и просто погружались в глинисто-кремнистый субстрат. Далее происходит метасоматическое обрастание. Обломки цементируются кварцевым агрегатом. В шлифе присутствует кварц-полевошпатовые агрегаты, они имеют шахматную штриховку. Кварц является метасоматическим. Новообразование кварца имеют характер тонкозернистой цементирующей массы, замещающей первичный базис пород и заполняющий свободные интерстиции. В данном случае кварц ассоциируется с альбитом. В первоначальном пустотно-выщелачиваемом пространстве локализовались околорудные глинисто-кремнистые метасоматиты (аргиллизиты), которые замещают обломки и обрамляют встроившиеся зерна кварца. Данная масса имеет колломорфную текстуру.

Также стоит отметить присутствие в породе минералов группы эпидота и лимонита. Данные минералы слагают эпидот-цоизит-лимонитовую ассоциацию и относятся к пропилитовой формации. Кристаллы эпидота прорастают среди изотропной пропитки лимонитом. Минералы группы эпидота имеют высокие цвета интерференции.

Большую роль в образовании метасоматитов играют карбонаты, они выполняют роль основного субстрата для роста метасоматического кварца. Отмечается крустификационное обрастание изначальных обломков, нарастание которых происходит перпендикулярно поверхности. Далее по трещинкам спайности происходит прорастание радиально лучистых агрегатов антофиллита с высоким рельефом и низкими светлыми интерференциями и косым погасанием, предположительно такого же кремнисто-глинистого состава. Локально радиально-лучистые агрегаты переходят в тонко игольчатые агрегаты. В данную стадию также происходит нарастание рудного компонента. Стоит отметить, что рудные минералы являются наложенными, для них характерно обособление даже после вторичных метасоматических изменений. Рудные минералы прорастают в центре глинисто-кремнистой массы, тяготея к ней, пытаются выстроить правильные кристаллические огранки.

Таким образом, вмещающие породы в пределах V рудной зоны подверглись метасоматическим изменениям, таким как, ранняя пропилитизация (хлорит, эпидот, цоизит) и образование околорудных глинисто-кремнистых аргиллизитов с рудной сульфидной минерализацией.

Литература

1. Савва Н.Е., Волков А.В., Сидоров А.А., Козлова Е.Е., Мурашов К.Ю. Эпитермальное Ag-Au месторождение Приморское (Северо-Восток России): геологическое строение, минералого-геохимические особенности и условия рудообразования // Геология рудных месторождений. – 2019. – Т. 61. – № 1. – С. 52–74.
2. Волков А.В., Мурашов К.Ю., Сидоров А.А. Геохимические особенности эпитермального рудообразования в Охотско-Чукотском вулканоплутоническом поясе (Северо-Восток России) // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 474. – № 3. – С. 351–355.
3. Матузов И.С. К особенностям вещественного состава рудного тела № 5 золотосеребряного месторождения "Лунное" (Магаданская область) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвящённого 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина: в 2х томах, Томск, 08–12 апреля 2019 года. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. – С. 164–165.

**РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НАТАЛКИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Сухорукова В.А.

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Наталкинское золоторудное месторождение сформировано в результате метаморфогенно-метасоматических процессов в период раннемеловой тектономагматической активизации на периферии Центрально-Колымской золотоносной области. Территориально месторождение входит в состав Омчакского рудно-рассыпного узла и представляет собой линейный мегаштокверк со сложным внутренним строением, не имеющих отчетливых геологических границ.

Месторождение относится к золотосульфидно-вкрапленному типу и характеризуется сложным метаморфогено-гидротермальным или магматогенно-гидротермальным генезисом, с частичным вовлечением вещества вмещающих пород [1].

Таблица

Химический состав гидротермально-измененных пород Наталкинского месторождения, мас. %

№	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe	Co	Ni	Zn	As	Y	Br	Zr
уч. Север 2 (аншлиф 1.2)																	
REE (Ti)	34,56	2,69	5,73	7,23	8,11		0,32			7,45							
Asp (Co, Ni)	35,62					12,6		0,16		8,1	6,66	8,22		28,63			
REE (Ti, Ag)	30,7	2,78		1,51	8,91			9,17	4,76	6,37							
Y(PO ₄)(REE)	33,14				16,34			0,46							36,21		
уч. Север 3 (аншлиф 1.3.)																	
Asp (Ta, In)						19,98				32,23				42,65			
Sph	1,42					31,74				1,69			60,96				
Восточная часть уч. Центральный (аншлиф 1.4)																	
TiO ₂ (W)	38,36	0,23	0,9	0,3	0,31			0,41	54,14	2							
уч. Центральный (аншлиф 1.7)																	
REE	37,67		1,31	1,71	11,16			0,18									
Asp						20,91				33,95	2,23	0,72		38,84			
Zr[SiO ₄] (Au, Hf)	30,14			22,6						0,39							41,39
уч. Центральный (аншлиф 1.8)																	
PbS	3,39					19,52				3,04				1,22			
Asp	4			0,22		13,15		0,19		44,78				35,91		1,23	
уч. Север 2 (аншлиф 1.2)																	
REE (Ti)				7,33	16,01	1,75	7,36	0,97									
REE (Ti, Ag)	0,48			6,96	16,43	2,3	8,62	1,5									1,6
Y(PO ₄)(REE)									2,85	3,35	4,57	3,08					
уч. Север 3 (аншлиф 1.3.)																	
№	O	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe	Co	Ni	Zn	As	Y	Br	Zr
Asp (Ta, In)			0,73											4,42			
Восточная часть уч. Центральный (аншлиф 1.4)																	
TiO ₂ (W)															3,35		
уч. Центральный (аншлиф 1.7)																	
REE				8,9	20,8	2,34	11,15	1,79		1,48							
Asp																	4,1
Zr[SiO ₄] (Au, Hf)		1,32											1,05				
уч. Центральный (аншлиф 1.8)																	
PbS																	64,62

Руды на Наталкинском золоторудном месторождении сформировали залежь, которая состоит из линейных зон жил и прожилков различного состава (кварцевый, кварц-карбонатный, сульфидно-кварцевый). Главными сульфидами на месторождении являются пирит и арсенопирит. Но помимо данных рудных минералов также присутствует небольшое количество сфалерита, галенита, рутила. Самородное золото мелкое (10...70 мкм) и приурочено в основном к прожилково-жилльному типу руд. Тонкодисперсное и мелкое золото (< 10 мкм и 10...70 мкм, соответственно) встречается в ассоциации с арсенопиритом и галенитом. Самородное золото размерами, не превышающими 2...3 мм, в свободном состоянии приурочено к жилльному кварцу и сросткам с сульфидными минералами [1].

На Наталкинском месторождении на данный момент выделяют следующие рудные участки: Северо-западный, Юго-восточный и Центральный. Северо-западный участок в свою очередь подразделяется на «Север 1», «Север 2», «Север 3». Для изучения поверхности минералов были отобраны рудные образцы с карьера и изготовлены аншлифы.

Одним из методов, наиболее полно характеризующим особенности поверхности минералов, является сканирующая электронная микроскопия. Поверхность полированных аншлифов изучалась с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

В результате проведенных исследований установлены следующие закономерности.

Наличие редкоземельных элементов во вкрапленных рудах Наталкинского золоторудного месторождения на уч. «Север 2» и уч. «Центральный». Зерна в основном изометричные, по размерам не превышают 10 мкм (рис. 1, 2, 5.). Примесь в зернах встречается серебро и платина. Основным редкоземельным элементом во многих зернах является иттрий, его доля в химическом составе достигает 36 %.

Обнаружены зерна сфалерита, размерами до 150 мкм, а также зерна галенита чуть меньшего размера. Зерно сфалерита находится близко к зёрнами арсенопирита и халькопирита (рис. 3). Зерно галенита (рис. 6) расположено в трещине зерна арсенопирита.

Зерна арсенопирита и пирита в аншлифах Наталкинского золоторудного месторождения наблюдаются в разных формах и размерах. Примесь в небольших количествах присутствуют такие элементы как: Co, Ni, Ta, In. На рис. 5 можно наблюдать сросток кристалла арсенопирита и пирита.

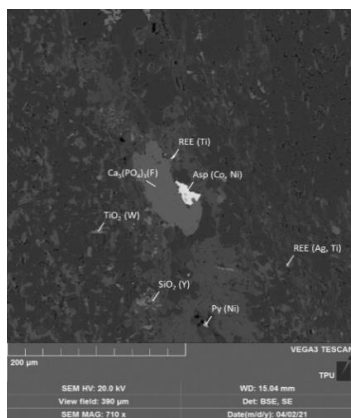


Рис. 1. Уч. Север 2 (аншлиф 1.2)

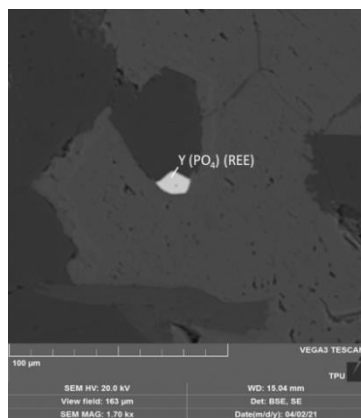


Рис. 2. Уч. Север 2 (аншлиф 1.2)

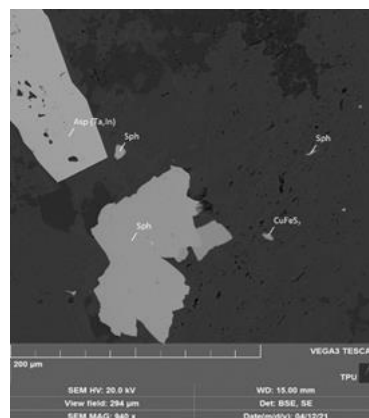


Рис. 3. Уч. Север 3 (аншлиф 1.3)

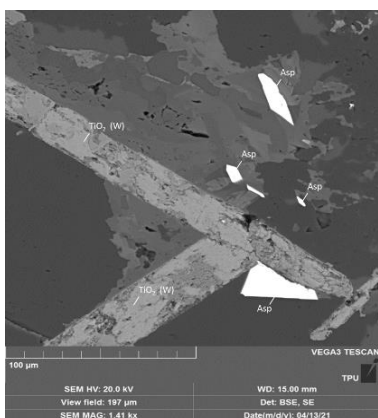


Рис. 4. Восточная часть уч. Центральный (аншлиф 1.4)

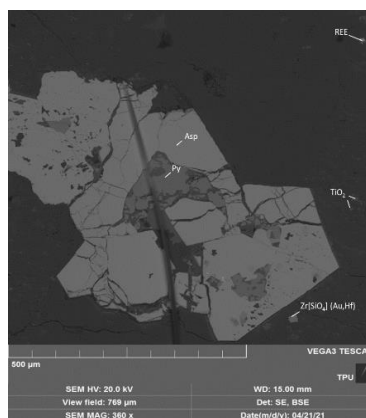


Рис. 5. Уч. Центральный (аншлиф 1.7)

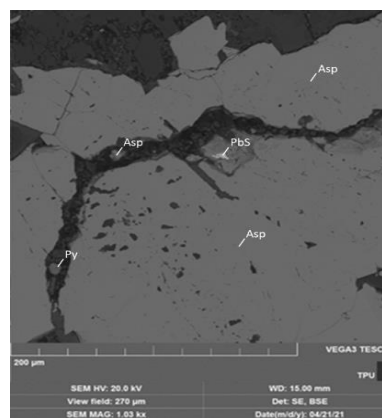


Рис. 6. Уч. Центральный (аншлиф 1.8)

В аншлифе на участке «Центральный» было обнаружено небольшое зерно (размером 22,6 мкм) циркона ($Zr[SiO_4]$) с примесью золота и гафния.

При дроблении и измельчении руды основная масса драгоценного металла освобождается и присутствует в свободном виде. Небольшая доля золота в виде открытых сростков ассоциирует с сульфидами, главным образом, арсенопиритом и пиритом. Это вызывает определенные потери при флотационном обогащении руд и часть металла уходит в хвосты. Наличие самородного и тонкодисперсного золота на месторождении также вызывает определенные сложности и при аналитических исследованиях проб. Для того чтобы уловить крупное золото в пробе на месторождении исследуют как минусовую фракцию, так и плюсовую (табл.).

Литература

1. Горячев Н.А., Сидоров В.А., Литвиненко И.С., Михалицына Т.И. Минеральный состав и петрогеохимические особенности рудных зон глубоких горизонтов Наталкинского месторождения // Колыма, 2000 – 38-49 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ РУДНОГО ПОЛЯ ФУОКТХАНЬ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ

Чан В.Т.

Научный руководитель профессор Игнатов П.А.

*Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе,
г. Москва, Россия*

Рудное поле Фуоктхань расположено в Центральном Вьетнаме в 80 км к югу от г. Дананг в высокогорной местности, протянувшейся с северо-запада на юго-восток.

Здесь к настоящему времени изучение территории в отношении полезных ископаемых сосредоточено на месторождениях урана, золота и угля. Вопросы геологического строения месторождений и металлогения золота рассмотрены в работах До Хай Зунг (1990), Нгуен Нгуен Минь (1995), Нгуен Хуан Бао (2000), Тран Чонг Хоа (2005). Итоги поисково-разведочных работ нашли отражение в ряде отчетов (Ле Ван Хай, 1997; Во Куанг Бинь, 2001; Ле Ван Дуонг, 2001 и др.). Детально изучены месторождения золота Фуоксон, Фуоктхань и Бонгмиеу [1]. В них сосредоточено около 40 % всех запасов рудного золота Вьетнама.

Таблица 1

Содержания элементов-примесей рудного поля Фуоктхань по данным атомной абсорбции, (г/т)

Элемент	Число проб	Содержания (г/т)			Кларк концентрации [1]
		Мин	Макс	Среднее	
Au	84	0.1	98.8	13.62	0.0043
Ag	84	1	446	21.18	0.07
Pb	84	10	105511	6416.14	16
Zn	84	5	197282	9738.42	83
As	84	10	4888	119.26	1.7
Sb	84	10	80	26.40	0.5
Ni	84	5	332	46.48	58
Co	84	5	447	33.43	18
Mn	84	16	20016	734.45	1000
Bi	84	5	1000	34.23	0.009

В ряде месторождений золота отмечается большой набор элементов-примесей, часть из которых может иметь промышленное значение в качестве попутных полезных компонентов. Рудное поле Фуок Тхань сложено чередующимися сланцами и гнейсами протерозойско-кембрийского комплекса Хамдык, интродуцированными гранитами силурийского комплекса Чулай и мелового Ба на (рис. 1).

Здесь выявлено 24 отдельных кварц-сульфидных жил, большинство из которых имеют схожие морфологические характеристики мощностью в несколько десятков сантиметров и протяженностью в несколько сотен метров (максимальная 500 м).

По авторским данным золоторудная минерализация представляется минерализованной прожилково-вкрапленной золото-кварц-сульфидной зоной, приуроченной к тектоническому нарушению.

Золото-кварц-сульфидная минерализация вскрыта во многих скважинах поискового бурения в породах разного состава и представлена разно ориентированными прожилками и жилами (мощностью до 4 см) с вкрапленностью и гнездами сульфидов (пирит, халькопирит, сфалерит, галенит).

С целью выяснения сходства и различия руд, выделяемых по структурно-морфологическим признакам, проведен анализ геохимических данных (по бортовому содержанию золота 0,1 г/т), а также проанализированы содержания элементов (табл. 1). Содержания золота варьируют от 0,1 до 98,8 г/т, в среднем 13,62 г/т. Результаты расчета коэффициентов корреляции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции основных элементов золоторудной минерализации

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Ni	Co	Mn	Bi
Au	1										
Ag	0,468	1									
Cu	0,175	0,308	1								
Pb	0,328	0,287	0,196	1							
Zn	0,043	0,385	0,706	0,392	1						
As	-0,032	-0,003	0,022	0,147	0,068	1					
Sb	-0,134	0,025	0,194	0,34	0,438	0,178	1				
Ni	0,32	0,021	0,277	0,148	0,049	0,012	-0,092	1			
Co	0,357	0,291	0,243	0,225	0,306	-0,003	0,043	0,184	1		
Mn	-0,086	0,343	0,333	0,197	0,556	-0,026	0,229	-0,06	0,148	1	
Bi	0,526	0,906	0,103	0,084	0,061	-0,02	-0,196	-0,005	0,2	0,151	1

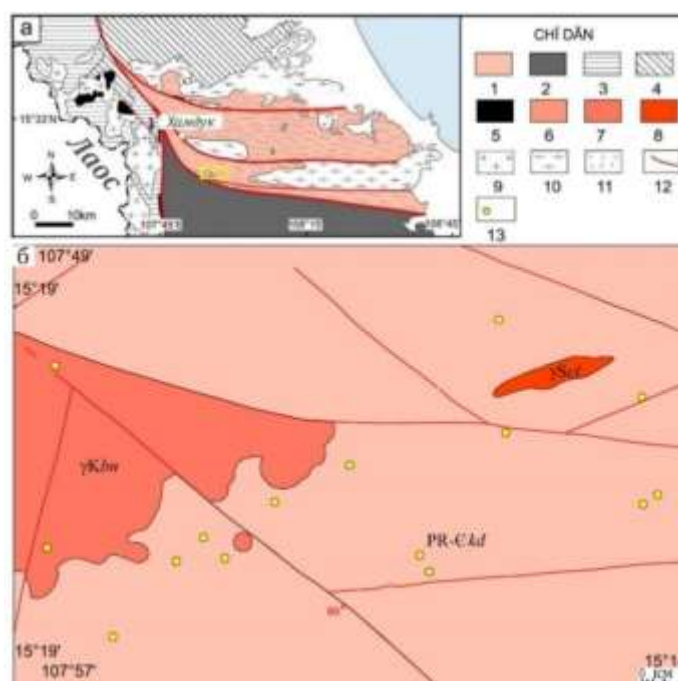


Рис. Геологическая карта рудного поля Фуоктхань [3]

1 – Протерозойско-кембрийские метаморфические породы комплексов Хамдык (PR-Єkd): биотитовые кварцевые сланцы, амфиболовые гнейсы, амфиболиты; 2 – метаморфических комплексов Нгоклинь; 3 – сланцы комплекса Сатхай; 4 – осадочные породы триасового возраста; 5 – базиты и гипербазиты; 6 – гранитоидные интрузивные образования комплекса Чулай (Scl): гранито-гнейсы, граниты, мигматиты, пегматиты; 7 – комплекс Ба На (JKbn): граниты, биотитовые граниты; 9 – граниты; 10 – гранито-гнейсы; 11 – базальты; 12 – разломы; 13 – золоторудные объекты

В результате анализа данных установлено, что по отношению к слабо измененным рудовмещающим метавулканогенным риолитам для типов руд помимо золота, характерны повышенные содержания Ag, Pb, Ni, Co, и Bi. (табл. 2). Корреляционная связь золота значима с Ag и Pb. Также имеется корреляция содержаний полиметаллов с висмутом.

Для рудного поля Фуоктхань по структурно-морфологическим и геохимическим признакам нами выделена основная золоторудная минерализация – прожилково-вкрапленная золото-кварц-сульфидная зона, секущая рудовмещающие породы. Установлена корреляция Au с Ag, Pb, Ni, Co, и Bi. Послойная вкрапленная и прожилково-вкрапленная золото-сульфидная минерализация, исходя из относительно высокой её продуктивности на золото, представляется наиболее перспективной на выявление промышленных руд золота. Полученные результаты, наряду с другими геологическими данными (литолого-петрографическими, минералогическими и др.), могут быть использованы для уточнения геолого-поисковой модели золоторудного месторождения и корректировки направлений детализационных геолого-разведочных работ в пределах рудного поля.

Литература

1. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия, 1962. – № 7. – С. 535–571.

**МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД
КАШТАУСКОЙ РУДОНОСНОЙ ПЛОЩАДИ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)**

Чумаков А.В.^{1,2}, Аликин О.В.¹, Ратьковский Г.Е.³

Научный руководитель профессор Панова Е.Г.²

¹ООО «ЦНТ Инструментс», г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Каштауская рудоносная площадь расположена в южной части Кузнецкого Алатау и приурочена к Тельбесскому рудному району. Он является частью салаиро-каледонской складчатой системы Алтае-Саянской области (Бийско-Золотокиятская складчатая подзона). Выделяется Тельбесский блок (прогиб) в составе Бийского антиклинория: с юго-востока блок по Бийско-Большереченской зоне разломов граничит с линзовидным блоком, сложенным базальтоидами толеитовой серии (Чугунашская офиолитовая сутура), а с востока ограничен региональной Кузнецко-Алтайской зоной разломов, которая является основной структурой разрывного типа в регионе [1]. Рудоносный участок приурочен к контактовой зоне одноименного гранодиоритового массива и вмещающих вулканогенно-осадочных толщ венда и представляет собой золотосодержащие железные скарны.

С целью типизации контактовых метасоматитов, проведено детальное минералого-петрографическое изучение рудовмещающих пород, а также электронно-микроскопический анализ породообразующих минералов группы граната и пироксена.

Для минералого-петрографических исследований метасоматических пород изготовлены прозрачно-полированные шлифы. Микроскопическое описание шлифов проводилось на поляризационном микроскопе Leica DM750P (Германия) в проходящем свете с использованием традиционных методик [3–5]. Анализ породообразующих минералов проводился во ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) при помощи электронного микроскопа CamScan MV2300 с энергодисперсионным спектрометром INCA 350 ENERGY.

Исследуемые контактово-метасоматические породы схожи по структурно-текстурным признакам и различаются по соотношениям породообразующих минералов и наличию рудных или аксессуарных минералов. Ниже приведено обобщенное петрографическое описание изученных контактовых метасоматитов.

Главные породообразующие минералы: гранат (35...40 %), кальцит (30 %), пироксен (20 %), ортоклаз (10 %), рудные минералы (до 10 %) и кварц (~1 %). Структуры пород идиобластовая и гипидиоморфнозернистая, текстуры: массивная и пятнистая.

В изученных шлифах наблюдаются две разновидности метасоматических пород, относящиеся к известковым скарнам. Первая состоит из крупных зёрен граната, заключённых в матрицу из кальцита (рис. 1). В кальците также встречаются гнезда мелких столбчатых кристаллов пироксенов и единичные зерна пелитизированного ортоклаза. Анализ взаимоотношений минералов показывает, что гранат идиоморфен ко всем минералам, а пироксен – только к ортоклазу и кальциту. Вторая разновидность представлена микрозернистой ортоклаз-кальцит-пироксеновой массой с порфиробластами рудных минералов и единичными зёрнами кварца. Кварц располагается в интерстициях полевошпатовых зёрен.

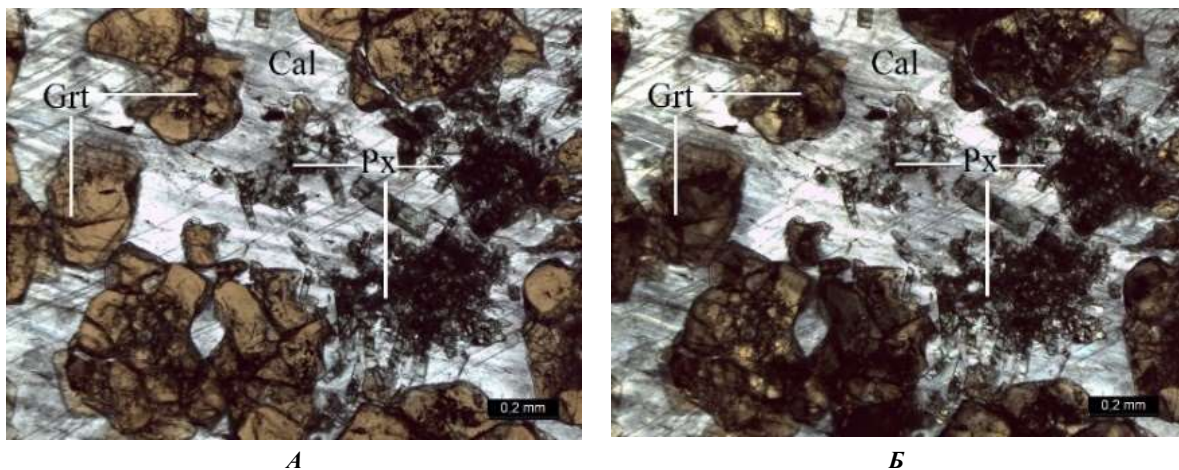


Рис. 1. Идиобластовая структура метасоматической породы (разновидность-I), где Grt – гранат, Px – пироксен, Cal – кальцит. А – без анализатора, Б – с анализатором

Гранаты слагают гнезда разнообразных форм и размеров, микроскопически диагностируются изометричные идиоморфные зёрна, коричнево-оранжевого цвета с размерами от 0,2 до 1 мм. В наиболее крупных зёрнах наблюдаются зональное строение и мелкая вкрапленность рудных минералов в центральной части.

Кальцит образует ксеноморфные зёрна. Размер варьирует от 0,6 до примерно 6 мм. Местами, вдоль трещин спайности наиболее крупных зёрен кальцита располагается рудный минерал.

Пироксены представлены удлинёнными зёрнами. Размер зёрен сильно варьирует – от 0,05х0,02 до 0,5х0,2 мм. Пироксены наблюдаются в виде скоплений размером до 3...5 мм, в центральной части которых иногда встречаются ксеноморфные зёрна кварца.

Ортоклаз образует удлинённые зерна размерами от 0,4 до 2х1,1 мм. С уменьшением размера кристаллов повышается их изометричность. Часто наблюдается интенсивная пелитизация.

Рудные минералы распределены в породе неравномерно, встречаются, как отдельные их обособления, так и включения в центральной части граната, а также в трещинах спайности особенно крупных кристаллов кальцита. Их размер варьирует от 0,1 до 0,8 мм.

Кварц образует ксеноморфные зёрна размером около 0,4 мм, который наиболее распространён в мелкозернистой разновидности метасоматитов.

Для уточнения химических составов породообразующих минералов, их типизации и классификации контактово-метасоматических образований проводились электронно-микроскопические исследования. Проанализировано 61 зерен пироксенов и 41 зерен минералов группы граната (табл.).

Таблица

Средние химические составы гранатов Каштауской рудоносной площади (мас. %)

№	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Summary
1	4,21	35,38	31,82	0,78	0,62	27,88	100,70
2	4,84	35,19	32,25	2,04	0,89	25,98	101,19
3	7,39	35,23	32,81	1,28	0,79	21,43	98,94
4	4,08	34,79	30,25	0,83	1,59	28,32	99,86
5	4,27	35,26	31,90	0,00	0,74	26,54	98,70
6	2,10	34,85	32,81	0,00	0,61	29,01	99,37
7	4,74	35,06	31,78	0,77	1,03	25,95	99,33
8	2,93	34,79	31,75	0,00	0,58	28,39	98,44
9	5,52	35,28	30,85	0,85	0,96	26,61	100,06
10	4,46	34,57	31,66	2,05	0,52	26,74	100,00

По результатам локальных химических анализов минералов группы граната рассчитаны их миналы (рис. 2Б), а для пироксенов проведена классификация на основе соотношений содержаний Ca, Mg, Fe (рис. 2А).

Помимо повышенных содержаний Mn и Ti определяются следовые концентрации рудных компонентов (Cu, As, Ni, Co, Zn до 0.1 мас. %), что связывается с наложением гидротермальных процессов на скарновые зоны [2]. Для изученных минералов группы граната андрадит-гроссулярового ряда характерно преобладание андрадитового минала (64...95 мас. %). Многие исследователи [2, 7, 8] отмечают, железо-кальциевые гранаты, характерны для железорудных скарновых месторождений, в которых нередко наблюдается наложенное благороднометалльное оруденение.

Среди пироксенов преобладают железистые разновидности ряда диопсид-геденбергит, с весьма значительной долей авгита (рис. 2А).

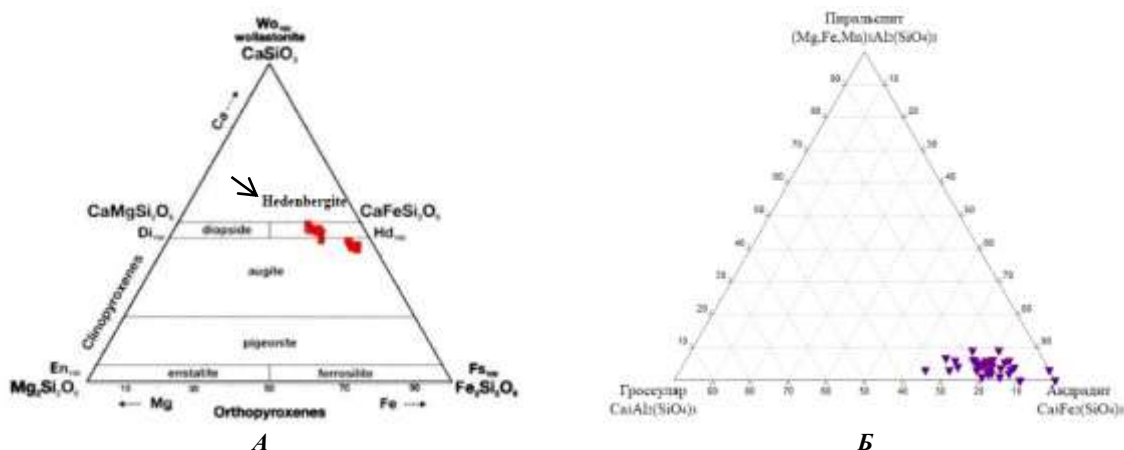


Рис. 2. Вариации составов породообразующих минералов и их классификация. А – пироксен [6], Б – гранат

Таким образом, проведенное исследование по минералогическому и петрографическому описанию пород, отобранных на железо-скарновом объекте, показывает, что контактово-метасоматические породы относятся к гранат-пироксеновым экзокскарнам. Это подтверждается химическим составом породообразующих минералов: в гранатах преобладает андрадитовый минал, а среди пироксенов наиболее развиты железистые разновидности – геденбергит и авгит.

Литература

1. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. Новосибирск: СО РАН НИЦ ОИГГМ, 1999. – 236 с.
2. Коробейников А.Ф. Гранаты золотоносных скарнов Саяно-Алтайской складчатой области. // Известия Томского Политехнического Института им. С.М. Кирова. – Том 289. – 1976. – С 37–46.
3. Кочурова Р. Н. Основы практической петрографии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. – 176 с.
4. Марин Ю.Б. Петрография: Учебник / Ю.Б. Марин. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» 2-е изд., испр. – СПб, 2015. – 408 с.
5. Трусова, И.Ф. Петрография магматических и метаморфических пород / И.Ф. Трусова, В.И. Чернов. – М.: Недра, 1982. – 194 с.
6. Morimoto N. Nomenclature of pyroxenes. Canadian Mineralogist. Vol. 27, pp. 143-156 (1989).
7. Ray, G.E., 2013. A review of skarns in the Canadian Cordillera. British Columbia Ministry of Energy and Mines, British Columbia Geological Survey Open File 2013-08, 50 p.
8. Theodore, T.G., Orris, G.J., Hammarstrom, J.M., Bliss, J.D., 1991, Gold bearing skarns. US Geological Survey, Bulletin 1930, 61 p.

С Е К Ц И Я 4

ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ НЕФТИ И ГАЗА

НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Ростовцев В.В.¹, Липихина Е.Ю.^{1,2}, Ростовцев В.Н.³, Лайнвебер В.В.³

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический институт, г. Томск, Россия*

²*ТомскНИПИ нефть, г. Томск, Россия*

³*Акционерное общество «ТОМКО», г. Томск, Россия*

Мировая экономика остро нуждается в энергетических ресурсах и, в первую очередь, в нефти и газе. В большинстве развитых стран крупные нефтегазоносные провинции давно открыты и их месторождения эксплуатируются многие десятилетия. Встает вопрос, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества, fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке, для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

электромагнитных сигналов литосферного происхождения. Экспериментально было установлено, что литосфера способна генерировать электромагнитные и сейсмомангнитные возмущения. На границе раздела «земля-атмосфера» они создают сложную структуру электромагнитных полей, несущих информацию о процессах в земной коре, ее строении и свойствах. На дневную поверхность проецируется трехмерная интерференционная картина геологического строения литосферы. Отраженный от дневной поверхности солнечный свет, регистрируемый съемочной аппаратурой искусственных спутников Земли, модулируется низкочастотными электромагнитными сигналами, коррелированными с геологическим строением литосферы [1]. Эта информация была взята за основу теоретических предпосылок технологии КОФиКС с допущением, что в литосфере, содержащей месторождения нефти и газа, в трехмерной интерференционной картине геологического строения литосферы должны присутствовать и электромагнитные сигналы от залежей нефти и газа, если они в этой части литосферы есть. Задача, которая стояла перед специалистами АО «ТОМКО»: как выделить эти сигналы и на этой основе создать технологию КОФиКС, позволяющую искать месторождения нефти и газа.

Практическая реализация технологии КОФиКС стала возможной после создания специалистами АО «ТОМКО» специализированной лаборатории (рис.).



Рис. Базовая часть лаборатории технологии КОФиКС

С помощью лазерного луча, несущего информацию об обобщенном электромагнитном сигнале углеводородов, осуществляется поиск аналогичного сигнала на космическом снимке изучаемой территории. Используются космоснимки спутников типа Landsat-4, Landsat-5, Landsat-8. На первом этапе технология прошла апробацию на хорошо изученных месторождениях в различных районах России, Казахстана, Китая, Ирана, Египта. Везде были получены положительные результаты. В дальнейшем она использовалась для выявления границ месторождений на территории Томской и Омской областей, Красноярского и Хабаровского краев, Ямало-Ненецкого автономного округа, Китая. Данная технология использовалась производственными и рассматривалась научными подразделениями Газпрома, НК «ЛУКОЙЛ». Имеются положительные отзывы от этих предприятий, подтверждающие эффективность прогнозов этой технологии [2].

В соответствии с письмом аппарата Правительства РФ от 30.05.2012 № П9-22837 эффективность этой технологии рассматривалась специалистами ФГУП «ВНИГНИ», которые пришли к выводу: «для практической реализации представленной технологии нет никаких преград в соответствии с действующим законодательством» (№ ВП -6-01/93 от 07 июня 2012 г.).

Наиболее убедительными оказались результаты этой парадигмы, когда на бесперспективных землях Шегарского района, в зоне слияния рек Томи и Оби, технологией КОФиКС было выявлено месторождение. Пробуренная скважина на этом месторождении вскрыла 8 продуктивных горизонтов. Результаты позволили специалистам НК «ЛУКОЙЛ» спрогнозировать в этой зоне 1,5 млрд. т. нефти и 267,3 млрд. м³ газа, и это на землях, которые многими считаются бесперспективными для поисков нефти и газа.

Новая парадигма поиска месторождений нефти и газа. Апробация и использование технологии КОФиКС показала её эффективность поиска месторождений, которые контролируются любыми типами залежи и любыми типами пород. Это является основанием предложить новую парадигму поиска. Для изучения любой территории, до получения лицензии, берется нужный космоснимок и выявляются границы месторождений и зоны с различной плотностью запасов по данным КОФиКС или их отсутствие. Термин границы месторождений используется нами, в отличие от многих исследователей, занимающихся прогнозированием месторождений нефти и газа и называющих выявленные объекты аномалиями типа «залежь», в связи с тем, что мы фиксируем технологией сигнал, который идет непосредственно от залежи нефти или газа.

Под месторождением, по данным технологии КОФиКС, понимается участок литосферы, объект, ограниченный уровнем соответствия с эталоном электромагнитного сигнала в 75 %, зафиксированный при квантово-оптической фильтрации космического снимка. Место заложения первой поисковой скважины определяется участком в границах выявленного месторождения по данным КОФиКС, где уровень совпадения с эталоном достигает 90-95 %. Если скважина после бурения обеспечивает промышленные притоки нефти или газа, сейсмические работы

проводятся с учетом границ выявленного месторождения по данным КОФиКС. Экономятся средства, время и сокращается нагрузка на окружающую среду.

Технология КОФиКС должна возродить «нефтянку» Томской области. Нефтяная промышленность региона с устойчивым падением уровня добычи нефти находится в критической ситуации. Проведенные исследования ученых АО «ТОМКО» и Томского политехнического университета с использованием технологии КОФиКС выявили целую серию месторождений на «бесперспективных» землях востока и юго-востока Томской области, которые должны стать фундаментом динамичного развития нефтяной промышленности Томской области. Эти месторождения располагаются в Томском, Шегарском, Асиновском, Кривошеинском, Тегульдетском, Верхне-Кетском, Зырянском районах. Все они считаются в основном репрессивными и требуют развития.

Литература

1. Дурандин, А.В. Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли // Геоматика, 2011. – № 1(10). – С. 48–51.
2. Месторождения нефти и газа по данным КОФиКС в юго-западной части Красноярского края / В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев. В.В. Лайнвебер // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2022. – № 2(362). – С. 60–64.

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНОГО ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Бессонов А.К., Жилина Е.Н.

Научный руководитель доцент Жилина Е.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Район исследования находится на востоке Иркутской области, в 350 км к северо-востоку от г. Иркутска, на территории Жигаловского и Казачинско-Ленского районов. Ковыктинское газоконденсатное месторождение расположено в пределах Лено-Ангарского плато, приуроченного к южной части Средне-Сибирского плоскогорья на Ангаро-Ленской ступени в пределах Ковыктинского выступа. Выступ выделен в восточной части ступени у границы с Предплатомским региональным прогибом [2]. Основные ресурсы углеводородного сырья на данной территории сосредоточены в комплексе вендских терригенных отложений. Литологически экранированная газоконденсатная залежь пластового типа выявлена в парфеновском горизонте [1].

Объект исследования – парфеновский продуктивный горизонт Ковыктинского газоконденсатного месторождения. Фактическим материалом для исследований являлся керн по 4 скважинам (Ковыктинская 69, Ковыктинская 71, Чиканская 11, Хандинская 4) [1].

Для определения петрографического состава пород парфеновского продуктивного горизонта Ковыктинского месторождения авторами было просмотрено 262,27 м, описано и сделаны фотографии 56 м кернового материала, обработана коллекция из 60 шлифов. Парфеновский горизонт слагают в основном песчаники разномасштабные, от мелкозернистых до крупнозернистых, преимущественно средне-мелкозернистые, редко гравелистые (в подошвенной части горизонта). По вещественному составу песчаники кварцевые, кремнекlastово-кварцевые, полевошпатово-кварцевые, реже мезомиктово-кварцевые, кварцевые граувакки и полевошпат-кварцевые граувакки [1]. Изучение аутигенных и эпигенетических процессов минералообразования в разрезах, в том числе в связи с поступлением углеводородов, рассеивающихся из залежей в коллектор, показывает, что над залежами формируются преимущественно субвертикальные кольцевые зоны вторичного изменения пород [3]. При минералого-петрографическом изучении разрезов в образцах выявлен широкий спектр вторичных преобразований в продуктивных породах-коллекторах, произошедших за счет процессов растворения под давлением, окварцевания, преобразования каолинистого цемента, образования аутигенного мусковита и др. Вышеуказанные процессы являются типично катагенетическими. Кроме них выявляются также процессы наложенного эпигенеза: карбонатизация, пиритизация, серицитизация и др. [3].

Для характеристики коллекторских свойств парфеновского горизонта авторами обработаны петрофизические данные по 140 цилиндрам (5 видов анализов) [1]. По исследованным образцам максимальное значение пористости (K_p , %) по жидкости равно 22,4 %, среднее значение – 6,7 %; максимальное значение проницаемости ($K_{пр}$, мД) равно 251,2 мД, что обусловлено трещиноватостью некоторых пород, среднее значение – 10,2 мД; объемная плотность пород (δ_p) в насыщенном состоянии изменяется от 2,25 г/см³ до 2,80 г/см³ (средняя – 2,55 г/см³); объемная плотность (δ_p) в сухом состоянии изменяется от 2,09 г/см³ до 2,79 г/см³ (средняя – 2,50 г/см³); минералогическая плотность ($\delta_{кмп}$) изменяется в пределах 2,57–3,01 г/см³ (средняя – 2,68 г/см³). При анализе зависимости пористости (K_p) от абсолютной газопроницаемости ($K_{пр}$) выявлена линейная зависимость проницаемости от пористости. При рассмотрении распределения показателей проницаемости в зависимости от фракционной принадлежности установлена корреляция при переходе от мелкозернистой к среднезернистой фракции. При анализе зависимостей K_p и $K_{пр}$ от вещественного состава пород, авторами было замечено, что количество кварцевой составляющей в песчаниках парфеновского горизонта никак не влияет на значение пористости пород, но незначительно увеличивает проницаемость. Содержание полевых шпатов никак не влияет на пористость и в незначительной степени отрицательно воздействует на проницаемость, по обломкам пород со слюдами наблюдается незначительная положительная зависимость по пористости и отрицательная по проницаемости. Зависимости K_p и $K_{пр}$ от минерального состава цементной составляющей наглядно показали, что

пористость и проницаемость падает при увеличении количества цемента в поровом пространстве. Сильное снижение пористости (менее 5 %) и проницаемости (менее 0,1 мД) происходит при наличии в поровом пространстве глинистого (более 10 %), кварцевого (более 5 %) и карбонатного (более 7 %) цементов. Содержание сульфатного цемента, по полученным данным, почти не влияет на фильтрационно-емкостные свойства.

Для прослеживания парфеновского горизонта по площади авторами построен корреляционный профиль по линии скважин Ковыктинская 69–Ковыктинская 71–Чиканская 11–Хандинская 4 (рис.).

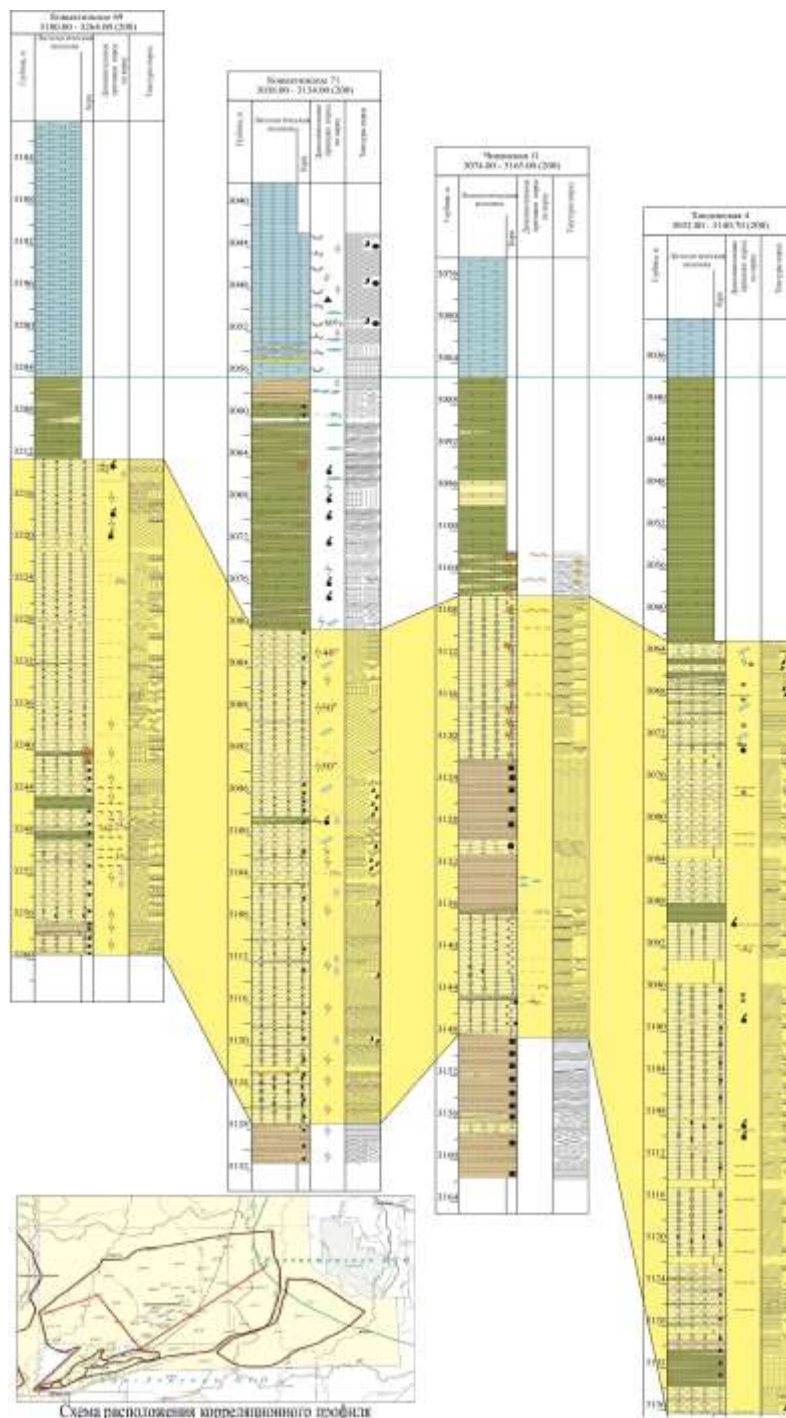


Рис. Корреляционный профиль по линии скважин Ковыктинская 69 – Ковыктинская 71 – Чиканская 11 – Хандинская 4

За линию выравнивания принята кровля чорской свиты (терригенные отложения) – подошва катангской свиты (карбонатные отложения).

При анализе изменения мощностей по площади, наблюдается увеличение мощности парфеновского горизонта с юго-запада на северо-восток: Ковыктинская 69 – 47,2 м (интервал 3212,3-3259,5 м), Ковыктинская 71 –

46,9 м (интервал 3080,5-3127,4 м), Чиканская 11 – 41,5 м (интервал 3106,3-3147,8 м), Хандинская 4 – 73,7 м (интервал 3062,7-3136,4 м) (рис.).

По результатам исследований песчаники парфеновского горизонта обладают низкими коллекторскими свойствами и относятся к V классу коллекторов по классификации А.А. Ханина, с признаками IV и реже III классов [1]. На коллекторские свойства исследуемых пород влияет размерность зерен, а также количество цемента в поровом пространстве. Снижение пористости и проницаемости исследуемых образцов прослеживалось при превышении пороговых значений содержания алевритовой фракции (более 30 %), а также глинистого (более 10 %), кварцевого (более 5 %) и карбонатного (более 7 %) цементов. По построенному профилю наблюдается увеличение мощности парфеновского горизонта с юго-запада на северо-восток.

Литература

1. Жилина Е.Н., Бессонов А.К. Геологическое строение и нефтегазоносность территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения (Иркутская область) // Динамика и взаимодействие геосфер Земли. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. – Томск, 2021. – С. 172–173.
2. Конторович А.Э., Гребенюк В.В., Запывалов Н.П. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири (Иркутский бассейн). – Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГГМ СО РАН, 1995. – Вып. 8. – 60 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Булатов В.Р.

Научный руководитель профессор Чернова О.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время 60% запасов нефти в мире сосредоточено в карбонатных залежах. К этому же типу относится и большинство новых открытий [1]. Прогноз свойств коллекторов такого типа является сложной задачей, включающей в себя значительную неопределенность, связанную с гетерогенностью залежей.

Цель данной работы – рассмотреть существующие методики литогенетической типизации (далее – рок типирования) для улучшения прогноза петрофизических свойств карбонатных и других коллекторов.

Рок типирование способно уменьшить ошибки при определении петрофизических параметров за счёт использования классификаторов по разным критериям и аппроксимационных кривых. В сущности, это процесс выделения геологически обоснованных групп пород с однородными статическими и динамическими свойствами.

Классическим примером литогенетической типизации является классификация карбонатных пород Данэма, которая, однако, имеет ряд недостатков, в числе которых – отсутствие встроенных динамических зависимостей. Другие классификации – напротив, предлагают описательную характеристику на основе уравнений динамики при отсутствии привязки к облику породы. Объединение особенностей различных методик должно помочь в наиболее полном и точном описании пород различного генезиса.

В работе подробно рассмотрены методы Gunter et al. on Winland [2], Pittman [2]; Lucia [3, 4] на примере месторождения М. Суммарно проведен анализ по 20 методикам с выявлением их особенностей, типов и видов используемых данных, а также отмечены их ограничения. Применение вышеперечисленных методик показало более согласованные с реальными петрофизическими данными (анализом зерна) результаты по сравнению с традиционными методами для заявленного карбонатного месторождения.

Метод Gunter et al. on Winland [2] состоит в делении пород на классы по типам пористости на основе данных ртутной порометрии (рис. 1).

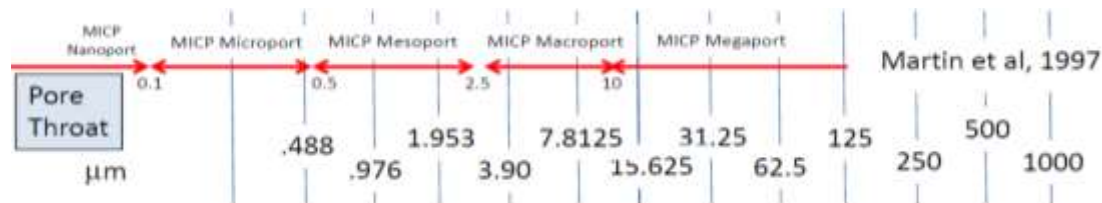


Рис. 1. Граничные значения радиусов поровых каналов пор и выделяемые классы

Исходными данными для зерна служат пористость и проницаемость (air) по керну, R35 (капиллярное давление инжектирования ртути). При отсутствии данных ртутной порометрии используется уравнение Винланда:

$$\text{Log } R35 = 0,732 + 0,588 \text{ log } (k_{air}) - 0,864 \text{ Log } (\phi),$$

где: **R35** – эффективный радиус поровых каналов при 35% насыщении ртутью, мкм;

k_{air} – воздушная проницаемость без введения поправок, мД;

φ – пористость, %.

Для каждого из выделенных классов существует аппроксимационное уравнение проницаемости, выраженное из формулы выше:

$$k = (\text{LOG}(R35i) - 0,732 + 0,864 \cdot \text{LOG}(\phi - 100)) / 0,588.$$

Определяя параметр R35 как классификатор, для каждой из выделенных групп пористости возможен подбор кривых проницаемости (табл.).

Таблица

Классификация пористости по Gunter et al. (1997, 2014) on Winland (1972)

R35€(0:0.1] -> nano porosity	$k=0.1389 \cdot \text{POR}^{1.4694}$
R35€(0.1:0.5] -> micro porosity	$k=3.8687 \cdot \text{POR}^{1.4694}$
R35€(0.5:2.5] -> meso porosity	$k=59.743 \cdot \text{POR}^{1.4694}$
R35€(2.5:10.0] -> macro porosity	$k=763.14 \cdot \text{POR}^{1.4694}$
R35>10.0 -> mega porosity	-

На рисунке 1 показано сравнение результатов интерпретации методики Gunter et al. (1997, 2014) on Winland (1972) с традиционным методом.

Gunter et al. (1997, 2014) on Winland (1972)

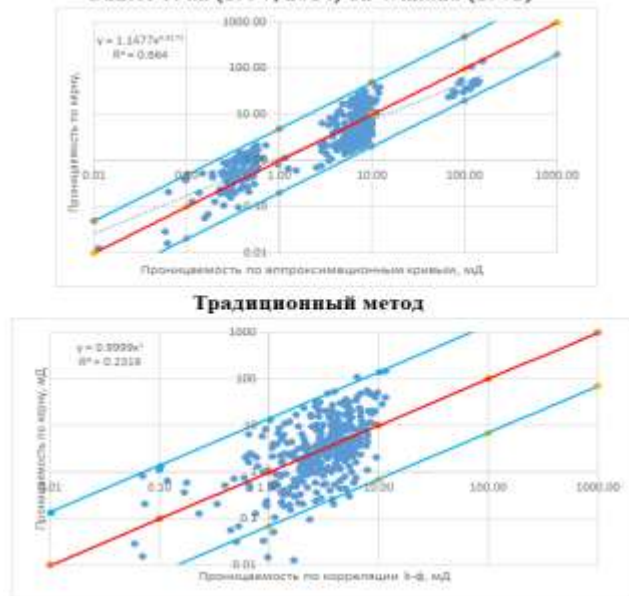


Рис. 2. Сравнение результатов интерпретации методики Gunter et al. on Winland с традиционным методом

Видно, что результаты корреляции при использовании методики лучше, чем при применении традиционного метода.

Возможно также комплексирование методов для поиска оптимальной комбинации, объединяющей достоинства комплексуемых для разносторонней, наиболее полной и точной характеристики керновых данных. Другим направлением является разработка комплекса методик, который позволит работать с данными ГИС по скважинам-аналогам: когда керновые данные из одной скважины можно будет распространять на соседние скважины-аналоги без извлечения керна в них.

Литература

1. Алексеев А. Разработка карбонатных коллекторов в «Газпром нефти» // Сибирская нефть, 2017. – №138
2. Early Determination of Reservoir Flow Units Using an Integrated Petrophysical Method / G.W. Gunter et al.: Paper SPE 38679 presented at the 1997 SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in San Antonio, Texas, 5–8 October 1997.
3. Lucia F.J. Rock-fabric/petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization // American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1995. – №79. – P. 1275–1300.
4. Lucia F.J. Carbonate Reservoir Characterization: An Integrated Approach, 2nd edn Springer, New York, 2007. – 336 p.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕНОВАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЮГРЫ Водясов К.О.

Научный руководитель профессор Кузьменков С.Г.
Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

С момента введения в разработку первого месторождения и до начала 2022 года на территории Ханты – Мансийского автономного округа – Югры суммарная добыча нефти составила 12,3 млрд. т.

За прошлый год в округе было извлечено из недр 215,7 млн. тонн нефти, что на 5 млн. тонн больше, чем в 2020 году (рис.).

В целом по РФ, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, приносит порядка 42% добычи, и этот показатель продолжает расти.

Первостепенной задачей нефтегазодобывающих предприятий Югры служит поддержание роста извлечения нефти в условиях общей тенденции снижения добычи в мире. Решением этой задачи может стать разведка на слабоизученных участках, а также начало разработки удаленных от инфраструктуры незначительных по запасам уже открытых и поставленных на государственный баланс запасов нефти, в том числе и трудноизвлекаемых (ТриЗ).

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

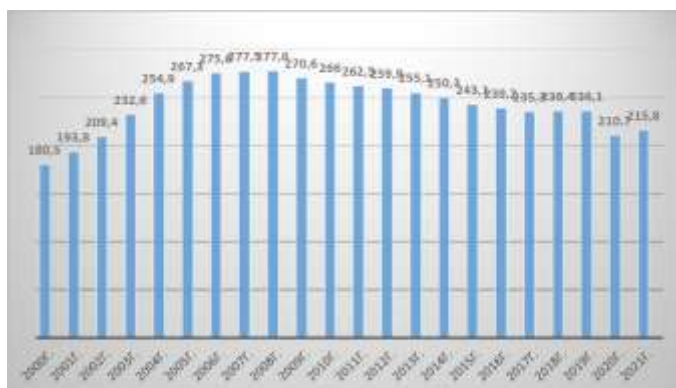


Рис. Динамика добычи нефти в Югре

геологоразведочные работы (ГРР), включая сейсмические исследования современными методами и поисково-разведочное бурение. С сожалением следует констатировать, что масштабные тематические исследования, включающие переобработку, переинтерпретацию сейсмических исследований, данных ГИС и результатов бурения сегодня практически не проводятся.

По итогам 2021 года, в сравнении с 2020 годом, объём поисково-разведочного бурения увеличился по компаниям-недропользователям на 20 158 м (+5,2%), в том числе по ВИНКом снизился на 55 721 м (-15,3%), по независимым компаниям – увеличился на 75 879 м (+ в 4,1 раза) (табл.).

Таблица

Объёмы ГРР на территории Югры за 2020-2021 гг.

Показатели	2021 г.	2020 г.	Изменение 2021 г. к 2020 г.	Изменение 2021 г. к 2020 г. (%)
Проходка поисково-разведочным бурением, м	411 458	388 700	+ 22 758	+ 5,9
Сейсморазведочные работы 2D, км	1 493	1 467	+ 26	+ 1,8
Сейсморазведочные работы 3D, км2	3 657	5 745	- 2 088	- 36,3

Снижение объема добычи нефти в автономном округе началось в 2008 году, и только спустя десятилетие, в 2018 году, показатель добычи углеводородов из недр, превысил аналогичный за предшествующий год.

Резкое сокращение добычи нефти с мая 2020 года обусловлено выполнением соглашения о сокращении добычи со странами ОПЕК+, при этом действующее соглашение предусматривает плавный рост добычи нефти вплоть до полной отмены ограничений с 1 января 2023 года.

В соответствии с соглашением нефтяные компании нарастили добычу нефти в 2021 году, что позволило превысить показатели 2020 года, когда действовали более жесткие ограничения по объемам добычи.

Растущий показатель добычи нефти в 2021 году обусловливается вводом в разработку новых месторождений, активным эксплуатационным бурением, расширением методов и технологий по увеличению коэффициентов нефтеизвлечения, экономическими мерами поддержки компаний со стороны государства.

При этом, ключевые аспекты снижения нефтеизвлечения в Югру достаточно прозрачны и естественны. Подавляющее большинство месторождений характеризуются параметрами поздней стадии разработки. Центральные части разрабатываемых месторождений разбурены эксплуатационной сеткой, и бурение, в основном, распространяется на периферию, где его эффективность не такая, как в центральных частях.

Месторождения, на долю которых приходится больший объём добычи нефти в Югре, такие как Приобское, Мамонтовское, Самотлорское и другие, также показывают снижение продуктивности.

Главной задачей предприятий ТЭК Югры является наращивание ресурсной базы «новой» нефти за счет:

- предоставления права пользования участками для поиска и оценки месторождений углеводородов за счёт средств недропользователей;
- сокращения фонда простаивающих скважин;
- увеличения производительности скважин;
- внедрения в производственном режиме методов увеличения нефтеотдачи.

Проблемы ГРР заключаются в снижении их объемов как основного источника подготовки новых запасов.

Поисковая сейсморазведка сократилась в 20 раз, поисково-разведочное бурение – в 3-4 раза. Снижение геологоразведки вызвано невыполнением недропользователями проектных показателей, практически отсутствует контроль со стороны государства за процессом ГРР [1].

Для активирования геологоразведочных работ и повышения показателей добычи углеводородов, включая трудноизвлекаемые запасы, благодаря вводу новых технологий и методов интенсификации необходима модернизация нормативных и правовых мер поддержки недропользователей.

Литература

1. Развитие нефтегазового комплекса Югры, трудноизвлекаемые запасы / Р.Ш. Аюпов, В.И. Булатов, Н.О. Игенбаева и др. // Изв. ТПУ. Инжиниринг георесурсов, 2018. – Т. 329. – № 11. – С. 103–109.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА

Горелова Е.И.

Научный руководитель доцент Зими́на С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

К настоящему времени достоверно установлена промышленная нефтегазоносность пород кристаллического фундамента. Залежи нефти и газа в образованиях фундамента обнаружены на всех континентах и в большинстве акваторий. Следовательно, их ищут, находят и разрабатывают. Разрушен основной стереотип: «В кристаллических образованиях фундамента не может быть промышленных скоплений углеводородов и поэтому их не нужно там искать» [7].

Особенно актуально изучение пород фундамента, как самостоятельного объекта поисков на нефть и газ. В этом направлении в Томской области компанией ООО «Газпром-нефть» уже ведутся работы по проекту «Палеозой». Перспективы нефтегазоносности фундамента постоянно подтверждаются открытыми скоплениями углеводородов [2].

В работе приводятся результаты изучения научной литературы по нефтегазоносности кристаллического фундамента. На данный момент целенаправленные поиски залежей нефти и газа в фундаменте ведутся в ограниченных объемах, особенно в магматических породах. Связано это с тем, что большинство геологов рассматривает фундамент как нижний структурный этаж осадочного бассейна, сложенный магматическими и метаморфическими породами, и исключают возможность сохранения в них первичных коллекторских и нефтегазогенерирующих свойств, потому как степень преобразования пород очень высока. К тому же образование залежей углеводородов ассоциируют только с корой выветривания кристаллических пород.

Тем не менее, 40 % залежей нефти приходится на долю гранитоидных пород, слагающих фундамент. Этот факт дает возможность рассматривать гранитоидные породы как новый объект, который требует нестандартных подходов к поискам, разведке и разработке залежей углеводородов. К примеру, в Ливии с фундаментом связано около ста месторождений нефти, самым большим является Ауджила-Амаль, которое приурочено к докембрийским риолитам, гранитам и гранофирам [5]. В Днепровско-Донецкой впадине в магматических породах фундамента открыты небольшие месторождения нефти и газа. Из высокотрециноватых гранитов и коры выветривания Суэцкого грабена в породах фундамента получена промышленная нефть (месторождения Хургада, Гемза, Гейсум). Бомбей Хай, открытое в Индии, считается крупным месторождением нефти и газа, залежи нефти которого связаны с базальтами и гранито-гнейсами фундамента [3].

В наибольших объемах глубокое бурение ведется в старых нефтепоисковых районах. Это в первую очередь Азербайджан (Каспийское море), Днепровско-Донецкая впадина, Предкавказье, Волгоградское Поволжье, Предкарпатье, Западная Туркмения. В этих районах, за исключением Предкарпатья, были выявлены основные промышленные запасы нефти и газа на больших глубинах [1].

Новые данные по фундаменту многих нефтегазоносных районов все чаще появляются в последние годы. Предложены и опробованы наиболее информативные методы полевой и скважинной геофизики, обозначены некоторые закономерности распределения в фундаменте скоплений углеводородов, выявлены коллекторообразующие процессы в магматических и метаморфических породах, предложены и опробованы наиболее информативные методы полевой и скважинной геофизики.

В породах различного состава встречаются промышленные скопления нефти и газа. В.В. Поспелов пришел к выводу, что около 40 % обнаруженных в фундаменте промышленных залежей углеводородов принадлежат гранитоидам и их корам выветривания; 29 % – к метаморфическим породам; 14 % – к карбонатам; 13 % – к вулканогенным породам, 2% – к интрузивным образованиям основного и ультраосновного составов. Можно сделать вывод, что самые крупные залежи обнаружены в гранитоидах и содержат почти половину запасов углеводородов в фундаменте. Сюда относятся месторождения Нафора-Ауджила, Белый Тигр, Пас-Ривер, Ла-Пас, Оймаша, и многие другие.

Соответственно наиболее перспективным объектом для поиска залежей углеводородов в фундаменте можно считать гранитоиды. Нельзя не отметить тот факт, что гранитоиды обнаружены в основании практически всех платформ, межгорных впадин и прогибов, шельфовых зон, в формировании которых принимают участие, а в некоторых участках они почти полностью образуют фундамент (Меконгская впадина).

Практически все известные скопления нефти и газа в фундаменте располагаются вблизи крупных разломов и приурочены к зонам трещиноватости. Большую часть пустот в породах создают трещины, а также определяют пути миграции флюида. Разломы играют роль структурообразующего фактора. Вероятно, по этой причине из таких пород получены наибольшие дебиты нефти. Наибольшие притоки нефти на месторождении Белый Тигр получены из наиболее кислых гранитоидов – лейкократовых и мусковитовых гранитов, которые более хрупкие, чем гранодиориты и диориты, при этом граниты характеризуются несколькими генерациями трещин.

Особенностью залежей нефти в гранитоидных массивах является то, что флюидоупорами для залежей служат аргиллиты, вулканогенные породы и другие непроницаемые слои осадочного чехла, залегающие на породах базального горизонта, либо на фундаменте. В первом случае породы базального горизонта и фундамента образуют

единый объект. Непроницаемые монолитные массивы фундамента часто сложены породами того же состава, что и зоны с высокой пустотностью, но могут служить покрывками или экранами на пути миграции флюидов.

В результате анализа можно сделать вывод, что во множестве случаев существенные притоки нефти из фундамента получены с глубин, не превышающих 4,6 км, а глубже преобладают газовые и газоконденсатные залежи.

В большинстве случаев породы фундамента, а преимущественно гранитоиды, как правило, сильно изменены гидротермальными процессами. Зачастую среди вторичных минералов, образовавшихся при этих процессах, отмечаются цеолиты. На месторождении Белый Тигр в измененных породах фундамента, содержание цеолитов порой достигает 40 % объема породы [6].

В результате изучения были выявлены следующие факты:

1. Залежи углеводородов как в корах выветривания, так и в кристаллических породах фундамента находятся в кровельной приконтактной части с породами осадочного чехла.

2. Промышленные залежи нефти и газа отмечаются в крупных высокоамплитудных выступах пород фундамента с примыканием к ним пород осадочного чехла.

3. Достаточно часто трещиновато-кавернозные породы фундамента и коллекторы осадочного чехла представляют единый резервуар для залежей углеводородов.

4. Залежи нефти и газа приконтактной части разреза фундамента и осадочного чехла характеризуются высокими дебитами, что обуславливает их целенаправленный поиск.

Мировая практика показывает, что разработка нефтяных месторождений в фундаменте экономически обоснована, поскольку запасы нефти и газа на месторождениях неисчерпаемы и возобновимы.

Открытие месторождений в фундаменте происходило в большей степени случайно: так, нефть в фундаменте на месторождении Ла-Пас (Венесуэла) была обнаружена только через 30 лет эксплуатации осадочных отложений. К счастью, в последние годы число разработок в фундаменте увеличилось, что приводит к многочисленным открытиям.

Литература

1. Бакиров А.А., Варенцов М.И., Бакиров Э.А. Нефтегазоносные провинции и области зарубежных стран. – М.: Недра, 1971. – 544 с.
2. Горелова Е.И. Прогноз резервуаров в магматических породах доюрского возраста на примере Александровского мегавала (Томская область) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. – Томск, 5-9 апреля 2021 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – Т. 1. – С. 121–122.
3. Кныш С.К., Гумерова Н.В., Полиенко А.К. Основы структурной, исторической и региональной геологии: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 375 с.
4. Левянт В.Б., Шустер В.Л. Проблемы поисков залежей нефти (газа) в массивных породах фундамента Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ, 2010. – № 2. – С. 7–9.
5. Халимов Ю.Э. Промышленная нефтегазоносность фундамента в гранитоидных коллекторах // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2012. – Т. 7. – № 4. – С. 14.
6. Шнип О.А. Методика поисков скоплений нефти и газа в породах фундамента // Геология нефти и газа, 2005. – № 4. – С. 22–25.
7. Шустер В.Л., Левянт В.Б., Элланский М.М. Нефтегазоносность фундамента (проблемы поиска и разведки месторождений углеводородов). – М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2003. – 176 с.

ПРИРОДА ДЕФИЦИТА ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЕ

Дохунаев П.Н., Сивцев А.И., Карпова М.И.

Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия

Кратко приведены особенности геологического строения и распределение термобарических характеристик продуктивных горизонтов Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА). Предложено авторское представление о дефиците пластового давления в НБА за счет стягивания ресурсов гидросистемы в разрывные нарушения Байкальской рифтогенной зоны на фоне относительной закрытости недр. Сделан вывод, что относительная охлажденность разреза НБА обусловлена низкой активностью пластовых вод. Спрогнозированы территории с аналогичными термобарическими характеристиками.

Непско-Ботуобинская антеклиза (НБА) является надпорядковой тектонической структурой, расположенной на юго-востоке Сибирской платформы. Антеклиза имеет широкий свод и пологие склоны. В осадочном чехле и кристаллическом фундаменте широко развиты дизъюнктивные нарушения преимущественно северо-восточного простирания.

В настоящее время все геологические запасы нефти и две трети газовых запасов газа Якутии приурочены к венд-кембрийским отложениям (НБА). Это порядка 650 млн. т нефти (извлекаемых) и более 2-х трлн. м³ природного газа. В этой связи изучение геологического строения и особенностей термобарических характеристик продуктивных горизонтов НБА является актуальной научно-прикладной задачей.



Рис. 1 Сводный разрез осадочного чехла Среднеботуобинского НГКМ: 1 – аргиллиты, 2 – алеволиты, 3 – песчанники, 4 – известняки, 5 – доломиты, 6 – мергели, 7 – каменные соли, 8 – ангидриты, 9 – траппы, 10 – фундамент; обозначения свит: krs – курсовская, bk – бюкская, us – успунская, kd – кудулахская, jrh – юряхская, bl – билирская, jur – юрегинская, nl – нелбинская, el – эльганская, tb – толбачанская, ol – олекминская, ch – чарская, ic – ичерская, mt – метегерская, br – бордонская, uk – укугутская; продуктивные горизонты: B13 – талахский, B12 – улаханский, B5 – ботуобинский, B12 – преображенский, B5, B4, B3 – юряхские, B2, B1 – осинские

отмечено более 150 тысяч сейсмических событий с $M \geq 2$ (или 2500 землетрясений в год). Так, юго-восточнее, в некоторой удаленности от НБА картируется Олекминский фланг БРЗ [4]. При этом до среднего течения р. Олекма преобладают растягивающие усилия БРЗ [5].

Разрез осадочного комплекса Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НБ НГО) на 75-95% представлен карбонатно-галогенными породами. Терригенные отложения развиты преимущественно на юго-восточной части НБ НГО в основании осадочного чехла. Суммарная мощность терригенных отложений на различных площадях изменяется от 20 до 620 м, увеличиваясь к востоку от Среднеботуобинского месторождения к Вилуйско-Джербинскому [1]. В северо-западном направлении терригенные отложения венда полностью выклиниваются. На рисунке 1 представлен обобщенный разрез Среднеботуобинского нефтегазоконденсатного месторождения. Особенностью НБ НГО является охлажденность разреза и фиксируемый дефицит пластовых давлений в венд-кембрийском продуктивном комплексе. Разрез района позиционируется как гидродинамически закрытый (рис. 1).

Дефицит пластовых давлений достигает от 4-5 МПа в ботуобинском горизонте Среднеботуобинского и Иреляхского месторождений до 7-7,5 МПа в вилучанском горизонте Верхневилучанского и Вилуйско-Джербинского месторождений [2].

Изучение причин, обуславливающие дефицит пластовых давлений и температур имеет фундаментальное значение и позволит установить особенности распределения и сохранности скоплений нефти и газа в различных участках НБА. Прогнозирование пластовых давлений по площади и разрезу может быть полезной для составления рациональных технологических проектов бурения и испытания скважин на лицензионных участках.

Выдвигаем гипотезу, что существующие термобарические условия пластовых систем НБА являются отражением проявления современной геодинамической обстановки региона. Если мы наблюдаем дефицит или избыток пластового давления, то это результат проявления активных современных процессов.

В настоящее время тектоническая активность в непосредственной близости от НБА фиксируется в Байкальской рифовой зоне (БРЗ) по повышенной сейсмичности (рис. 2). О высокой активности БРЗ может свидетельствовать большое количество землетрясений. Так по данным Имаева В.С. [3], за 60 лет инструментальных наблюдений в БРЗ

На наш взгляд, продолжающиеся процессы растяжения земной коры в БРЗ создают очаги разуплотнения земной коры. Эти очаги разуплотнения земной коры могут стягивать ресурсы гидросистемы, прежде всего, по самым проницаемым частям разреза, т.е. по терригенным отложениям венда.

Предлагаемая модель образования дефицита пластового давления в проницаемых комплексах НБА представляется достаточно адекватной и позволяет сделать прогноз дефицита давления в пластах на слабоизученных территориях. На обширной северо-восточной части Российской Федерации остаются территории с низкой степенью геолого-геофизической изученностью. Прежде всего, это территории кайнозойских впадин, через которые проходит зона сгущения эпицентров землетрясений (пояс Черского).

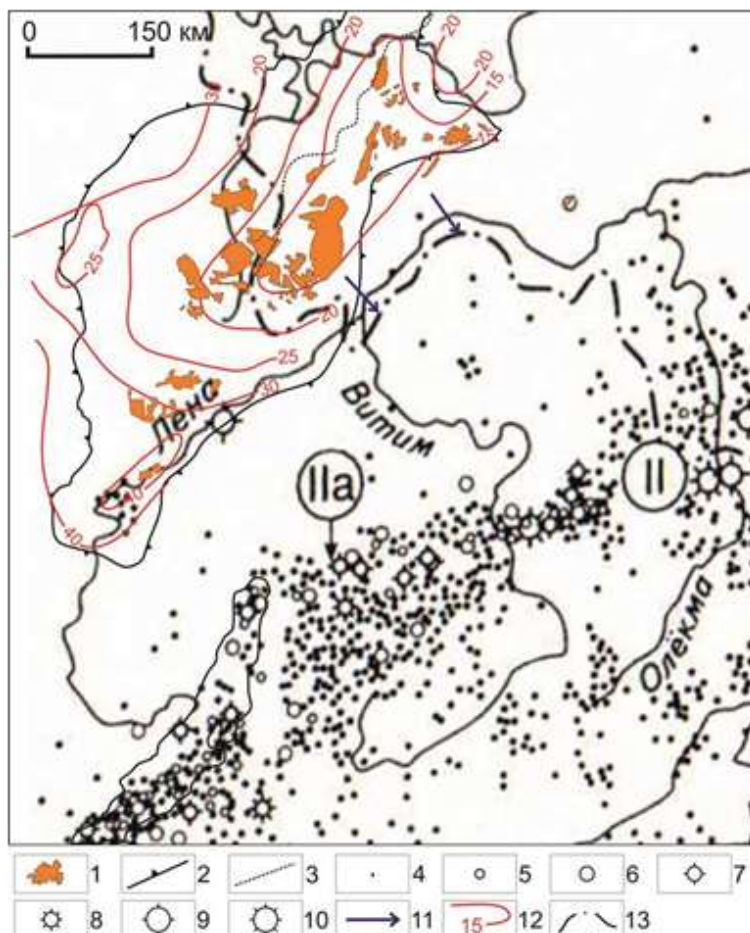


Рис. 2. Схема сопоставления эпицентров землетрясений Олекминского фланга Байкальской рифтовой зоны с месторождениями нефти и газа Непско-Ботубобинской антеклизы.: 1 – месторождения УВ, 2 – контур НБА, 3 – линия выклинивания терригенного венда, магнитуды землетрясений: 4 – до 4; 5 – 4-5; 6 – 5-5,5; 7 – 5,5-6; 8 – 6-6,5; 9 – 6,5-6,8; 10 – 6,8 (Тектоника, 2001); 11 – направление движения вод; 12 – температура на кровле рифей-вендского терригенного комплекса, °С (НБА, 1986); 13 – административная граница Республики Саха (Якутия). II – Байкало-Становой пояс, III – Байкальская рифтовая зона

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 21-510-22001.

Литература

1. Margulis L.S., Semenov V.P., Rodina T.V. Forecast of distribution of hydrocarbon lithological traps in Vendian terrigenous deposits of the northwest of the Nepsko-Botuobinsk anticline // Petroleum geology. Theory and practice, 2015. – V. 10. – № 2. – http://www.ngtp.ru/rub/4/16_2015.pdf.
2. Kosachuk G.P., Burakova S.V., Butochkina S.I., Melnikova E.V., Budrevich N.V. On the formation of oil deposits (rims) of the Nepsko-Botuobinsk anticline deposits // News of gas science, 2013. – №5 (16). – P. 114–123.
3. Imaeva L.P., Kozmin B.M., Imaev V.S., Grib N.N. Seismogeodynamics of the zone of interaction between the northeastern flank of the Baikal rift and the Aldan-Stanovoy block // Lithosphere, 2016. – № 3. – P. 68–81.
4. Logachev N.A. History and geodynamics of the Baikal rift // Geology and Geophysics, 2003. – Vol. 44. – № 5. – P. 391–406.
5. Koz'min, B.M., Golenetskii S.I., Nikolaev V.V. et al. Aftershocks of the South Yakut earthquake on April 20, 1989. – Yuzhno-Sakhalinsk: IMGIG FEB RAS, 1993. – 66 p.

**ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
СЕВЕРО-ОСТАНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Егорова А.С.

Научный руководитель доцент Недолишко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучению палеозойских пород фундамента Западно-Сибирской плиты, как перспективных объектов разработки содержащихся в них залежей углеводородов, в последнее время уделяется пристальное внимание. В связи с этим перед исследователями стоит целый ряд вопросов, начиная от установления литологических особенностей и условий формирования и залегания пород-коллекторов и флюидоупоров, до выявления факторов, способствующих образованию в породах пустотного пространства, вплоть до выбора рациональных способов разработки трудноизвлекаемых запасов нефти и газа, залегающих на больших глубинах.

В связи с этим, целью проведенных исследований была литологическая характеристика пород-коллекторов, приуроченных к карбонатным отложениям эрозионно-тектонического выступа палеозойского фундамента, вскрытых бурением на Северо-Останинском нефтегазоконденсатном месторождении (Томская область).

В последнее время исчерпывается большое количество ресурсов, поэтому Северо-Останинское нефтегазоконденсатное месторождение, находящееся на территории Паральского района Томской области в 35 км от г. Кедрового и в 375 км северо-западной от г. Томска, привлекает все более пристальное внимание.

Месторождение расположено на юго-востоке Западно-Сибирской равнины и приурочено к одноименному тектоническому поднятию северо-западного простирания. Наиболее близкорасположенные месторождения: Останинское, Западно-Останинское и Герасимовское.

В геологическом строении Северо-Останинского месторождения принимают участие образования доюрского фундамента и отложения мезозойско-кайнозойского платформенного чехла. В соответствии с существующим стратиграфическим расчленением Северо-Останинская площадь входит в Нюрольский структурно-фациальный район, в котором палеозойские образования представлены отложениями ордовика, силура девона и карбона.

Месторождение относится к Пудинскому нефтегазоносному району Васюганской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Нефтегазоносность приурочена к хорошо развитой по кровле палеозойских отложений коре выветривания доюрского возраста, которую А.Э. Конторович и Е.Е. Даненберг назвали разновозрастным нефтегазоносным горизонтом зоны контакта палеозоя и мезозоя.

Нефтеносность приурочена к средне-позднедевонским известнякам, проницаемая составляющая которых выделяется в пласт М [1, 2]. Залежь пласта М по типу флюида – нефтяная, по типу ловушки стратиграфическая под несогласием, экранированная тектоническими нарушениями, с массивным типом резервуара.

Литологическими материалами для микроскопического исследования скважин послужили шлифы, изготовленные из кернового материала, отобранного в скважине №5.

Карбонатный разрез, вскрытый скважиной 5, представлен известняками битуминозными стилолитовыми (эйфельский ярус); строматопоровыми и водорослевыми (живет-франский возраст); битуминозными тентакулитовыми (поздний фран-ранний фамен); строматопоровыми брахиоподовыми и водорослевыми (фамен) [3]. Известняки имеют светло-серую и серую окраску, сложены кальцитом с примесью глинистого материала, сформированы в относительно мелководных условиях и неравномерно доломитизированы. Первичные текстуры пород однородные, слоистые, пятнистые за счет неравномерного распределения органических остатков.

Породы характеризуются широким развитием вторичных текстур, образованных при катагенетическом уплотнении и при активизации тектонических процессов. Вторичные текстуры представлены послойными катагенетическими стилолитовыми швами; тектоническими трещинами, секущими породу в разных направлениях и часто заполненными кальцитом и хлоритом; брекчиевидными текстурами, сформированными в участках повышенной трещиноватости; кавернозными текстурами с мелкими и крупными кавернами растворения. Структура известняков пелитоморфная, кристаллически-зернистая, биоморфная, детрито-биоморфная, комковатая, пятнистая, ступчатая.

Коллекторами являются доломиты замещения, развитые по органогенным известнякам. Генезис пустотного пространства в них связан с первичными внутриформенными и межформенными биопустотами, вторичными межкристаллитными порами в участках перекристаллизации, но главным образом обусловлен тектонической трещиноватостью и метасоматической доломитизацией при поступлении по трещинам горячих магнийсодержащих углекислых растворов. Под действием углекислотного метасоматоза осуществляется растворение, перекристаллизация и замещение кальцита доломитом. Вследствие этого в доломитизированных известняках присутствуют подновленные растворением стилолитовые швы; не полностью залеченные кальцитом трещины, кавернообразные поры и каверны растворения. Распределение пустотного пространства в них, как правило, неравномерное: уплотненные участки сочетаются с участками с хорошо развитым пустотным пространством.

По типу пустотного пространства карбонатные коллекторы пласта М Северо-Останинского месторождения относятся к поровому, трещинному, каверновому и смешанному типам. Наиболее распространены трещинные коллекторы, представленные стилолитизированными известняками и известняками с тектонической трещиноватостью. Вдоль стилолитов и трещин часто проявляется растворение пород и перекристаллизация.

Согласно данным лабораторных исследований, коэффициент пористости органогенных известняков равен 0,02 д.ед., проницаемость – 0,268 мД; по данным ГИС пористость равна 0,068 д.ед.

В доломитизированных известняках – доломитах замещения средняя проницаемость пород 34,8 мД. Значимая разница (более, чем в 25 раз) в значениях проницаемости известняков и доломитизированных известняков

вызвана: предшествующими доломитизации тектоническими процессами, приводящими к растрескиванию и брекчированию известняков; растворением известняков при миграции углекислых магнийсодержащих вод через ослабленные брекчированием и трещиноватостью зоны с образованием каверн; процессами метасоматического замещения кальцита доломитом (известно, что радиус молекулы доломита меньше радиуса молекулы кальцита).

Таким образом, формирование пустотного пространства в известняках и доломитах замещения по известнякам в пласте М можно представить следующим образом: в процессе седиментогенеза и диагенеза в органогенных известняках формировались биопустоты, при катагенетическом уплотнении образовались стилолитовые швы, а при перекристаллизации – кристаллитные поры между кристаллами кальцита; при активизации тектонических процессов породы рассекались разнонаправленными трещинами, по которым из глубин перемещались горячие кислые высокомагnezиальные растворы. Они растворяли известняки, приводили к перекристаллизации кальцита и доломитизации. В результате подновлялись ранее образованные пустоты и формировались вторичные пустоты перекристаллизации и растворения.

Литература

1. Асеев А.Л. Увеличение интенсификации добычи углеводородов в условиях низких фильтрационно-емкостных свойств пласта и осложнениями во время эксплуатации скважин на примере Северо-Останинского нефтегазоконденсатного месторождения (Томская область): магистерская диссертация / науч. рук. В.Н. Арбузов. – Томск, 2018. – С. 10–16.
2. Аксёнова Ю.А. Геологическое строение и литологические особенности девонских карбонатных отложений Северо-Останинского нефтегазоконденсатного месторождения (Томская область: магистерская диссертация / науч. рук. Л.А. Краснощечекова. – Томск, 2020. – С. 32–41.
3. Ежова А.В. Изучение палеозойских коллекторов Северо-Останинского нефтяного месторождения по керну и шламу. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – С. 21–102.

ВЫЯВЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПЕСЧАНЫХ ПЛАСТОВ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Жданова Ю.Ю., Сидоренко Н.С.

Научный руководитель профессор Мельник И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Методы интерпретации геофизических исследований скважин по каротажным диаграммам основаны на традиционных подходах, сформированных несколько десятков лет назад. Традиционные методы не всегда позволяют точно определить характер насыщения пластов. Профессор И.А. Мельник предложил принципиально новый метод статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин (СКИ). Суть метода заключается в расчете статистической интенсивности вторичных геохимических процессов через корреляционную связь между показаниями геофизических методов [1]. Рассчитанная интенсивность одного или нескольких вторичных процессов используется в качестве индикатора нефтегазонасыщенности, а также для оценки близости глубинных разломов. Валидность рассматриваемого метода была подтверждена в работах [2-6].

Целью исследования является иллюстрация использования таких вторичных геохимических процессов, как пиритизация, каолинизация, карбонатизация и пелитизация в качестве индикации нефтегазонасыщенности песчаных коллекторов с помощью метода СКИ.

Самотлорское месторождение расположено в центральной части Западно-Сибирской плиты на восточном склоне структуры первого прядка Нижнеартовского свода. Продуктивными являются пласты позднейюрской эпохи и мелового периода. Для исследования были отобраны 20 пластов, из которых были получены притоки нефти, в 10 скважинах Самотлорского месторождения. С помощью метода СКИ для пластов были рассчитаны статистические интенсивности (I) каолинизации, карбонатизации, пиритизации и пелитизации. Исследуемые пласты были разбиты на три группы:

1. Пласты АВ₁¹⁻² и АВ₁³ с глубинами залегания 1733-1799 м;
2. Пласты БВ₈¹⁻³ и БВ₁₀⁰ с глубинами залегания 2200-2473 м;
3. Пласты ЮВ₁ с глубинами залегания 2550-2820 м.

Средние значения интенсивностей геохимических процессов были сведены в таблицу.

Таблица

Статистические интенсивности геохимических процессов в нефтенасыщенных интервалах по Самотлору

Пласты	Среднее значение			
	Икаол.	Икарб.	Ипир.	Ипел.
	у.ед			
АВ ₁ ¹⁻² АВ ₁ ³	0,06	0,04	0,09	0,08
БВ ₈ ¹⁻³ БВ ₁₀ ⁰	0,10	0,10	0,13	0,12
ЮВ ₁	0,12	0,13	0,18	0,10

Из полученных данных видно, что интенсивности каолинизации, карбонатизации и пиритизации увеличиваются с возрастанием глубины залегания. Причем изменения средней интенсивности каолинизации и

пиритизации с глубиной имеют логарифмическую зависимость, а изменение интенсивности карбонатизации – линейную. Увеличение интенсивностей геохимических процессов с глубиной может быть связано как с температурой, так и с уменьшением расстояния до глубинных разломов, по которому углеводороды мигрировали из фундамента и мантийных очагов.

Ранее проводились исследования, в ходе которых была выявлена явная корреляция плотности разломов по фундаменту с количеством месторождений углеводородов в Томской области [7]. При этом наблюдается полное отсутствие корреляции с содержанием органического вещества (урана) в баженовской свите, что говорит в пользу неорганической концепции генезиса нефти.

Таким образом, имеет смысл использовать новые технологии выявления нефтегазовых залежей, основанных на обнаружении не только ловушек, разломов растяжения и проницаемых зон литосферы, вплоть до мантии, но и вертикальных проницаемых каналов самой мантии. В ранее проведенных исследованиях показано, что интенсивность вторичной каолинизации может служить индикатором присутствия разломов и проницаемых зон [4, 8].

В ряде исследований было установлено, что основным фактором присутствия пирита в осадочных породах является процесс наложенного эпигенеза, обусловленный присутствием серы. В этом случае данный минерал может служить индикатором наличия углеводородов [5]. Ранее Р.С. Сахибгареев установил, что наиболее сильная пелитизация приурочена к зоне ВНК [9].

В ходе исследования было проведено сравнение дебитов нефти из пяти пластов Ю₁ в скважинах Самотлора с интенсивностями пиритизации и пелитизации, результаты представлены на графике (рис.), из которого видно, что увеличению дебита сопутствует увеличение интенсивностей пиритизации и пелитизации.

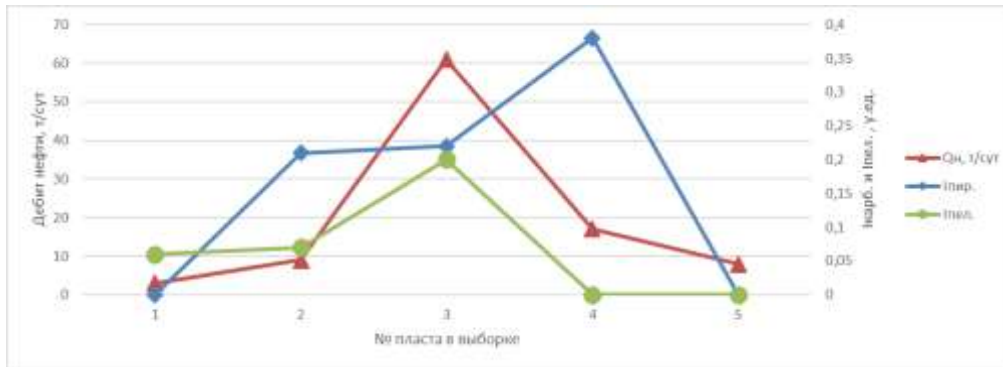


Рис. Сравнение дебита нефти (Qн), пиритизации (Iпир.) и пелитизации (Iпел.) пластов Ю₁

Это может говорить о связи геохимических интенсивностей как с нефтенасыщенностью, так и с проницаемостью пласта.

Таким образом, используя метод СКИ, на основании материалов геофизических исследований скважин, как нового, так и старого фонда, мы имеем возможность получать широкий спектр геохимической информации и выявлять нефтегазонасыщенные пласты в процессе изучения песчаных интервалов исследуемых скважин.

Литература

1. Мельник И.А. Основы статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин: учебник. – Москва: РУСАЙНС, 2022. – 76 с.
2. Мельник И.А. Интенсивности процессов наложенного эпигенеза как индикаторы нефтенасыщенности песчаных коллекторов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2019. – Т. 330. – № 6. – С. 90–97.
3. Мельник И.А. Выявление вторично преобразованных терригенных коллекторов на основе статистической интерпретации материалов ГИС // Геофизика, 2013. – № 4. – С. 29–36.
4. Мельник И.А. Латеральная миграция флюидов и интенсивность вторичной каолинизации в терригенных отложениях Томской области // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2016. – № 4 (28). – С. 9–14.
5. Мельник И.А. Интенсивность пиритизации как индикатор характера насыщения юрских пластов Томской области // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2016. – № 3. – С. 41–49.
6. Мельник И.А. Определение интенсивности геохимических процессов по материалам геофизических исследований скважин. – Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 2016. – 146 с.
7. Мельник И.А., Зимина С.В., Смирнова К.Ю. Нефтегазоносность территории Томской области как результат глубинной миграции // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2017. – № 3. – С. 17–22.
8. Мельник И.А. Вторичная каолинизация песчаных пластов как признак тектонических нарушений осадочного чехла // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2014. – № 9. – С. 22–27.
9. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РАЗРЕЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ
ОСАДКОВ ЗАЛИВА БУОР-ХАЯ**

Клеванцева Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Залив Буор-Хая расположен в юго-восточной части шельфа моря Лаптевых и является зоной активного поступления терригенного осадочного вещества за счёт двух основных источников: стока реки Лены и продуктов активной береговой эрозии [1-3].

Органическое вещество (ОВ), поступающее в воды залива с осадочным материалом и далее переносимое в воды шельфа моря Лаптевых, вовлекается в действующий биогеохимический цикл, в дальнейшем оказывая влияние на климатические процессы.

Одним из наиболее важных вопросов для исследования в этом контексте является оценка объема поступающего в воды шельфа ОВ, его источников и свойств с точки зрения потенциальной биодоступности.

В работе представлены результаты гранулометрического и пиролитического исследований осадков, иллюстрирующих характеристику седиментации и изменчивость органического вещества в поверхностном горизонте глубиной до 20 см.

Фактическим материалом для данной работы послужил осадочный керн (18 образцов послойно), отобранный в западной части залива Буор-Хая в арктической экспедиции на НИС «Академик М. Келдыш» осенью 2020 г. Скорость седиментации для района исследований, по разным оценкам, варьирует от 0,12 до 1,3 мм в год [5, 6], что может соответствовать периоду осадконакопления изучаемого разреза в широком диапазоне от 150 до 1660 лет.

Суть пиролитического метода Rock Eval, использованного для приведенного исследования, заключается в ступенчатом термическом разложении образца с последующей детекцией продуктов деструкции, которые формируют в общей сложности три пика органических соединений – S1, S2, S3CO₂.

По всему разрезу наблюдается общий тренд на их распределение (рис. 1): преобладают кислородсодержащие высокомолекулярные соединения (пик S3CO₂). Их доминирование в составе ОВ объясняется тем, что в процессе латерального переноса, седиментации и взмучивания осадочного материала они слабо подвержены процессам окисления и разложения из-за сложной структуры молекул. Легколетучие лабильные углеводороды (пик S1), напротив, наиболее восприимчивы к процессам разложения, что объясняет их низкое содержание в образцах [7].

Для всех образцов было измерено общее количество органического углерода ТОС (total organic carbon), представляющего собой сумму пиролизуемого и остаточного (углефицированного) углерода. ТОС варьируется от 1,52 до 2,12 % масс, что, в целом, соответствует ранее опубликованным данным по изучаемому району [1, 3, 5]. Минимальное содержание наблюдается в горизонте 13-14 см, а максимальное – в горизонте 2-3 см.

Отмечена высокая степень связи между содержанием пелитовой фракции, значениями водородного индекса HI и содержанием общего органического углерода (рис. 2). Это объясняется тем, что глинистые минералы пелитовой фракции имеют высокую сорбционную способность, тем самым обеспечивая более высокую сохранность ОВ. Тем не менее, необходимо отметить, что объем выборки был ограничен и такая интерпретация носит предварительный характер.

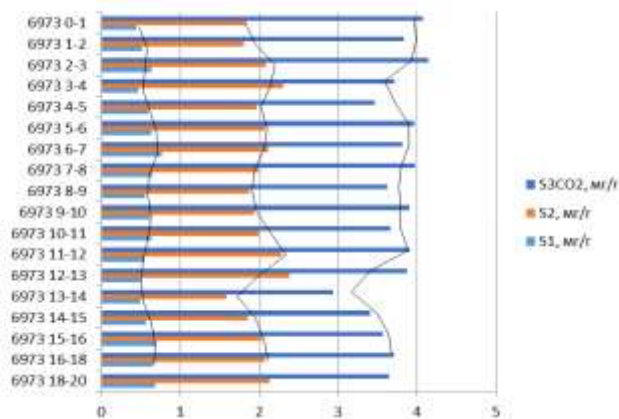


Рис. 1. Распределение трёх групп органических соединений (мг ОВ/г образца), 6973 – номер станции, 0-1 – горизонт отбора пробы, в см

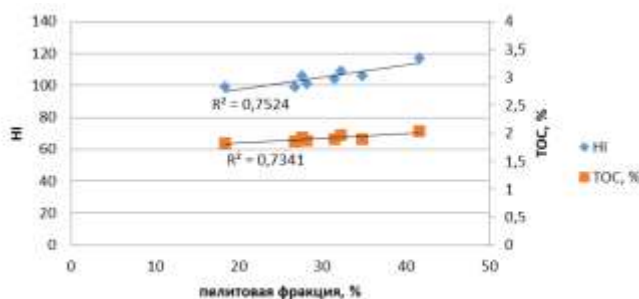


Рис. 2. График зависимости между параметрами ТОС, HI и содержанием пелитовой фракции

Литература

- Stein R., Fahl K. The Laptev Sea: Distribution, Sources, Variability and Burial of Organic Carbon. In The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean; Stein R., Macdonald R.W., Eds. – Springer: Berlin, Germany, 2004. – P. 213–237.

2. Sakshaug E. Primary and Secondary Production in the Arctic Seas. In The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean. – Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2004. – Pp. 57–81.
3. Современный литоморфогенез на восточно-арктическом шельфе России: монография / О.В. Дударев и др.]. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 192 с.
4. Hare A.A., Kuzyk Z.Z.A., Macdonald R.W., Sanei H., Barber D., Stern G.A., Wang, F. Characterization of sedimentary organic matter in recent marine sediments from Hudson Bay, Canada, by Rock-Eval pyrolysis. // Org. Geochem., 2014. – № 68. – P. 52–60.
5. Bröder L., Tesi T., Salvadó J.A., Semiletov I.P., Dudarev O.V., Gustafsson Ö. Fate of terrigenous organic matter across the Laptev Sea from the mouth of the Lena River to the deep sea of the Arctic interior // Biogeosciences, 2016. – № 13. – P. 5003–5019.
6. Stein R., Macdonald R.W. References. In The Organic Carbon Cycle in the Arctic Ocean. – Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2004. – Pp. 323–363.
7. Gershelis E., Grinko A., Oberemok I., Klevantseva E., Poltavskaya N., Ruban A., Chernykh D., Leonov A.; Guseva N., Semiletov I. Composition of Sedimentary Organic Matter across the Laptev Sea Shelf: Evidences from Rock-Eval Parameters and Molecular Indicators // Water, 2020. – № 12. – P. 3511.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект № МК-3476.2021.1.5).

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ НА ОСНОВЕ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кондина Е.Ю., Бирюкова О.Н.

Научный руководитель профессор Булатов В.И.

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

Исследуемый участок расположен в Ханты-Мансийском и Кондинском районах Ханты-Мансийского автономного округа – Югра Тюменской области. В нефтегазоносном отношении территория исследований расположена в пределах Приобского и Уватского нефтегазоносного района Фроловской нефтегазоносной области.

С целью уточнения геологической модели участка проведены седиментологические исследования. Одной из основных задач являлась реконструкция истории осадконакопления территории на основе комплексного подхода к изучению отложений [3].

Основой для создания седиментологических моделей послужили данные фациального анализа, скомпилированные с результатами комплексного динамического анализа для создания итоговых сейсмо-седиментологических моделей.

Результат анализа данных сейсмоки (с учетом переинтерпретации), кернового материала и данных ГИС позволил уточнить модель осадконакопления мелового комплекса в разрезе викуловской свиты. Викуловская свита охарактеризована керном только в одной скважине 8215, пробуренной в 2015 году.

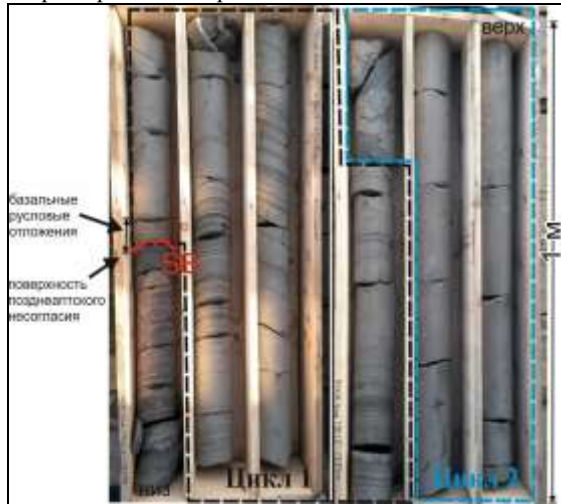


Рис. 1. Граница секвенсы (SB – sequence boundary), выделенная в керне викуловских отложений. Скважина 8215, интервал 1921,5-1929 м

Керн отобран из трех интервалов: 1904-1913 м, 1913-1921,5 м, 1921,5-1929 м. Вынос керна 100% [3]. Используя материалы одной скважины, сложно построить полноценную седиментологическую модель.

Для выявления вертикальной и латеральной изменчивости, а также восстановления обстановок осадконакопления необходимы данные нескольких скважин.

В керне отмечается несколько циклов осадконакопления, начинающихся с базального более грубозернистого песчаного слоя.

Нижний цикл представлен песчаниками крупно-среднезернистыми с однонаправленной косой слоистостью.

Выше интервала с глинистыми интракластами начинается следующий песчаный цикл, в основном представленный массивными песчаниками (рис. 1).

Такая цикличность, «врезанность» одного цикла в другой в сумме с наличием углефицированных растительных остатков по слоям песчаников говорит о возможном формировании отложений в пределах дельтовой обстановки осадконакопления, на затопленных, частично выходящих на поверхность прибрежных

осадочных аккумуляциях, отлагающихся в результате деятельности рек [4].

Существуют различные точки зрения на формирование отложений викуловской свиты.

На стратиграфической схеме викуловская свита имеет позднеаптский возраст, по палинологическим комплексам позднеапт-альбский. Согласно региональным палеогеографическим данным, в позднем апте в западной части Западно-Сибирского бассейна господствовали мелководно-морские условия осадконакопления [2].

Площадь исследования в это время располагалась в центральной части мелководного морского внутреннего бассейна с пониженной соленостью, периодически соединявшегося через узкий меридионально вытянутый пролив, с открытым бассейном на севере [2].

Седиментация в аптском море предполагалась непрерывной, и строение викуловской свиты принято согласным, что отображено в региональных стратиграфических схемах.

Изучаемая территория в позднеапт-альбское время формировалась в условиях смены крупных зон внутреннего моря или залива (западная и северо-западная часть) прибрежной равнины (на востоке и юго-востоке) (рис. 2). Ряд проведенных работ по месторождениям, расположенным на территории Красноленинского свода, позволяет предположить, что в его пределах отложения накапливались в прибрежно-морских условиях с чередованием смены префронтальных зон [4].

Существует альтернативная точка зрения на формирование отложений викуловской свиты, основанная на данных по керну, сейсморазведки и ГИС Каменной площади (Красноленинский свод) и Восточно-Каменной площади (восточный склон Красноленинского свода) [1].

Исследуя геолого-физическую информацию по участку различных стадий геологоразведочных работ, в продуктивных отложениях викуловской свиты выявлены врезанные долинные системы, сложенные комплексом аллювиальных и эстуариевых осадков, образовавшемся на этапе низкого стояния моря [4].

Для диагностики условий образования отложений в пределах района при исследовании кернового материала, отобранного из скважины 8215, установлено, что отложения представлены дельтовыми песчаниками.

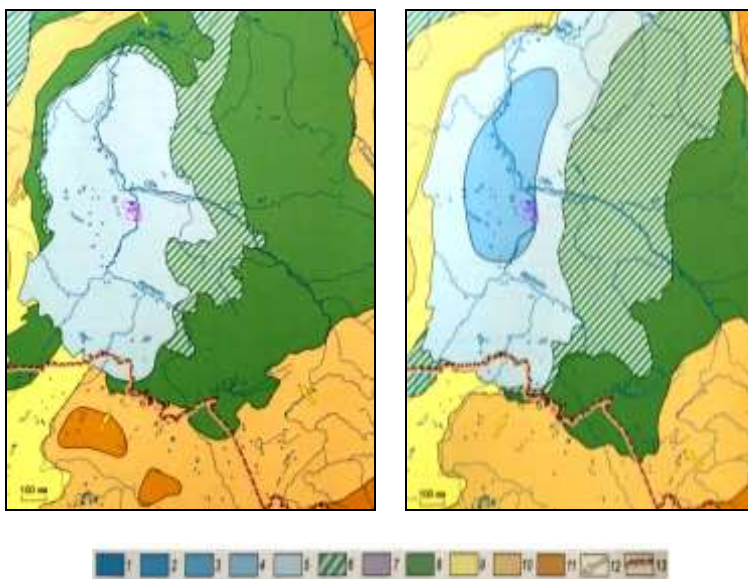


Рис. 2 Литолого-палеогеографическая карта Западно-Сибирской платформы, меловой период, поздний апт и раннеальбский век [3]

- Области морского осадконакопления: 1 – море глубокое, более 400 м;
2 – море глубокое, 200-400 м; 3 – море мелкое, 100-200 м;
4 – море мелкое, 25-100 м; 5 – море мелкое, менее 25 м;
6 – области переходного осадконакопления; равнина прибрежная,
временами заливавшаяся морем, 7 – внутренние водоемы,
8 – равнина низменная, 9 – равнина денудационно-аккумулятивная, ,
10 – равнина возвышенная, 11 – горы низкие,
12 – направления сноса обломочного материала,
13 – государственная граница**

сейсмофаций, что отражается и в разности значений амплитудных характеристик.

Викюловская свита продолжает считаться одним из перспективных объектов на исследуемом участке и наименее изученным объектом.

При исследовании керна, отобранного в разведочной скважине 8215 в интервале глубин 1915,2-1921 м (а.о. -1611,2 – -1617 м) порода характеризуется признаками насыщения углеводородов.

Диагностируемые

отложения по данным сейсмике и ГИС в пределах врезанных долин на Кондинском участке могут иметь дельтовый генезис с появлением на северо-западе мелководно-морских отложений.

Проведенный сейсмофациальный анализ позволил выделить 5 основных фациальных типов (рис. 3).

Типы 4 и 5 (синие и фиолетовые цвета на карте сейсмофаций) соответствуют отложениям междельтовых пространств, включают фации глинисто-алевритовых отложения междельтовых пространств и алевроглинистые отложения междельтовых пространств.

Типы разреза от 1 до 3 на карте сейсмофаций (зеленые, красные цвета) присутствует как в зоне междельтовых пространств, так и могут располагаться в междельтовых зонах врезанных дельтовых систем, где они преобладают.

В целом по карте сейсмофаций отмечаются зоны наиболее изменчивые по типам разреза [4].

Таким образом, выделенные по результатам спектральной декомпозиции зоны распространения дельтовых равнин, характеризуются наиболее изменчивыми свойствами по карте

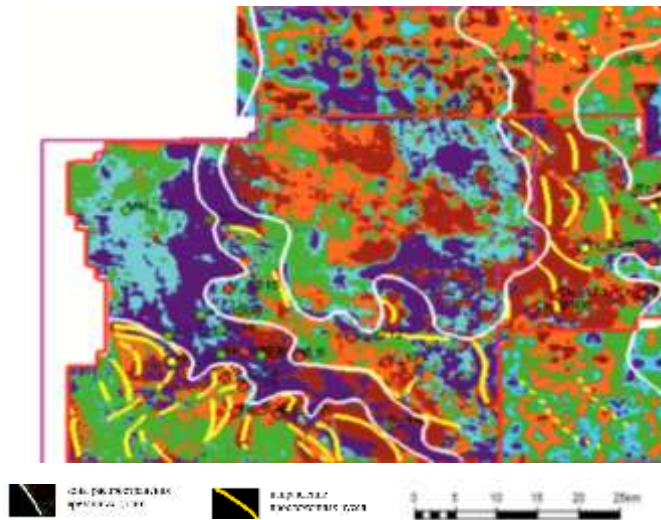


Рис. 3. Карта сейсмofаций
(окно расчета от ОГМ₁ – 10+40 мс, 5 классов). 2D
сейсморазведка и 3D СП10/00-02

Испытаний в викуловских отложениях в пределах исследуемого участка не проводилось. Картирование на основе сейсмических данных неоднозначно в отсутствии прямых скважинных данных, на которые можно было бы опираться.

Наиболее верным решением в таком случае была бы расконсервация скважин, расположенных в пределах врезанных долин на структурно приподнятых областях, и их испытание.

Предлагается особо уделить внимание комплексу викуловских отложений при бурении разведочных и эксплуатационных скважин на участке (отбор керна, ГИС и других исследований), учитывая данные по Каменному и Восточно-Каменному месторождениям, где залежи в викуловских врезанных системах разрабатываются [1].

Особенно стоит учесть неглубокое залегание горизонта, что делает разработку возможных залежей относительно малозатратной.

Литература

1. Ахмедов Р.А., Бирюкова О.Н., Габдуллин Р.Р. Особенности геологического строения и нефтеносность викуловской свиты Восточно-Каменного месторождения Водораздельного лицензионного участка // Вестник Московского университета. – М., 2018. – С. 33–39.
2. Медведев А.Л. Аптские врезанные речные долины Каменной площади Западной Сибири: региональные аспекты нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2010. – Т. 5. – №3. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/4/36_2010.pdf
3. Нефтегазоносные комплексы Западно-Сибирского бассейна / М.Я. Рудкевич, Л.С. Озеранская, Н.Ф. Чистякова и др. – М.: Недра, 1988. – 303 с.
4. Переинтерпретация геолого-геофизических данных с целью уточнения геологической модели на Кондинском лицензионном участке. – М.: ЗАО «МИМГО им. В.А. Двуречинского, 2017.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ (МЕСТОРОЖДЕНИЯ АНАЛОГИ)

Кротов А.А.

Научный руководитель профессор Белозеров В.Б.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Все чаще встречается ситуация, когда на месторождениях нефти и газа произведена сейсморазведка, но количество пробуренных скважин на единицу площади настолько мало, что данные по этим скважинам являются нерепрезентативными для оценки ресурсной базы.

Поисково-разведочное бурение – это обычное дело для крупных нефтегазовых компаний. Для небольших компаний вложения в поисково-разведочное бурение – это огромные финансовые риски. Инвестиции в мелкие нефтегазовые компании позволяют получить большую прибыль в случае открытия крупных месторождений углеводородов. Но, в противном случае, это приведет к серьезным финансовым последствиям как компании, так и инвестора.

Поэтому важно оценить все риски и произвести подсчет запасов углеводородов в условиях высокой неопределенности с помощью вероятностной оценки для дальнейшего принятия инвестиционных решений.

При использовании вероятностной оценки определяют следующие величины (рис. 1):

- минимальная или наиболее вероятная оценка (P90) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 90 процентов;
- базовая, средняя или ожидаемая величина (P50) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 50 процентов;
- максимальная величина, наиболее маловероятный шанс (P10) – оценка запасов или ресурсов подтверждена с вероятностью 10 процентов.

В случае отсутствия действующих или пробуренных скважин на месторождении, вероятностную оценку ресурсной базы производят объемным методом, все величины представляются в виде вероятностных распределений (рис. 2).

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Структурные и концептуальные неопределенности (это площадь залежи и эффективные газо- и нефтенасыщенные толщины), влияющие на общий объем горных пород и отвечающие за особенности распределения пород-коллекторов в пространстве берутся, исходя из данных сейсморазведки и общей региональной геологии.

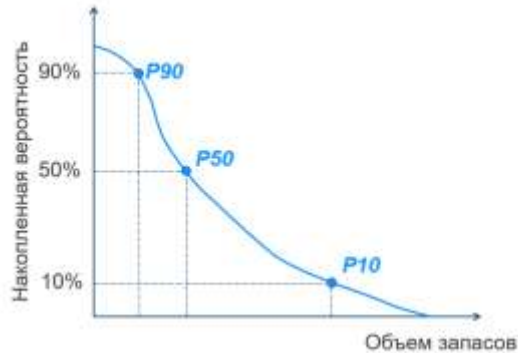


Рис. 1. Накопленная вероятность оценки объема запасов или ресурсов

например, таких методов расчета как Монте-Карло или выборка латинского гиперкуба (рис. 3).

В итоге мы имеем вероятностное распределение объема ресурсной базы или запасов залежи [2].

В дальнейшем для принятия инвестиционных решений производится расчет шанса геологического успеха, а также происходит отбор ловушек по нефтенасыщенным толщинам, пригодным для бурения с экономической точки зрения.

Петрофизические неопределенности, определяющие качество коллектора, способного содержать флюид (это значения пористости и нефтенасыщенности), и неопределенности свойств пластовых флюидов (плотность и объемный коэффициент) принимаются исходя из вероятностного распределения данных свойств полученных с месторождений аналогов, где разрабатываются те же продуктивные пласты, что и в анализируемой структуре.

Вероятностная оценка означает отказ от точного расчета параметров в условиях высоких неопределенностей, и учитывает всевозможные варианты их оценки.

После того, как построена базовая геологическая модель и заданы неопределенности в виде вероятностного распределения параметров, производится многовариантный расчет, состоящий из множества реализаций с использованием,

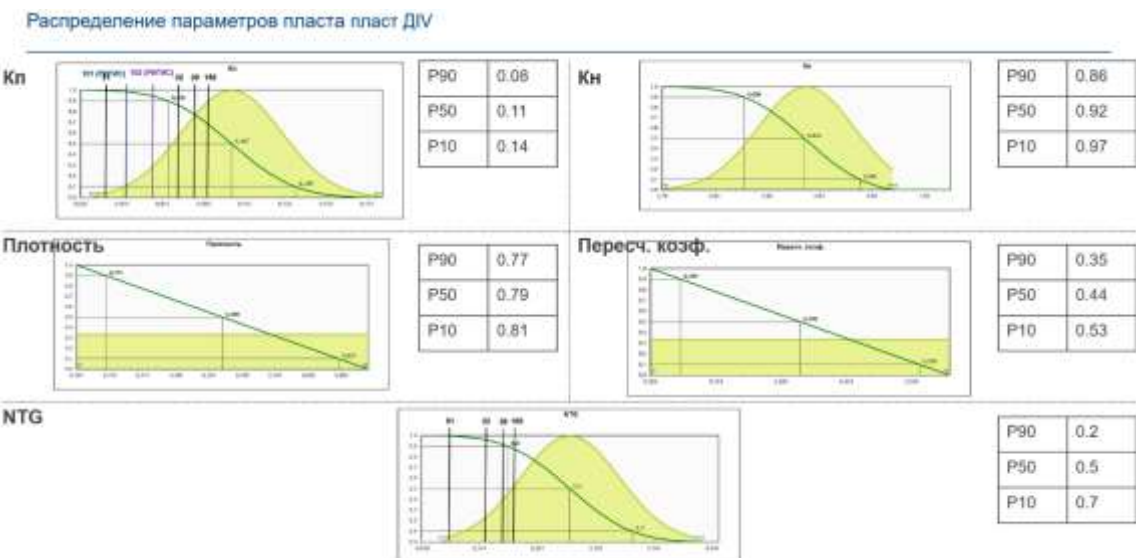


Рис. 2. Ключевые неопределенности и вероятностное распределение параметров

Производятся расчеты по разработке месторождения, а именно потенциал извлечения углеводородов с учетом оптимальных технических решений.

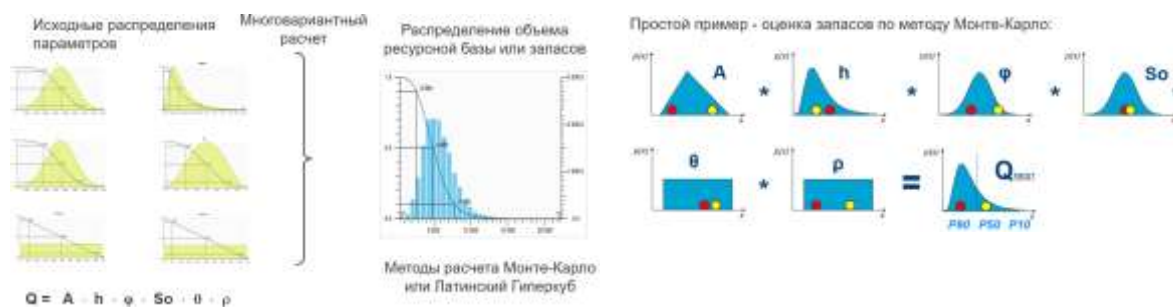


Рис. 3. Многовариантный расчет множества реализаций

Далее анализ инфраструктурных решений по проекту и оценка экономической эффективности проекта с учетом всех необходимых затрат, включая программу геологоразведочных работ (ГРП). И в конечном этапе подбор и принятие интегрированного устойчивого решения [1].

Литература

1. Геолого-экономическая оценка проектов: настоящее и будущее / М.Г. Дымочкина, П.Ю. Киселев, М.Н. Пислегин и др. // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти, 2018. – № 3(9). – С. 18–23.
2. Методика геолого-экономической оценки новых активов разведки и добычи углеводородов. – М.: ПАО «Газпром нефть», 2017.

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА ГЕОРГИЕВСКОЙ СВИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Кузнецова А.В., Ширяев А.А.

Научный руководитель старший преподаватель Галинский К.А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Исследование недр является одной из важнейших задач в области добычи полезных ископаемых. Одним из методов получения новой информации о тех или иных особенностях строения пластов, а также литологического состава являются исследования керна, полученного в результате бурения скважин.

Целью работы является литолого-петрографические и биостратиграфические исследования образцов керна, отобранных на месторождениях центральной части Западной Сибири.

Задачами являются изучение литологического состава пород георгиевской свиты по данным керна, условий осадконакопления изучаемых образцов, а также проведение ихнофациального анализа пород.

Одной из задач литолого-петрографических исследований кернового материала является получение данных о характеристиках горных пород, слагающих изучаемые отложения той или иной части разреза. Биостратиграфические исследования направлены на получение данных о стратиграфической принадлежности образцов пород на основании изучения данных о комплексах макро- и микрофауны.

Георгиевская свита относится к верхнеюрским отложениям, залегает над горизонтом Ю₁ непосредственно под баженовской свитой [1]. Бытует мнение, что в георгиевской свите отсутствуют ловушки нефти, имеющие промышленное значение. Кроме того, ее изучение осложняется невыдержанностью по разрезу, когда на породах пласта Ю₁¹ залегают породы баженовской свиты, соответственно в данном случае георгиевская свита в разрезе отсутствует.

Изучаемый участок включает в себя часть территории Ханты-Мансийского Автономного округа, запад Томской области, северо-восток юга Тюменской области и часть территории юго-востока Ямало-Ненецкого Автономного округа.

Некоторые скважины, пробуренные с отбором керна, не имеют образцов, стратиграфически относящихся к георгиевской свите.

В разрезе скважин, охарактеризованных керном георгиевской свиты, она сложена черными аргиллитами и глинистыми алевролитами. Выделяются пачки мелкозернистых песчаников с примесью алевритоглинистого материала, интенсивно биотурбированного. Подошва свиты часто характеризуется резкой границей затопления, образовавшейся в результате резкой смены условий осадконакопления.

В керновом материале были выделены маломощные прослои (~0,18-3 м), так называемые трансгрессивные слои, представленные смешанной алевропесчаной породой, в которой выделяются зоны карбонатизации часто с трещинами, залеченными кальцитом. Характерны многочисленные включения белемнитов, раковинного детрита, глауконита, пирита, реже сидерита, обломков пород, ихтиодетрита. Характерны текстуры биотурбации от слабой до сильной степени.

Согласно классификационной таблице фаций, фации классифицированы по комплексам и группам. Определена обстановка осадконакопления. Таким образом, нами диагностированы фации предфронтальной зоны пляжа, мелководно-морского шельфа и открытого шельфа.

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Трансгрессивные слои, мощностью от 0,18 до 3 м, представлены смешанной алевропесчаной породой зеленоватого цвета за счет многочисленных включений глауконита, также, возможно, красного цвета из-за сильного ожелезнения. Присутствуют многочисленные органические остатки: раковины двустворчатых моллюсков, ростры белемнитов (до 4-6 см), раковинный детрит.

Согласно проведенному ихнофацциальному анализу, для пород характерны текстуры биотурбации. Биотурбация от слабой до сильной степени, представлена ходами: *Diplocraterion*, *Asterosoma*, *Cylindrichnus*, *Skolithos*, *Phycosiphon*, *Helminthopsis*, *Scolicia*, *Chondrites*, *Teichichnus*, *Terebellina*. В кровле слоя наблюдаются многочисленные хорошо окатанные обломки глинистых карбонатизированных пород, иногда наблюдаются обломки метаморфических пород. Повсеместно выделяются зоны карбонатизации с присутствием трещин и каверн выщелачивания, залеченных кальцитом розового цвета, и прослойки сидеритизации. По слою наблюдаются включения глауконита и углефицированного растительного детрита. В кровле слоя иногда встречаются крупные обломки углефицированной растительной органики. В подошве слоя часто диагностируется резкая граница затопления или поверхность несогласия, подчеркнутая крупными ходами ихнофацции *Glossifungites* – *Thalassinoides*, *Diplocraterion*.

Фацция предфронтальной зоны пляжа в пределах отложений георгиевской свиты слабо представлена керновым материалом. В отложениях, мощностью от 0,14 до 1,75 м, встречаются многочисленные створки раковин двустворчатых моллюсков, раковинный детрит, обломки углефицированной древесины, включения пирита 5-10 мм.

Фацция верхнего мелководного шельфа, мощностью 0,39-6 м, представлена неравномерным переслаиванием алевролита глинистого серого, песчаника тонкозернистого и аргиллита темно-серого цвета.

Текстуры: массивная, линзовиднослоистая, реликты волновой ряби и штормовых волн, биотурбации, деформации, градиционно-слоистые, характерны четкие границы между литологическими разностями (скважина Радужная 830 на глубине 3145,07 м). Биотурбация от слабой до средней степени представлена ходами *Phycosiphon*, *Chondrites*, *Terebellina*, *Scolicia*, *Rosselia*, *Helminthopsis*. По слою встречается раковинный детрит, включения пирита, углефицированный растительный детрит. В кровле слоя иногда наблюдается карбонатизация, встречаются трещины, залеченные кальцитом (скважина Северо-Сутлымкинская 761 на глубине 2863 м).

Фацция открытого шельфа широко распространена в отложениях георгиевской свиты. Представлена аргиллитом от зеленовато-серого до черного цвета, аргиллитом алевритистым, редко с единичными линзами песчаника тонкозернистого. Текстуры: массивная, биотурбация. Слабая биотурбация представлена ходами *Phycosiphon*. По слою встречаются ростры белемнитов, раковины двустворчатых моллюсков, раковинный детрит, ихтиодетрит. По всему слою часто наблюдаются многочисленные включения глауконита, по плоскостям напластования – углефицированный растительный детрит, прослойки и линзы сидерита до 7-8 см. Иногда встречается карбонатизация, трещины разнонаправленные, залеченные кальцитом (в скважине Южно-Махнинская 4, на глубине 2490 м), линзы карбонатизации размером 1-2х3-4 см (Аригольская 527 на глубине 2565 м).

Известняки доломитовые слабо алевропесчаные, пятнистые, неоднородные по структуре, участками перекристаллизованные (по органическим остаткам и трещинам) с многочисленными пиритизированными колломорфно-зернистыми образованиями (норки), примазками коричневого битума, минерализованными карбонатными и открытыми трещинами. Открытые трещины разноориентированные волнистые нитевидные, некоторые расширенные с раздувами. Текстура пятнистая за счет неоднородных участков с разной структурой, биотурбационные.

По данным литолого-петрографических исследований по скважине Новоютымская 43, свита охарактеризована 1 шлифом в интервале 2548-2555,3 м и представлена пористыми песчаниками фацции средней предфронтальной зоны пляжа. Песчаники средне-мелкозернистые, представлены полимиктовыми граувакковыми аркозами с кальцитовым (25 %) базально-поровым цементом с теньевыми структурами замещения, каолинитовым (3 %) поровым и кварцевым (1 %) регенерационным цементом, с пиритом (5 %) и редкими примазками бурого битума. Песчаники массивные и пористые (3 %).

В скважине Радужная 830 георгиевская свита охарактеризована 2 шлифами в интервале 3144–3159 м и представлена алевролитами и смешанной алевропесчаной породой трансгрессивного слоя.

Алевролиты полимиктовые глинистые с пиритом, редким раковинным детритом, остатками морских ежей, битуминозные, с УРД, многочисленными ветвящимися стилолитами выполненными гидрослюдистым веществом с коричневым и темно-коричневым битумом. Среди обломков зерна кварца занимают 30-35 %, полевого шпата – 35-37 %, обломков пород – 26-33 %, слюд – 1-4 %. Текстура слоистая, обусловлена скоплениями сидерита и гидрослюдистого вещества, интенсивно пигментированных коричневым битумом. Цемент (25-30 %) серицит-гидрослюдистый, порово-пленочный (11-15 %), кальцитовый поровый (4-8 %), сидеритовый комковато-сгустковый (2-11 %).

Смешанная алевропесчаная битуминозная стилолитизированная порода с единичными мелкими зернами глауконита, трещиноватая ($T_0 = 150,7$ 1/м, $kT = 23,9$ мД). Переслаивание и незакономерное чередование алевролита, песчаника средне-мелкозернистого с кальцитовым поровым, гидрослюдистым порово-пленочным, сидеритовым сгустковым цементом и алевритового песчаника с гидрослюдистым порово-пленочным цементом.

Исследованные образцы керн из георгиевской свиты указывают на формирование отложений, в основном, в нормально-морских условиях (средняя сублитораль). Но достаточное количество образцов было отобрано из самой верхней («предбаженовской») части георгиевской свиты, которая сформировалась в угнетенных условиях нижней сублиторали [2].

В ходе проведенной работы нами были исследованы особенности строения и осадконакопления георгиевской свиты на примере одного из крупных в региональном плане участков центральной части Западной Сибири; диагностированы фацции предфронтальной зоны пляжа, мелководно-морского шельфа и открытого шельфа, что говорит о преимущественно морском генезисе этих образований; изучены особенности и литологический состав

пород георгиевской свиты; установлены условия осадконакопления во время формирования отложений георгиевской свиты: в нормально-морских условиях (средняя сублитораль).

Процессы опесчанивания, карбонатизации отложений оставляют много «белых пятен» и вопросов по процессам, происходившим в георгиевское время.

Литература

1. Чупин Е.А. Георгиевская свита в верхнеюрском разрезе Западной Сибири (по результатам геофизических исследований скважин) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XVIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, 2014. – Т. – С. 420–422.
2. Эдер В.Г. Некоторые типы разрезов верхнеюрских баженовской и георгиевской свит Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика, 2006. – С. 746–754.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ АЧИМОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РАННЕМЕЛОВОГО ВОЗРАСТА ПО СКВАЖИНАМ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КАЙМЫСОВСКОГО СВОДА И КОЛТОГОРСКОГО ПРОГИБА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лобес Д.С.

Научный руководитель доцент Кудряшова Л.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ачимовские нефтегазоносные отложения нижнемелового комплекса на протяжении длительного времени являются объектом геолого-геофизического изучения. Отложения представляют собой неструктурные ловушки – «клиноформы», которые на многих месторождениях содержат залежи углеводородов. Залежи данного типа относятся к категории трудноизвлекаемых, что в настоящее время очень актуально. «Легкая» нефть уже давно находится на закате своего существования, поэтому необходимо искать новые возможности поиска и разработки залежей неструктурного типа.

Первые ачимовские залежи нефти на территории Западно-Сибирской провинции были введены в разработку на Ачимовском месторождении Нижневартовского свода.

В настоящее время залежами «ачимовки» интересуются многие крупные нефтегазодобывающие компании России, так как именно ачимовские залежи наравне с баженом могут продлить жизнь месторождениям, находящимся на четвертой стадии разработки.

На основе многочисленных научных исследований установлено, что терригенные отложения ачимовского комплекса имеют сложную форму и представлены в виде кулисообразных линзовидных тел, имеющих субмеридиональное простирание [4].

Ачимовские песчано-алевритовые отложения впервые были упомянуты в трудах российского ученого-нефтяника Ф.Г. Гурари. В своих публикациях Гурари описывал линзовидные песчаные тела, приуроченные к нижней части отложений неокома. В 1959 году Гурари присвоил этим неструктурным по форме залежам название «ачимовская пачка» [1]. Позднее она была определена в ранг «ачимовская толща».

Благодаря сложности строения, ачимовский клиноформный комплекс привлекает внимание многих ученых. В связи с этим существует множество различных точек зрения на условия его формирования [3].

Основной теорией формирования клиноформ ачимовской толщи послужила теория А.Л. Наумова, согласно которой клиноформные отложения – это результат процесса некомпенсированного осадконакопления, то есть процесса бокового наращивания песчано-глинистыми осадками глубоководного склона морского бассейна (рис. 1).



Рис. 1. Схема формирования клиноформного комплекса пород

Накопление осадков ачимовской толщи происходило в морской обстановке в эпоху позднего берриас-раннего валанжина при регрессии моря в западном направлении. В это время глубина моря менялась от 400 (200) м до 200 (100) м (рис. 2).

Регрессия моря объясняется активизацией тектонических движений, приуроченных к территориям Сибирской платформы, Палеоенисейского края и Палеоалтая. Возникшее в конце берриасса-начале валанжина в

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

результате тектонических подвижек резкое континентальное выветривание сменилось лавинной седиментацией. Высокая тектоническая активность привела к некомпенсированному осадконакоплению на склоне глубоководного бассейна, что в свою очередь повлияло на формирование в раннемеловое время косослонистой толщи территории Западной Сибири [3].



Рис. 2. Палеогеографическая схема Западно-Сибирской провинции на конец берриаса-начало валанжина [3]

Интенсивное осадконакопление ачимовской толщи привело к невыдержанности по толщине и простиранию пластов-коллекторов. Особенно велика степень неоднородности пластов при очень низких параметрах фильтрационно-емкостных свойств и нефтенасыщенности [4].

С целью изучения особенностей строения и распространения ачимовских отложений Столбового циклита вдоль восточного склона Каймысовского свода и западного борта Колтогорского мегапрогиба проведена корреляция по скважинам трех месторождений Столбовое-Ломовое-Грушевое. В результате проделанной работы выявлено, что Столбовой циклит имеет сложное строение, высокую степень расчлененности и прослеживается в разрезе всех скважин (рис. 3, 4).

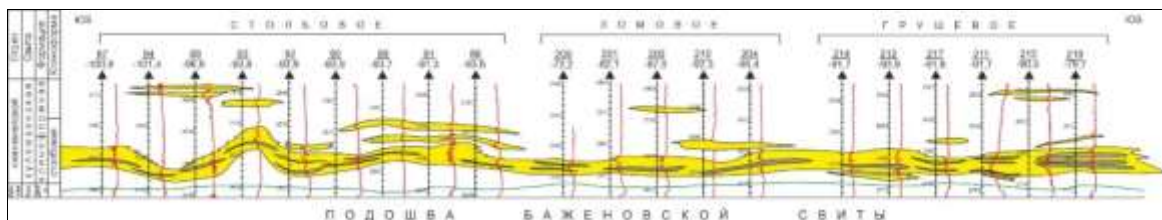


Рис. 3. Схема корреляции ачимовской толщи (Столбовой циклит)

Основанием для прослеживания распространения циклита послужила его продуктивность на Столбовом месторождении, где из пласта Б₁₈ скважины 91 был получен приток нефти дебитом 72 м³/сут.

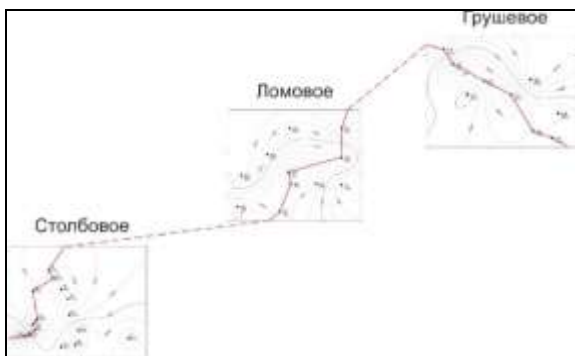


Рис. 4. Линия профиля по скважинам Столбового-Ломового-Грушевого месторождений

Выдержанность циклита по толщине, его площадное распространение позволяет сделать вывод о том, что отложения ачимовской толщи могут быть перспективны на этих месторождениях. Поскольку одни каротажные диаграммы не способны обеспечить полностью достоверную информацию о геологическом строении исследуемых отложений, необходимо производить отбор керн по всей толщине куломзинской и баженовской свит, детальную сейсмику и переинтерпретацию сейсмических данных.

Таким образом, при сопоставлении разрезов ачимовских отложений по данным ГИС скважин прослежен характер изменения комплекса пород и его коллекторские свойства на большой площади сложных структурно-тектонических элементов.

Установлено, что исследуемая толща преимущественно алевролитоглинистого состава, но возможно наличие линз песчаников с высокими

коллекторскими свойствами, способных вмещать залежи нефти и газа.

Поэтому для обеспечения продолжительности промышленной разработки Столбового, Ломового и Грушевого нефтяных месторождений необходимо уделить внимание изучению Столбового циклита раннемелового возраста. А именно: провести переинтерпретацию материалов сейсморазведочных работ и обосновать наиболее перспективный участок бурения поисково-оценочных скважин с отбором керна.

Литература

1. Бородин В.Н. Модель формирования и текстурные особенности пород ачимовского комплекса севера Западной Сибири: Учебное пособие / В. Н. Бородин, А. Р. Курчиков и др. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 84 с.
2. Геология и нефтегазоносность ачимовской толщи Западной Сибири / А.А. Нежданов, В.А. Пономарев, Н.А. Туренков Н.А. и др. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. – 247 с.
3. Гурари Ф.Г. Строение и условия образования клиноформ Западно-Сибирской плиты (история становления представлений): Монография. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. – 141 с.
4. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде / А.Э. Конторович, С.В. Ершов, В.А. Казаненков и др. // Геология и геофизика, 2014. – Т. 55. – № 5 – 6. – С. 745–776.

РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЕЗА СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПЛАСТЫ Ю₂₋₄) ПО ДАННЫМ МАКРОСКОПИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КЕРНА В ПРЕДЕЛАХ ЮГАНСКО-КОЛТОГОСКОЙ ЗОНЫ (ХМАО-ЮГРА)

Лобынцева Ю.А., Хохлова Е.В., Ширяев А.А.

Научный руководитель старший преподаватель Галинский К.А.

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Изучение состава отложений является основой для всех ключевых геолого-геофизических построений и, соответственно, исследования керна имеют большую теоретическую и практическую ценность [1, 2]. Цель данного исследования – восстановить условия осадконакопления среднеюрских отложений (пласты Ю₂₋₄) по данным макроскопического описания керна скважин на исследуемой территории.

Задачами нашей работы является изучение литологического состава, структурно-текстурных особенностей пород тюменской свиты и определение условий осадконакопления во время формирования отложений тюменской свиты. Суть фациального анализа сводится к восстановлению физико-географических условий по составу отложений. Одним из основных методов познания прошлого является принцип актуализма.

Среднеюрский нефтегазоносный комплекс представлен в 13 нефтегазоносных районах, в 8 из которых он является продуктивным. Территория Юганско-Колтогорской зоны занимает площадь 105,5 тыс. км², в административном отношении включает часть территории ХМАО-Югры, запад Томской области, северо-восток юга Тюменской области и незначительную территорию юго-востока ЯНАО. Исследование проводилось на основании отложений пластов Ю₂₋₄ по данным 49 скважин. Мощность отложений по керну в скважинах варьирует в пределах от 1,16 до 56,71 м.

Континентальные обстановки осадконакопления

Аллювиальный комплекс фаций

Речные образования (русла)

Фация русловых отmelей меандрирующих рек сложена песчаниками разномасштабными с гравийными зернами, с исключительными тонкими линзовидно-слоистыми сериями алевритоглинистой фракции. Характерные текстуры: ряби течения, массивные, косослоистые. Присущи углефицированные растительные остатки, углефицированная древесина в виде крупных обломков, фитодетритовые импульсы. Присутствуют линзы и прослои сидерита [3].

Группа фаций внешних речных пойм

Фация береговых валов представлена песчаниками светло-серыми, по гранулометрическому составу от тонко- до мелкозернистых. Для пород характерны текстуры: массивная, косослоистая (с наличием косой, иногда крупной слоистости), слойчатая ряби течения (косая), деформации (как правило, крупные). Встречаются фрагментарно включения крупных углефицированных растительных остатков, обломки глинистых пород [3].

Отложения в виде песков разливов выражены песчаниками монохромными разного гранулометрического состава (от средне-мелкозернистых до тонкозернистых) и алевритоглинистыми породами. Для этих образований свойственны: мелкая косая слойчатость ряби течения, восходящая рябь течений, реже косая, массивная, фазерная, линзовидно-волнисто-слоистая текстуры. В кровле отмечаются корни растений, обломки углефицированной древесины. Встречаются зерна сидерита, линзы и включения пирита [3].

Группа фаций внутренних речных пойм

Участки пойм, временно заливаемые характеризуются различным переслаиванием песчаников тонкозернистых до мелкозернистых с алевролитоглинистыми породами и с прослоями глинистых пород – аргиллитов, иногда углистых и углей. Текстуры: волнисто-слоистая, линзовидно-слоистая, ряби течения, деформации, массивная. Встречаются трещины усыхания и синерезиса. Единичная, редко слабая биотурбация – ихнофагия *Skolithos*, *Scoyenia*. Встречаются включения зерен сидерита и пирита [3].

Фация заболоченная пойма выражена углями, аргиллитами углистыми, аргиллитами, реже алевролитами глинистыми. Текстуры: массивная, деформации, реже линзовидно-слоистая [3].

Прибрежно-морские обстановки осадконакопления

Прибрежно-морской комплекс фаций

Группа фаций пляжа

Фация верхней предфронтальной зоны пляжа. Данные отложения представляют собой песчаники по гранулометрическому составу средне-мелкозернистые, иногда до тонкозернистых. Для них свойственна массивная текстура, слоистость субгоризонтальная, пологонаклонная, косая бугорчатая, волнистая. Иногда обнаруживаются раковины двусторчатых моллюсков небольшого размера, единичные ходы *Skolithos* [3].

Образования средней предфронтальной зоны пляжа выражены песчаниками различной гранулометрии: от тонкозернистых алевритистых до среднезернистых. Породы характеризуются массивными текстурами, фазерной и субгоризонтальной слоистостью, выявляются серии с бугорчатой косой слоистостью и волновой рябью. Биотурбация слабой и средней степени, в основном представлена ходами ихнофагии *Skolithos* и *Cruziana* [3].

Нижняя предфронтальная часть пляжа образована песчаниками тонко-мелкозернистыми с явно заметной примесью алевро-глинистых фракций. Для этих отложений характерна бугорчатая косая слоистость, обнаруживаются прослои с пологонаклонной слоистостью. Биотурбация достаточно интенсивная, представлена ходами ихнофагий *Skolithos* и *Cruziana*. Отмечается обилие остатков морских организмов [3].

Группа фаций вдольбереговых баров и барьерных островов

Бар вдольбереговой. Исследуемые отложения представлены следующими литотипами: песчаники тонкозернистые, сменяющиеся алевролитами глинистыми с прослоями тонкозернистого песчаника. Диагностированы такие текстуры, как: массивная, полого-наклонная, субгоризонтальная, косая. Также обнаруживаются горизонтальная и бугорчатая косая слоистость. В прослоях алевролитов отмечаются трещины синерезиса. В кровельной части присутствуют углефицированные растительные остатки. Встречается большое количество линз пиритизации и сидеритизации [3].

Дельтовый комплекс фаций

Группа морского края дельты

При исследовании керна, отнесенного к **фации приливно-отливного канала** макроскопически описаны песчаники гранулометрически от средне-мелкозернистых до тонкозернистых. По проведенному текстурному анализу керна выделяются: массивная, наклонная слоистость, волнистая слоистость, ряби течения. Биотурбация слабой степени интенсивности представлена ходами *Palaeophycus*, *Teichichnus* [3].

При анализе отложений, приуроченных физико-географически к условиям **приливно-отливной отмели**, обнаружены: ритмичное переслаивание глинистых алевролитов и тонкозернистых песчаников с волнистой и линзовидной слоистостью. Характерны волновая рябь, двойные глинистые слойки. Биотурбация представлена ходами *Thalassinoides*, *Planolites*, *Scolicia*, *Arenicolite*, *Teichichnus*, *Skolithos*, *Palaeophycus*, *Diplocraterion* [3].

Дельта. Подводная часть

Проксимальный конус выноса дельты охарактеризован мелкозернистыми песчаниками с фрагментарными прослоями глинистой составляющей. Текстуры пород образованы бугорчатой косой слоистостью, мелкой, в том числе косой слоистостью ряби (волновой). Биотурбация плохо выражена и характеризуется ихнофагиями *Cruziana* и *Skolithos*. Встречается обломки углефицированной древесины частично пиритизированной, углефицированные растительные остатки [3].

Фация среднего конуса выноса дельты. Отложения фации представлены переслаиванием серий песчаников тонкозернистых и алевролитов глинистых, иногда аргиллитов. Слоистость, образована штормами преобладает в песчаных пачках, также встречается волновая рябь, текстуры деформации и биотурбации. В песчаных прослоях единичные крупные ходы *Skolithos*. Присутствуют трещины синерезиса, обломки раковин двусторчатых моллюсков, прослой и линзы сидеритизации, включения пирита [3].

Фация дистального конуса выноса дельты. Переслаивание алевролитов глинистых, песчаников и аргиллитов. Текстуры: мелкая косая слоистость волновой ряби, бугорчатая косая слоистость, градиционная слоистость. Редки текстуры линзовидной слоистости и деформационные. Биотурбации: *Cruziana*. Выявлено наличие трещин синерезиса. По слою – углефицированная древесина, имеющая различный размер, и раковинный детрит.

В керновом материале были выделены маломощные прослои (~1–2 м), так называемые **остаточные (трансгрессивные) слои**, образованные в результате резкой смены условий осадконакопления. Они выделяются по керновому материалу в пределах отложений пахомовской пачки пласта Ю₂⁰ в 17 скважинах. Отложения трансгрессивных слоев представлены либо песчаниками от крупнозернистых до мелкозернистых, либо алевролитами песчаными до глинистых, реже аргиллитами. Отложения характеризуются плохой сортировкой. Отмечаются прослои карбонатизации. Для пород характерна интенсивная биотурбация крупными ходами *Diplocraterion*, *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Cylindrichnus*, а также *Chondrites*. Включения зерен пирита, конкреции, линзы и прослои сидеритизации, включения зерен глауконита.

Таким образом, нами на исследуемой территории были восстановлены условия осадконакопления среднеюрских отложений (пласты Ю₂₋₄) по данным макроскопического описания керна скважин. Осадконакопление происходило преимущественно в континентальных условиях. Также произведена группировка фаций, в породах тюменской свиты проведен ихнофагиальный анализ.

Нами была построена палеогеографическая карта формирования отложений разреза среднеюрского нефтегазоносного комплекса в пределах Юганско-Колтогорской зоны.

Результаты данной работы могут быть полезны при прогнозировании и поисках промышленных скоплений углеводородов.

Литература

1. Кародин Ю.Н. Седиментационная цикличность. – М.: Недра, 1980. – 242 с.

2. Закономерности изменения фильтрационно-емкостных свойств осадочных пород в типовых разрезах Западной Сибири / под ред. Н.А. Ирбэ // ЗапСибВНИИгеофизика, 1986. – 309 с.
3. Чернова О.С. Обстановки седиментации терригенных природных резервуаров: Уч. пособие. – Тюмень: изд-во ТюмГНГУ, 2010. – 110 с.

ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ТП₂₂ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ N (ЯНО)

Муэба Проспер

Научный руководитель доцент Недолилко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Объектом исследования послужили терригенные отложения пласта ТП₂₂ танопчинской свиты, вскрытой бурением на одном из газоконденсатных месторождений Тамбейского кластера, расположенного на полуострове Ямал.

В задачи исследования входило выяснение условий формирования отложений пласта ТП₂₂ и прослеживание закономерностей размещения пород-коллекторов и флюидоупоров по площади месторождения.

Актуальность исследований определяется продуктивностью отложений (при испытании получен приток газа со следами конденсата) и их слабой литологической и фациальной изученностью.

Пласт ТП₂₂ залегает в основании неокомского нефтегазоносного комплекса, подстилается морскими аргиллитоподобными тонко отмученными глинами арктической пачки, венчающей разрез отложений ахской свиты (готерив), характеризуется достаточно выдержанным площадным распространением, имеет изменчивую толщину, достигающую 47 м, и неоднородный литологический состав: песчаники в разрезе и по площади месторождения переслаиваются с алевролитами и глинистыми породами.

Песчаники пласта светло-серые, голубовато-серые и буровато-серые однородные и слоистые, иногда с литокластами размытых и переотложенных глинистых и сидеритовых пород. Слоистость в них выражена слабо, преимущественно тонкая от прерывистой до сплошной волнистая, косоволнистая слабо срезанная и косая за счет тонких намывов растительного детрита и прослоев (толщиной 1-2 мм) глинистого материала. Иногда породы биотурбированы, отмечены следы жизнедеятельности типа *Skolithos*, *Teichichnus*. Цемент в песчаниках глинистый, глинисто-карбонатный и карбонатный. В кровле песчаники сменяются алевролитами и глинистыми породами с прослойками угля. Согласно гранулометрическим данным, песчаники относятся к мелко- и средне-мелкозернистым разновидностям, медианный размер зерен в которых колеблется от 0,18 до 0,24 мм. Отсортированность обломочного материала в них хорошая ($S_o < 1,58$), реже средняя (S_o до 1,78).

Алевролиты темно-серые до серых разнозернистые с неравномерной примесью глинистого материала, с глинистым цементом. Текстура пород слоистая и слоеватая за счет неравномерного обогащения светло-серым песчаным и темно-серым глинистым материалом. Слоистость тонкая горизонтальная неравномерная и полого-наклонная, подчеркнутая слойками светло-серого песчаного и темно-серого до черного цвета слюдисто-углисто-глинистого материала. Отмечаются следы взмучивания осадка, следы жизнедеятельности донных животных типа *Planolites*. Породы содержат тонко рассеянный углефицированный аттрит.

Аргиллиты темно-серые, алевроитовые однородные и с тонкой пологоволнистой слоистостью, подчеркнутой слойками (от долей мм до 0,2 см) светло-серого песчаного и алевроитового материала. Отмечаются следы взмучивания осадка, тонкорассеянный углефицированный аттрит. Отмечаются нарушения слоистости размывом, взмучиванием, оползанием, биотурбация (ходы *Chondrites*).

Текстурно-структурные особенности пород, присутствие тонкого растительного аттритита, наличие и тип следов жизнедеятельности свидетельствуют о прибрежно-морском генезисе пород пласта ТП₂₂ [2, 3, 5]. Присутствие угольных прослоев в кровельной части обусловлено приближением на заключительных этапах формирования пласта области осадконакопления к береговой линии и смене морского режима на континентальный.

Согласно выполненному палеотектоническому анализу, на начало формирования отложений пласта на территории существовало 2 палеоподнятия (Центральное и Южное) субширотного простирания, разделенные палеовпадиной, а общий наклон территории осуществлялся на северо-восток. Осадконакопление носило закономерный характер: наиболее мощные (40-45 м) мелко- и средне-мелкозернистые пески осаждались в пределах сводовых (песчанистость более 80 %) и центральных (песчанистость 50-80 %) частей палеоподнятий; на их склонах отлагались мелкозернистые пески (песчанистость 10-50 %) и алевроиты меньшей толщины, а в пределах палеовпадин формировались алевроитовые и глинистые осадки, толщина которых в наиболее погруженных участках морского дна достигала 21 м.

Формирование комплекса пород нижней части танопчинской свиты, включающей песчаный пласт ТП₂₂, происходило в условиях мелководно-морского бассейна в регрессивный этап осадконакопления и осуществлялось на фоне обмеления бассейна седиментации и приближения области осадконакопления к береговой линии. Увеличение толщины, зернистости и песчаности осадков обусловлено более высоким гидродинамическим режимом на мелководных участках прибрежной полосы моря и генетической связью песчаных осадков с вдольбереговыми прибрежными барами субширотного простирания. К гребневым и центральным частям баров приурочены хорошо проницаемые коллекторы типа А (выделенные, по методике В.С. Муромцева [4] с дополнениями А.В. Ежовой [1], на кривой самопроизвольной поляризации по значению $\alpha_{пс} = 0,8-1$) и проницаемые коллекторы типа Б ($\alpha_{пс} = 0,6-0,8$). По мере погружения бара на глубину в условиях снижения волновой активности уменьшалась толщина осадков, снижалась их зернистость, а песчаные отложения постепенно замещались алевроитовыми и глинистыми. Песчаники,

сформированные в пределах баровых склонов, представляют слабопроницаемые коллекторы типа В ($\alpha_{\text{пс}} = 0,4-0,6$). В депрессионных зонах между барями в условиях низко-динамичной водной среды накапливались преимущественно алевритоглинистые и глинистые осадки, которые не относятся к коллекторам ($\alpha_{\text{пс}} = 0-0,4$).

Литература

1. Ежова А. В. Геологическая интерпретация геофизических данных: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 117 с.
2. Ежова А.В. Практикум по литологии: Учебное пособие. –Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 147 с.
3. Ежова А.В., Тен Т.Г. Литология нефтегазоносных толщ: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 122 с.
4. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
5. Недоливко Н.М. Исследование керна нефтегазовых скважин. Практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 158 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Никонова К.С.

Научный руководитель профессор Чернова О.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основные запасы углеводородов, приходящиеся на терригенные коллекторы Непско-Ботубинской антеклизы, приурочены к вендским отложениям тирской и непской свит, имеющих широкое распространение на всей территории Восточно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Несмотря на высокоперспективность нефтегазоносности подсолевого венд-нижнекембрийского комплекса центральных районов Сибирской платформы, степень разведанности данных территорий достаточно низкая.

Базальные песчаники низкого стояния уровня моря и карбонатные коллекторы верхнетирской подсвиты, сформировавшиеся на этапе высокого стояния уровня моря, слагают основные продуктивные пласты вендских отложений [3].

При разработке месторождений возникает ряд осложняющих геологических факторов: засоление коллекторов (галит, ангидрит), структурно-тектонические залежи, коллекторы имеют аномально низкую пластовую температуру и пластовое давление.

Непская свита со стратиграфическим несогласием залегает на кристаллическом фундаменте Сибирской платформы, выделяют нижненепскую и верхненепскую подсвиты с эрозионным контактом. Нижняя подсвита сложена терригенными отложениями: от подошвы до кровли гравелиты аллювиального конуса выноса замещаются песчаниками приливно-отливной равнины. Венчает разрез пачка аргиллитов мелководного бассейна. Со стратиграфическим несогласием на нижней подсвите залегают отложения верхней подсвиты, сложенной терригенно-сульфатно-карбонатными породами. Песчаники флювиальных каналов залегают в подошве подсвиты, выше которых отложения представлены песчаниками флювиальных каналов с доминированием приливно-отливных процессов. Регрессивные прибрежно-морские отложения литорали и супралиторали представлены песчано-глинистыми, алевритоглинистыми и сульфатно-карбонатными породами. Сульфатизированные доломиты были сформированы в условиях аридного климата в приливно-отливной равнине. Доломиты не чистые, присутствуют терригенные примеси (глинистые интракласты) [4].

С позиции разработки, нижненепский макрорезервуар имеет мощность порядка 500 м, характеризуется сложной архитектурой и значительной фациальной изменчивостью. Фильтрационно-емкостные свойства: пористость – от 2 до 15%, проницаемость – от 1 до $10 \cdot 10^{-3}$ мкм² [2]. Региональным экраном служат отложения алевролитов и аргиллитов; качество экрана хорошее, за исключением локальных участков с увеличенными долями песчаности. Более широкое распространение имеет верхняя подсвита мощностью от 5 до 15 м. Вследствие особенности обстановки седиментации подсвита характеризуется лучшими фильтрационно-емкостными свойствами: емкостный показатель колеблется в пределах от 5 до 25 %, фильтрационный показатель – от 1 до $4000 \cdot 10^{-3}$ мкм² [2]. В качестве экрана выступают глинистые отложения, венчающие разрез верхненепского разреза мощностью до 20 м, а также региональный экран тирского резервуара, характеризующийся лучшими экранирующими свойствами. Нефтегазоносность непской свиты установлена на Чаядинском, Верхнечонском, Верхневилочанском и других месторождениях.

Со стратиграфическим несогласием на непских отложениях залегают тирские. Тирский макрорезервуар сложен из отложений следующих фациальных комплексов: мелководного шельфа, супралиторали, карбонатной литорали и лагуны. Песчаные тела характеризуются значительно высокими фильтрационно-емкостными свойствами: пористость находится в пределах от 10 до 25 %, проницаемость – от 5 до $2000 \cdot 10^{-3}$ мкм² [2]. Тирская свита имеет распространение в северо-восточной части антеклизы на Мирнинском выступе и в субширотной полосе шириной 40-100 км – на юге. Региональный экран имеет большее распространение, чем резервуар, и представлен сульфатными доломитами, мергелями, аргиллитами и доломито-ангидритами. Месторождения, разрабатывающие данные залежи нефти и газа, – Среднеботубинское, Иреляхское, Верхневилочанское, Тас-Юряхское, Хотого-Мурбайское, Чаядинское и другие.

Особенностями подсолевых отложений Сибирской платформы является хорошая вертикальная изоляция, не допускающая перетоки между резервуарами, и наличие сильной неоднородности коллекторских свойств по

площади. Неантиклинальные и композиционные типы залежей нефти и газа наиболее характерны для вендских отложений.

Вторичная галитизация – наиболее распространенная проблема при разработке вендских коллекторов. Неопределенность в методах интенсификации для коллекторов со сложной структурой пустот вследствие вторичных преобразований вызывает неравномерность выработки запасов. Засолонение является постседиментационным процессом, так как при описанных выше фациальных обстановках седиментации не отлагаются соляные толщи, осложняющие строение пустотного пространства.

Наиболее вероятной причиной вторичной галитизации служит миграция гидротермальных растворов, насыщенных NaCl, по проводящим разломам и трещинам из вышележащих пластов. Соответственно, засолонение, как одна из проблем эксплуатации месторождений, будет распространено в зонах региональных разломов и зон повышенной трещиноватости, поскольку проводящие каналы обеспечивали пути миграции высокоминерализованных рассолов (рис.). Степень насыщения солями пустот в коллекторах имеет неравномерный характер, сильнее всего вторичные процессы развиты в пластах с высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Данная закономерность объясняется минимальной глинистостью отложений, обуславливающей большой объем пор. Стоит отметить, что песчаные баровые тела, характеризующиеся высокими коллекторскими свойствами, имеют северо-восточное распространение, значит, ориентация зон выпадения солей совпадает с ориентацией песчаных тел.

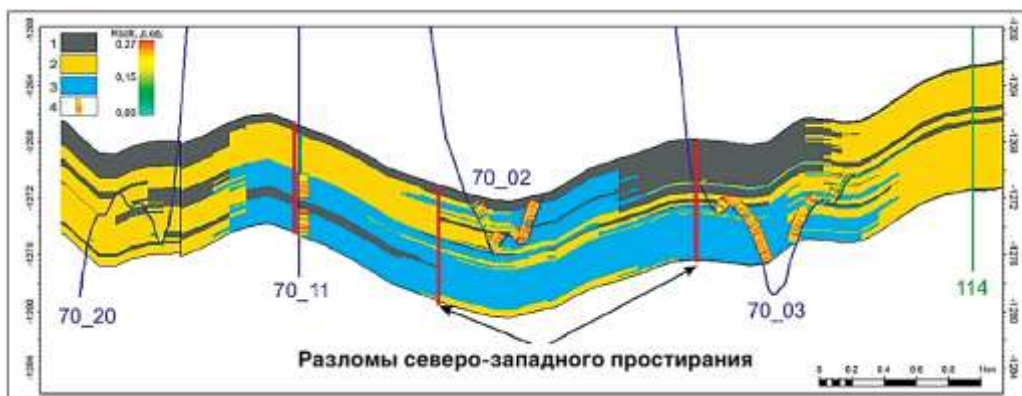


Рис. Приуроченность засолонения к крупным разломным зонам на месторождении X [1]

Существует теория о влиянии траппового магматизма на выпадение солей в поровом пространстве. Однако на Верхнечонском НГК месторождении трапповые тела располагаются выше по разрезу на расстоянии около километра от засоленных толщ и их влияние на вторичные процессы нижележащих образований либо имеет малую степень, либо вообще отсутствует.

Степень интенсивности влияния постседиментационных процессов на строение пустотного пространства терригенных отложений объясняется снижениями температур при поднятии блоков Сибирской платформы и частыми циклами оледенения территории. Безусловно, засолонение коллекторов является осложняющим фактором разработки, однако галитизация резервуаров обеспечила сохранность месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы.

Вторичный процесс засолонения совместно с условиями седиментации определяет продуктивность терригенных отложений непской и тирской свит. Определяющим фактором локализации зон повышенной галитизации является тектоническая активность, генерирующая зоны разуплотнения и трещиноватости, по которым из вышележащих соленосных пластов поступали высокоминерализованные растворы. Большей степенью засоленности подверглись коллекторы с изначально лучшими фильтрационно-емкостными свойствами.

Литература

1. Лемешко М.Н. Литолого-геохимические критерии локализации карбонатных коллекторов усть-кутского нефтеносного горизонта центральных районов Непско-Ботуобинской антеклизы: дис. ... канд. геол. - мин. наук – Томск, 2016. – 156 с.
2. Нигаматов Ш.А., Исмагилова Л.Р., Бощенко А.Н. Прогноз зон засолонения песчаников ботуобинского горизонта на примере Чаяндынского месторождения (Восточная Сибирь) // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти, 2019 – № 3(13). – С. 35–40.
3. Плюснин А.В., Гёкче М.И. Состав и строение непской и тирской свиты Приленско-Непской структурно-фациальной зоны Непско-Ботуобинской антеклизы по результатам изучения ядерного материала // Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка, 2020. – № 63 (1). – С. 75–89.
4. Секвенс-стратиграфическая модель непской и тирской свит венда центральной части Непского свода (Непско-Ботуобинской антеклизы) / А.В. Плюснин, О.В. Неделько, А.П. Вилесов, А.А. Черепкова, Е.Н. Максимова // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2019. – Т. 14. – №2. – С. 1–30.

**ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ
ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГУБЫ БУОР-ХАЯ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДА ПИРОЛИЗА
ROCK-EVAL**

Оберемок И.А.

Научный руководитель доцент Гершелис Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В арктических и субарктических широтах в последние десятилетия фиксируются климатические изменения, последствия которых наиболее ярко проявляются на шельфе морей Восточной Арктики. Усиление деградации наземной и подводной мерзлоты сопровождается мобилизацией древнего органического углерода (ОУ) и изменением биогеохимических механизмов функционирования хрупкой арктической экосистемы, что, в свою очередь, приводит к экологическим последствиям планетарного масштаба – увеличению эмиссии парниковых газов в атмосферу и асидификации вод арктических морей [2, 3]. Для понимания и прогноза состояния и функционирования арктической системы необходимо комплексное и всестороннее изучение процессов, протекающих в настоящем, так и господствующих в относительно недавнем геологическом прошлом. В частности, исследование истории седиментации на мелководном арктическом шельфе является ключом к пониманию эволюции биогеохимического цикла углерода и его зависимости от происходящих климатических изменений.

Для четвертичного морфолитогенеза восточно-арктического шельфа характерны флювиальные, флювиогляциальные и криогенные процессы, сформировавшие мощные аккумулятивные толщи и обширную криолитозону с огромной массой реакционно способного ОУ, которые также необходимо учитывать в прогнозных моделях цикла углерода [7].

Цель работы – анализ осадконакопления четвертичных отложений губы Буор-Хая, основанный на анализе ранее опубликованных данных о литологии с результатами пиролиза Rock-Eval.

В данной работе анализируются первые 7 метров керна скважины 1D-15, пробуренной вблизи о. Муостах (рис. 1) в ходе комплексной полярно-ледовой экспедиции на борту НИС «Академик Келдыш» в апреле 2015 года.

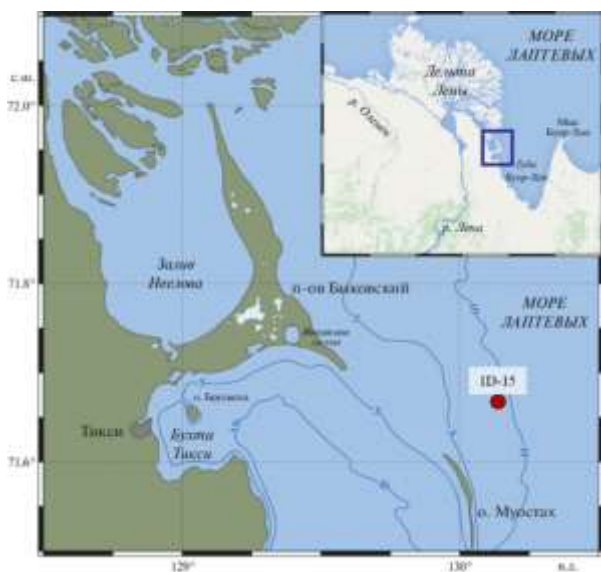


Рис. 1. Карта-схема расположения скважины 1D-15 [8 с изменениями]

Общая глубина скважины составляет 33,6 м; глубина воды в точке бурения – 9,5 м, толщина льда – 1,65 м. Все вскрытые отложения находились в немерзлом состоянии. Литологическое описание проводилось на месте отбора. После отбора керн был упакован в полиэтиленовую пленку и хранился при температуре –18° С. Перед непосредственной работой образцы размораживались при комнатной температуре в течение суток, затем были послойно разделены с интервалом 10±2 см, высушены и гомогенизированы в фарфоровой ступке.

Для геохимической характеристики ОУ был применен метод пиролиза Rock-Eval в режиме Reservoir, адаптированный под незрелые донные осадки (Пиролизатор «Rock-Eval 6 Turbo» компании VINCI Technologies). Температурная программа: старт нагрева образца – 180 °С, выдержка 10 мин, далее нагрев до 650 °С со скоростью 25 °С /мин.).

Процессы термоэрозии и термокарста, господствующие при трансгрессии моря, сформировали современный подводный рельеф в пределах губы Буор-Хая и Буковского полуострова [7, 8].

Остров Муостах представляет собой исчезающий останец термокарстовой котловины Ивашкинской лагуны и состоит преимущественно из отложений ледового комплекса позднеледникового возраста [1, 6]. Обильное распространение высокочленистых берегов ледового комплекса обуславливает значительный вклад термоабразии в поставку осадочного материала и трансформацию осадочных толщ.

По литологическому описанию, скважина 1D-15 вскрыла талую толщу песчаных отложений по большей части своей мощности. Верхний сегмент (до 2,5 м) представлен увлажненными илами и заиленными песками темно-серого цвета с редкими включениями фрагментов древесины и раковинами. Ниже (2,5-7,0 м) залегают супеси и суглинки темно-серые с неясной горизонтальной слоистостью ввиду таяния и изменения первоначальной структуры. Также на данном интервале встречаются отдельно оторфованные прослои бурого цвета (3,16-3,6 м). Редкие «пудинговые» включения гравийно-галечного материала приурочены к песчаным толщам и маркируют вклад ледовых потоков в осадконакопление [8]. В процессе работы над отложениями в верхней части разреза была зафиксирована зона сульфат-редукции по характерному запаху сероводорода, активной реакции серы с активированной элементарной медью в процессе горячей экстракции хлороформом и образованию кристаллов серы в полученном экстракте.

По гранулометрическому составу, выполненному учеными Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, в соответствии с международной двоичной логарифмической классификацией Шепарда: песок (>63 мкм),

алеврит (2-63 мкм), пелит (<2 мкм), для скважины 1D-15 преимущественно характерны алевритовая и песчаная фракции и их промежуточные состояния (рис. 2) [7]. Причем зафиксировано увеличение вклада песчаной фракции с увеличением глубины.

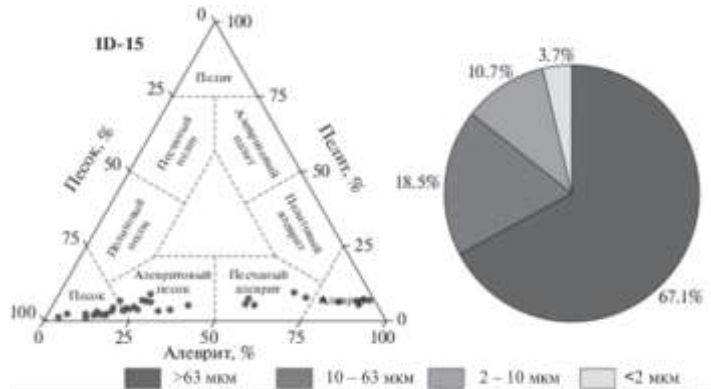


Рис. 2. Гранулометрический состав изученных отложений [7]

породы. До рубежа в 1,5 м зафиксированы повышенные значения S_2 , в среднем достигающие 1,51 мг/г породы. Индекс диагенетической преобразованности ($PI = S_1/(S_1+S_2) \cdot 100\%$) имеет значительный разбег для изучаемого профиля от 14,3% до 39,2%. Также наблюдается обратный тренд на уменьшение PI с увеличением глубины, подтверждая усиливающуюся степень диагенетической преобразованности ОВ с глубиной. Косвенно данный показатель может подтверждать отсутствие ресуспензии осадка в процессе седиментации и уплотнения. Значения параметра зрелости T_{max} ($T_{peakS2b} - 40$) однородны по всему разрезу (в среднем 423 °C), что характерно для современных незрелых осадков (<425°C) [4].

Содержание окисленного ОВ или геополимеров [5], обогащенных кислородом, существенно преобладает над долей S_1+S_2 и принимает значения от 1,86 до 4,46 мг/г породы. Содержание пиролизуемого ОВ (PCr) составляет не более 24% от вклада непиролизуемого остаточного ОВ (RCr), в среднем – 17%.

Водородный индекс (HI) для всех образцов ниже 100 мг/г и колеблется в диапазоне от 49 до 99 мг/г. Исключением является интервал 2,6-2,9 м и точки 4,5 м и 5,5 м, где HI достигает 123 мг/г. Такие низкие значения водородного индекса указывают на доминирование терригенного ОВ.

Кислородный индекс (OI) принимает значения от 158 до 381 мг/г. Причем резкий скачок параметра от 158 до 258 мг/г зафиксирован на глубине 1,6 м. Данное изменение может быть вызвано резким изменением условий осадконакопления и ростом вклада окисленного аллохтонного материала, поступающего с речным стоком или с продуктами разрушения берегового ледового комплекса. Изменение структуры осадочного материала подтверждается и увеличением размерности осадков.

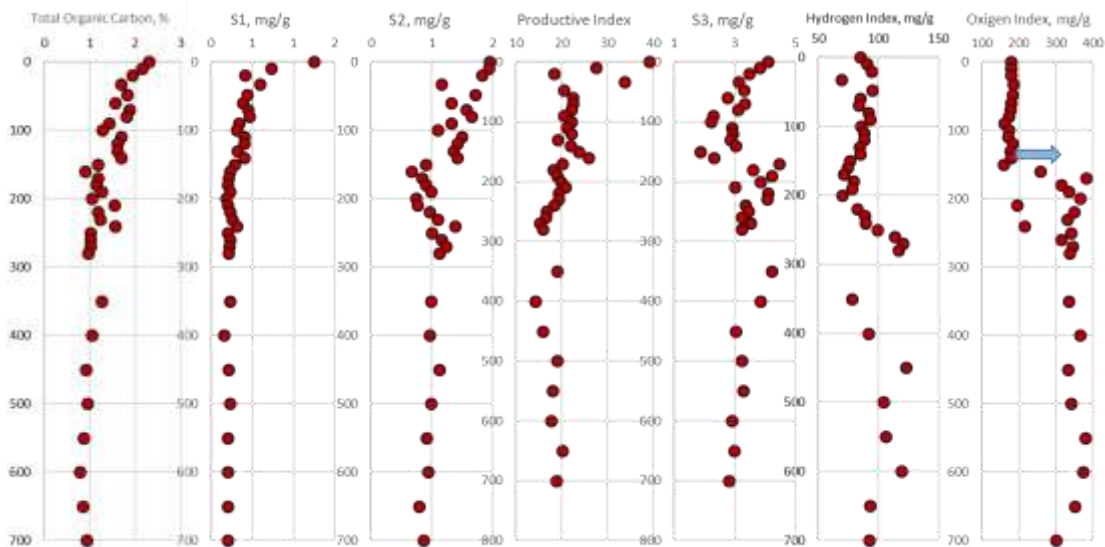


Рис. 3. Зависимость пиролитических параметров от глубины

Таким образом, выявлено, что низкое значение HI и высокое OI указывает на терригенный генезис ОВ, подтверждаемый также наличием в колонке керна многочисленных растительных и торфяных остатков. Резкие флуктуации пиролитических параметров указывают на неравномерное поступление ОУ с осадочным материалом и полигенетичность его источников.

Литература

1. Charkin A.N., Dudarev O.V., Semiletov I.P. et al. Seasonal and interannual variability of sedimentation and organic matter distribution in the Buor-Khaya Gulf: the primary recipient of input from Lena River and coastal erosion in the southeast Laptev Sea // Biogeosciences, 2011. – V. 8. – P. 2581–2594.
2. Schuur E.A.G., Bockheim J., Canadell J.G. et al. Vulnerability of Permafrost Carbon to Climate Change: Implications for the Global Carbon Cycle // BioScience, 2008. – V. 58(8). – P. 701–714.
3. Stein R., Macdonald R.W. Organic carbon budget: Arctic Ocean vs. Global Ocean // in: The organic carbon cycle in the Arctic Ocean. – Eds. R. Stein and R.W. Macdonald. – Berlin: Springer-Verlag, 2004. – P. 315–322.
4. Гершелис Е.В. Геохимические особенности органического вещества донных осадков в морях Восточной Арктики: диссертация ... к.г.-м.н.: 25.00.09. – Томск, 2018. – 143 с.
5. Меленевский В.Н. и др. Диагенез органического вещества торфа по данным пиролиза Рок Эвал // Геохимия, 2019. – Т. 64. – № 2. – С. 206 – 211.
6. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 336 с.
7. Ульяновцев А.С. и др. Гранулометрическая характеристика донных отложений губы Буор-Хая // Океанология, 2020. – Т. 60. – № 3. – С. 452–465.
8. Ульяновцев А.С. и др. Литолого-геохимическая характеристика морфолитогенеза в губе Буор-Хая // Океанология, 2020. – Т. 60. – № 3. – С. 407–417.

**ВОЗМОЖНОСТИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА СКАНИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ КЕРНА
ТРЕЩИНОВАТО-КАВЕРНОЗНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ**

Павлович Ю.О.

Научный руководитель заведующий лабораторией Мурзин И.В.

АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

На сегодняшний день легко извлекаемые запасы нефти стремительно иссякают, возникает необходимость разведки и разработки месторождений с трудно извлекаемыми запасами и сложно построенными залежами. Одной из перспективных тем в данном направлении является разработка месторождений, чьи запасы приурочены к карбонатным коллекторам трещинного, кавернозного типа.

Именно внедрение в производство современных технологий позволит решать актуальные задачи, стоящие перед поисками и разведкой месторождений. Одним из современных методов изучения сложно построенных коллекторов является анализ развернутого изображения керновой колонки и подсчет количественных характеристик пустотного пространства. Получать качественное развернутое изображение керновой колонки с высоким разрешением позволяет специализированная установка CoreScan 3.

Цель данной работы – расширение направлений профильных измерений керна, внедрение новых видов исследований для широкого круга Заказчиков.

Прежде всего, необходимо отметить, что данная работа основывается на результате исследований при помощи оборудования CoreScan 3 (рис. 1).



Рис. 1. Установка для кругового сканирования керна CoreScan 3 [1]

Рис. 2 Фотография развернутого изображения керна [1]

Данный прибор представляет собой конструкцию, состоящую из корпуса, в котором вращаются два продольных вала, зеркальной системы и подвижной высокоразрешающей камеры. Керна помещается на рабочую поверхность валов, вращается на 360° вокруг оси; камера, непрерывно снимая, делает развернутую фотографию по поверхности керна (рис. 2).

В процессе съемки также выполняется макроописание трещин, включающее следующие характеристики:

- описание цементации, вторичных изменений;
- характеристика стенок трещин;
- насыщения битумами, признаки нефти и газа;
- характер сцепления, раскрытость и т.д.

В дальнейшем программа может создавать из полученного изображения 3D модели керновой колонки (рис. 3). Учитывая данный факт можно коррелировать результаты внешнего 3D изображения колонки керна и его внутреннего строения, а именно данные по сканированию керна и результатам томографии.

Для повышения достоверности геологической модели и параметров фильтрации флюидов через коллектор была проведена экспериментальная работа по выбору ориентации изготавливаемых цилиндрических образцов с учетом наличия и сообщаемости фильтрующих каналов (трещин и каверн).

С помощью полученных томограмм анализировалась неоднородность внутреннего строения керна, структура пустотного пространства и связь пустот между собой.

По результатам круговых снимков учитывалось наличие и густота трещин и каверн по поверхности керна. Затем проектно-ориентированное направление с томограмм переносилось на 3D снимки и далее на саму керновую колонку. У ориентированных таким образом образцов, при наличии сообщаемости пустот, параметры фильтрационных свойств имели более высокие значения, чем у образцов, изготовленных без применения данного вида корреляции (рис. 4).

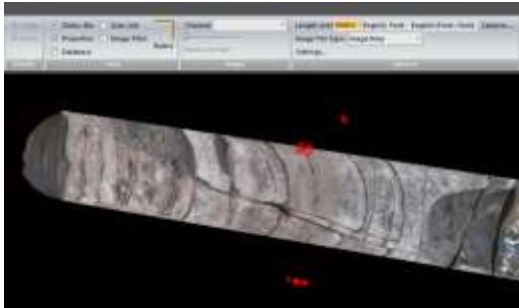


Рис. 3. 3D-модель керна

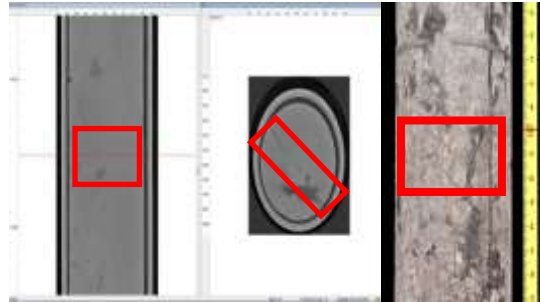


Рис. 4. Корреляция результатов томографа и 3D-модели керна (CoreScan 3)

В ходе проведенных работ по сопоставлению результатов были выявлены следующие преимущества:

- рассмотренный метод позволяет достигать более высоких показателей ФЕС и результатов фильтрационных экспериментов, при наличии сообщаемости пустотного пространства, что очень важно для геологической и гидродинамической моделей месторождения;
- сканированное развернутое изображение керна позволяет создать электронный вариант колонки, позволяя в дальнейшем использовать не каменный материал в натуре, а его цифровой аналог;
- одновременное представление внешнего и внутреннего строения керна.

К недостаткам можно отнести:

- отсутствие технической возможности сканировать интервалы керна, разрушенного в процессе бурения;
- увеличение трудоёмкости процедуры отбора образцов, связанное с анализом внешнего и внутреннего строения керна.

Одной из возможностей при интерпретации фотоснимков, главным образом петрографических шлифов, является определение процентного содержания минералов или же пустотного пространства (рис. 5).

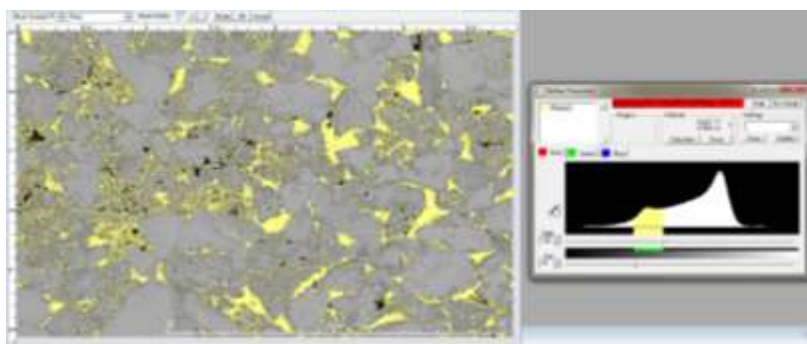


Рис. 5. Процесс определения пористости в ПО Core Image Analysis

Работа по сопоставлению содержания пустотного пространства была проведена на нескольких месторождениях при разном оптическом увеличении объектов, результаты исследований предоставлены в виде таблицы.

В большинстве случаев разница в результатах подсчета пористости при помощи оптического микроскопа и анализа фотоизображения в ПО «Core Image Analysis» находится в пределах 5-6 %, максимальное расхождение составило, примерно 9 % (предположительно из-за технических дефектов при изготовлении шлифа), что можно считать удовлетворительным.

СЕКЦИЯ 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Тенденция занижения процента пор, посчитанных «Core Image Analysis» может быть обусловлена присутствием в шлифах включений техногенного характера (воздушные пузырьки, остатки шлифовального порошка и т.п.), которые программа принимает за природный минерал, тем самым, увеличивая содержание минеральной составляющей и занижая поровое пространство.

Таблица

Сопоставление результатов пористости образцов

№ п/п	Название и лабораторный номер образца	Пористость в шлифе по данным петрографического анализа (%)	Пористость в шлифе по подсчету ПО «Core Image Analysis» (%)	Разница (%)
1	Л-8 8996-14	12,20	7,14	5,06
2	Л-8 9257-14	23,20	14,28	8,92
3	ЛЭ 2Р_74 7425-17 (10)	14,8	8,9	5,9
4	ЛЭ 2Р_74 7468-17 (10)	23,3	16,62	6,68
5	ЛЭ 2Р_74 7470-17 (10)	18,4	12,8	5,6
6	М 915 3961-19 (10)	5,4	2	3,4
7	М 915 3976-19 (10)	3	1,02	1,98
8	М 915 3984-19(10)	2,4	0,9	1,5
9	Ом 531 к 44 6586-19(10)	8,9	15,28	6,38
10	Ом 531 6553-19 (10) к 44	12,8	10,08	2,72

Также на сходимость процентного подсчета может влиять неоднородность минерального и порового распределения в породах.

Имея возможность масштабировать изображение, можно определить множество измеряемых параметров: расстояние между зёрнами, площадь поверхности минерала, площадь каверны или поры, периметр зерна/поры, участок неоднородности, размеры включения и т.д. В практическом смысле методику можно применить при массовом подсчете минералогических характеристик и пустотного пространства при аналитических и тематических работах, без детального описания петрографических шлифов.

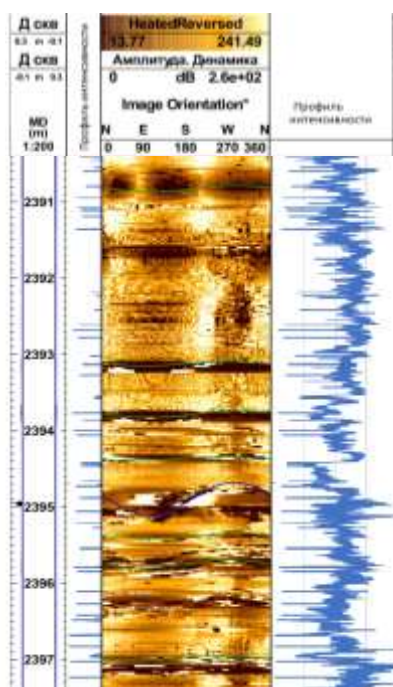


Рис. 6. Сопоставление профиля интенсивности с данными микроимджеров

Следующий параметр, который можно получить, обрабатывая изображение зерна – это профиль интенсивности.

Профиль интенсивности строится на основании распределения неоднородности цветовых оттенков, аналогично индикации плотности вещества на томограммах, и используется для графического отображения трещиноватых участков.

Применение данного параметра возможно для корреляции с данными трещиноватости, полученными по комплексу ГИС.

Данные по профилю интенсивности очень хорошо коррелируются с данными микроимджеров (УВИ) (рис. 6). Анализ сходимости данных проводился на скважине Ю 9-4. При сравнении данных ГИС и профиля интенсивности совпадение зон трещиноватости составило 91,8 %.

Стоит учитывать, что

- в профиле интенсивности не отображаются характеристики самой трещины;
- итоговые данные предоставляются в числовом варианте;
- профиль интенсивности сложнее интерпретировать по керну темных цветовых оттенков.

Параметры, получаемые при интерпретации фотоизображений, позволяют комплексировать с данными смежных лабораторных исследований, повышая качество предоставления результатов, образуя новые и востребованные направления, позволяют коррелировать результаты, полученные по керну с данными ГИС.

Практика оценки трещиноватости с помощью кругового сканирования и количественной оценки структурных элементов значительно расширяет направление профильных исследований полноразмерного керна и образцов горных пород, повышает информативность и качество предоставляемых результатов.

Литература

1. Электронный ресурс. URL: https://studopedia.net/15_10520_poristost-vidi-poristosti-metodi-opredeleniya.html.

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ СОБЕРБАШ-ГУНАЙСКОГО
СИНКЛИНОРИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КAVKAZA**

Платонов А.Е.

Научный руководитель доцент Пинчук Т.Н.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Северо-Западный Кавказ относится к складчатому сооружению Большого Кавказа, границей которого с запада является Керченско-Таманский прогиб, а с востока – Цицинско-Курджипский глубинный разлом [1]. В качестве основных элементов тектоники в пределах Северо-Западного Кавказа выделяется: Псебепско-Гойтхский антиклинорий, являющийся западным продолжением Главного Кавказского хребта, и, примыкающий к нему с севера, Собербашско-Гунайский синклинорий, и с юга – Новороссийско-Лазаревский синклинорий.

В пределах Северо-Западного Кавказа выделяются 11 нефтегазовых месторождений, 8 из которых относятся к Собербаш-Гунайскому синклинорию: Уташ-Юровское, Шептальское, Псифское, Ильская Долина, Кулинское, Южно-Карское, Мирная Балка, Южно-Хадзыженское. Нефтегазоносность в рассматриваемой зоне стратиграфически охватывает терригенные и карбонатные отложения от верхней юры до плиоцена.

В последнее время выделяется 2 перспективных нефтегазоносных объекта, приуроченных к синклинорию:

1) Октябрьская площадь (антиклиналь Поник) – перспективы нефтегазоносности связаны с нижнемеловыми и средне-верхнеюрскими терригенными и терригенно-карбонатными отложениями;

2) Медовская площадь – потенциальная нефтегазоносность связана с рифогенными отложениями позднеюрского возраста.

Таблица

Характеристика месторождений и перспективных объектов в пределах Собербаш-Гунайского синклинория

Месторождение	Тип залежи	Нефтегазоносный комплекс	Тип ловушки	Категории по запасам
Уташ-Юровское	Нефтяное	Плиоцен	Тектонически экранированный	Мелкое
Шептальское	Нефтяное	Палеоцен	Тектонически экранированный	Мелкое
Псифское	Нефтяное	Нижний мел (Альб)	Пластово-сводовый	Мелкое
Южно-Карское	Нефтяное	Палеоцен	Пластово-сводовый	Мелкое
Ильская Долина	Нефтяное	Олигоцен-неоген	Пластово-сводовый	Мелкое
Мирная Балка	Нефтегазовое	Нижний мел (Апт)	Пластово-сводовый литологически экранированный	Мелкое
Куринское	Нефтегазовое	Нижний мел (Апт)	Пластово-сводовый	Мелкое
Южно-Хадзыженское	Газоконденсатное	Верхняя юра	Массивная	Мелкое
Перспективные структуры				
Медовская		Верхняя юра	Массивная	
Октябрьская площадь (антиклиналь Поник)		Нижний мел Верхняя-средняя юра	Пластово-сводовый тектонически экранированный	

Для Собербаш-Гунайского синклинория характерно большое разнообразие ловушек УВ, образование которых связано как с тектоническим развитием Северо-Западного Кавказа (ловушки структурного типа, тектонически экранированные, взбросо-складки), так и с особенностями условий седиментации (массивные, литологически экранированные ловушки).

Собербаш-Гунайская зона характеризуется складчатостью промежуточного типа с наличием брахиформных, коробчатых, реже гребневидных структур длиной от 3-5 до 10-12 км, отдельных – до 20 км, шириной 1,0-2,5 км. Также для данной зоны характерны надвиги, взбросо-складки, редко сбросы и сдвиги [5].

Формирование складок синклинория происходило длительное время в период с австрийской фазы складчатости (рубеж раннего мела и сеноман-турона) до позднего плиоцена-антропогена за счет инверсионного сдвигания [2].

Проведено моделирование условий образования взбросо-складки на примере антиклинали Поник. Складкообразование в пределах Собербаш-Гунайского синклинория обусловлено инверсионным сдвиганием, что обусловило тектоническое движение с юга на север. В условиях тангенциального сжатия северного направления происходило продвижение надвиговых чешуй по листрическим разломам к южному борту Западно-Кубанского прогиба. Таким образом, в рассматриваемой зоне омоложение складкообразования (миграция складчатости) наблюдается к северу от Псебепско-Гойтхского антиклинория. Стоит обратить внимание на тот факт, что во фронтальных частях надвигов формируется тектоническая трещиноватость пород, которая приводит к улучшению фильтрационно-емкостных свойств коллекторов [4].

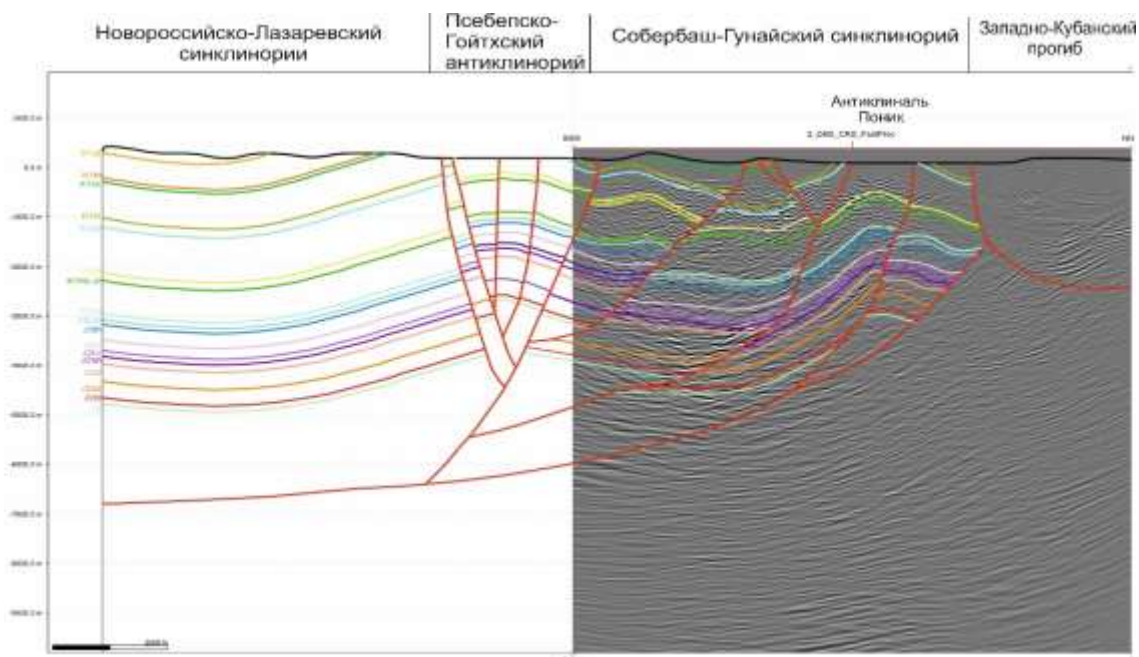


Рис. Геологический профиль через антиклиналь Поник

Формирование массивных и литологически экранированных типов ловушек в пределах Собербаш-Гунайского синклиналии обусловлено условиями седиментации. Так, формирование барьерных рифов происходило в позднелюрском бассейне (оксфорд-титон). В это время в сочетании с обширной трансгрессией моря происходило изменение гумидного климата на аридный. Данные условия обусловили формирование мощных рифогенных образований (более 1000 м) во внешнем крае шельфа. Рифогенные отложения протягиваются вдоль Ахтырской шовной зоны и, предположительно, наблюдаются в районе современной Собербаш-Гунайской зоны [3]. К массивному типу ловушки (барьерному рифу) приурочено Южно-Хадыженское газоконденсатное месторождение.

Литологически экранированные ловушки, выделенные на месторождении Мирная Балка, формировались в условиях трансгрессивного этапа в раннемеловой период (апт). В это время восточная часть Собербаш-Гунайской зоны представляла собой шельфовую часть, где накапливались песчано-алевритовые осадки малой мощности в условиях сильно подвижного мелководья.

Литература

1. Доценко В.В. Перспективы нефтегазоносности Северо-Западного Кавказа // Геология, география и глобальная энергия. – М., 2014. – С. 91–104.
2. Летавин А.И. Тектоника и перспективы нефтегазоносности краевой зоны Северо-Западного Кавказа. – М.: Наука, 1987 – 89 с.
3. Мосякин Ю.А., Мосякин А.Ю. Перспективы нефтегазоносности оксфорд-неокомских отложений в пределах южного борта Западно-Кубанского прогиба // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2015. – №4. – 22 с.
4. Попков В.И., Попков И.В. Структурно-тектонические предпосылки нефтегазоносности и возможные типы ловушек нефти и газа в складчато-орогенных зонах на примере Северо-Западного Кавказа // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2017. – № 2. – 16 с.
5. Попков В.И. Тектоника Северо-Западного Кавказа // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ, 2007 – С. 13–18.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ЧАУНСКОЙ ГУБЫ (ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ)

Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Гринько А.А., Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последние десятилетия наблюдаются активные изменения в системе «климат-углерод-криосфера». Особенно остро это проявляется в арктическом регионе, где разрушение многолетнемерзлых толщ провоцирует активное вовлечение древнего углерода в современный биогеохимический цикл и, в дальнейшем, может приводить к труднопредсказуемым экологическим последствиям [1]. В частности, установлено, что окисление углерода, мобилизованного из мерзлотных толщ, может являться одной из ключевых причин увеличения эмиссии CO₂ и ацидификации вод арктических морей [2].

Представительным полигоном для изучения механизмов переноса и накопления наземного органического вещества (ОВ) можно считать Восточно-Сибирский арктический шельф (ВСМ), крупнейший континентальный

шельф Мирового океана. С точки зрения источников ОВ и особенностей его состава относительно подробно изучены прибрежные зоны моря Лаптевых, в частности, губа Буор-Хая [2, 3, 4], а также западная часть Восточно-Сибирского моря [1, 3, 7]. Однако данные по восточной части внутреннего шельфа Восточно-Сибирского моря чрезвычайно ограничены.

В нашей работе мы приводим новые данные по геохимии ОВ поверхностных осадков Чаунской губы – полузамкнутой аккумулятивной зоны, где влияние речного стока ограничено, отсутствует субаквальная мерзлота, а прибрежная мерзлота распространена лишь локально [5].

В данной работе мы приводим результаты традиционного хромато-масс-спектрометрического (исследование молекулярных маркеров *n*-алканов) и пиролитического (Rock-Eval) анализов ОВ. Кроме того, мы применяем детальный гранулометрический анализ донных осадков для установления особенностей седиментации в Чаунской губе.

Исследование основано на изучении 25 проб осадков, отобранных во время комплексной морской научно-исследовательской экспедиции 60 рейса НИС «Академик Опарин» в сентябре-октябре 2020 г.

Осадки преимущественно состояли из пелит-алевритовой (7,61-62,48% в среднем 43,5%) и алеврит-пелитовой фракций (1,98-60,9% в среднем 34,63%) с небольшим содержанием глинистой (0,78-19,78% в среднем 11,13%) и песчаной (от полного отсутствия до 89,61% в среднем 10,73%) фракций. Размерная типизация осадочного материала основана на трехкомпонентной классификации «песок-алеврит-глина» Ф. Шепарда.

Содержание общего органического углерода Сорг (ТОС – Total Organic Carbon, %) вдоль исследуемого профиля варьировалось в пределах от 0,49 до 1,76%, что считается достаточно хорошим показателем концентрации ОВ для арктического региона с низкой биопродуктивностью. Максимальные значения концентрации ТОС наблюдаются как в самой Чаунской губе (прибрежная зона), так и на приконтинентальном внутреннем шельфе Восточно-Сибирского моря.

В целом, приведенные значения соотносятся с опубликованными данными по изучаемому району [4]. На долю летучих органических соединений (S1) приходится ~ 11%, на долю биополимеров (S2) ~ 41% и на долю кислородосодержащих соединений (S3) ~ 48% соответственно. Доля минерального углерода (MinC) в среднем составила 0,1%, что говорит об относительно низкой доле карбонатных отложений. Во всех образцах мы наблюдали повышенное значение кислородного индекса ОI (от 134 до 238 CO₂/г ТОС).

Для нашего района исследования содержание водородного индекса НI (111-188 УВ/г ТОС) на 20% выше опубликованных данных по поверхностным отложениям губы Буор-Хая [4]. Это объясняется небольшим объемом речного стока, который является одним из основных источников терригенного ОВ. Связь между НI и ОI мы представили в виде диаграммы типа Ван Кревелена, широко используемой для различения источников ОВ. Все нанесенные значения НI и ОI попадают в ограниченную область, что указывает на преобладание планктонного типа (II) и граничит с гуминовым типом (III). Таким образом, ОВ отлагается как в восстановительной обстановке, так и субаэральных речных условиях.

В рамках данной работы был также проведен качественный молекулярный анализ ОВ с фокусом на *n*-алканы. Высокомолекулярные (НМW; ≥C21) *n*-алканы получены из высших наземных растительных восков, производящих молекулярный сигнал наземного вклада, в то время как низкомолекулярные (ЛМW; ≤C19) липиды использовались в качестве индикаторов ОВ морских биопродуцентов.

По результатам анализа наблюдается ярко выраженное преобладание высокомолекулярных нечетных гомологов над низкомолекулярными, что подтверждает вклад наземного источника ОВ как в самой полузамкнутой акватории Чаунской губы, так и в открытой акватории ВСМ. Таким образом, на формирование пула ОВ влияет планктонная составляющая ОВ и остатки высшей наземной растительности.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных-кандидатов наук МК-3476.2021.1.5.

Литература

1. Semiletov I., Pipko I., Gustafsson Ö., Anderson L.G., Sergienko V., Pugach S., Dudarev O., Charkin A., Gukov A., Bröder L. et al. Acidification of East Siberian Arctic Shelf waters through addition of freshwater and terrestrial carbon // *Nat. Geosci.*, 2016. – № 9. – P. 361 – 365.
2. Semiletov I.P., Shakhova N.E., Pipko I.I., Pugach S.P., Charkin A.N., Dudarev O.V., Kosmach D.A., Nishino S. Space-time dynamics of carbon and environmental parameters related to carbon dioxide emissions in the Buor-Khaya Bay and adjacent part of the Laptev Sea. // *Biogeosciences*, 2013. – № 10. – P. 5977 – 5996.
3. Salvadó J.A., Tesi T., Sundbom M., Karlsson E., Kruså M., Semiletov I.P., Panova E., and Gustafsson Ö. Contrasting composition of terrigenous organic matter in the dissolved, particulate and sedimentary organic carbon pools on the outer East Siberian Arctic Shelf // *Biogeosciences*, 2016. – № 13. P. 6121–6138.
4. Composition of Sedimentary Organic Matter across the Laptev Sea Shelf: Evidences from Rock-Eval Parameters and Molecular Indicators / E.V. Gershelis, A.A. Grinko, I.A. Oberemok [et al.] // *Water*, 2020. – Vol. 12, iss. 12. – [3511, 12 p.].
5. Патык-Кара Н.Г., Иванова А.М. Геохимические поиски месторождений твердых полезных ископаемых на континентальном шельфе. – М.: Научный мир, 2003. – 415 с.
6. Vetrov A.A., Romankevich E.A., Belyaev N.A. Chlorophyll, primary production, fluxes, and balance of organic carbon in the Laptev Sea // *Geokhimiya*, 2008. – № 10. – P. 1122 – 1130.
7. Vonk J.E., Sánchez-García L., Semiletov I., Dudarev O., Eglinton T., Andersson A., Gustafsson Ö. Molecular and radiocarbon constraints on sources and degradation of terrestrial organic carbon along the Kolyma paleoriver transect, East Siberian Sea // *Biogeosciences*, 2010. – № 7. – P. 3153 – 3166.

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСРЕДСТВОМ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ

Райле К.Н.

Научный руководитель доцент Матвеев И.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Анализ и визуализация неопределённости являются важными проблемами, так как параметры, описывающие геологическую модель, такие как пористость и проницаемость, никогда не могут быть точно определены на всей площади исследуемого участка. На текущий момент не существует единого подхода количественной оценки неопределенностей геологических моделей. В данной работе предлагается использование информационной энтропии в качестве инструмента сравнения и оценки результатов геологического моделирования. Информационная энтропия позволяет произвести количественную оценку неопределенностей геологических моделей и визуализировать распределение неопределенностей в пространстве.

Изначально информационная энтропия была разработана для применения в области кодирования и коммуникаций как мера количественной оценки неопределенностей.

Применение информационной энтропии, как метода оценки неопределенностей в пространстве, должно отвечать нескольким важным аспектам [2]:

- Если в конкретной точке пространства отсутствует неопределенность, то измеренное значение энтропии равняется нулю;
- Если неопределенность существует, то измеренное значение энтропии больше нуля;
- Измеренное значение информационной энтропии максимально в данной точке пространства, если существует несколько исходов события и вероятность каждого из исходов одинакова;
- Если рассматривается дополнительный исход, неопределенность не может быть ниже, чем без этого исхода.

Информационная энтропия случайного события определяется распределением вероятностей потенциальных исходов. Рассмотрим случайное событие X с количеством возможных исходов n . Тогда исходы будут обозначаться $x_1 \dots x_n$. Тогда вероятность каждого исхода $x_i \in n$ будет равна p_i , и информационная энтропия случайного события X будет равняться:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

Если информационная энтропия вычисляется с помощью логарифма с основанием два, как показано в уравнении 1, тогда H измеряется в битах. В дальнейшей работе будет использован логарифм по основанию два, однако, применив определенные преобразования, можно вычислять энтропию, используя логарифм с любым другим основанием.

Необходимо выделить важный аспект информационной энтропии: в случае, если все возможные исходы события равновероятны, энтропия достигает своего максимального значения. Согласно этому утверждению, в случае n возможных исходов, максимальное значение энтропии будет достигнуто при условии:

$$p_i = \frac{1}{n} \quad (2)$$

и оно будет равно:

$$H \max(X) = -\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log_2 \frac{1}{n} = \log_2 n \quad (3)$$

Теперь рассмотрим информационную энтропию в контексте распределения свойств в пространстве. В геологическом моделировании мы можем рассматривать информационную энтропию для какого-либо участка модели (например ячейки) как меру неопределенности (исходящей из отсутствия информации) свойств этого участка. Рассмотрим пример, где таким свойством выступит принадлежность ячейки к определенной геологической единице. Сделаем допущение о том, что ячейке может соответствовать лишь одна геологическая единица из их количества M [1].

Для каждой ячейки исследуемого региона информационная энтропия будет рассчитываться по следующей формуле:

$$H(x) = -\sum_{m=1}^M p_m(x) \log p_m(x) \quad (4)$$

где x – пространственное положение ячейки;

M – количество геологических единиц, которые могут быть заданы для конкретной ячейки.

Для визуализации неопределенности ячеек может быть построена карта, где каждой из ячеек задана одна из трех геологических единиц (рис. 1, а). Мы также можем выделить вероятность каждого из возможных исходов в каждой клетке (рис. 1, б). Применив уравнение 4 для каждой клетки, мы можем получить карту информационной энтропии (рис. 2, с).

По полученным данным можно сделать следующие выводы:

- В тех ячейках, где геологическая единица определена наверняка, энтропия равна нулю (ячейка А);
- В тех ячейках, где возможно наличие двух геологических единиц, энтропия максимальна тогда, когда вероятность существования в ячейке одинакова для каждой из единиц (ячейки В и С);
- В тех ячейках, где возможно наличие трех геологических единиц, энтропия выше, чем в тех, где возможно наличие только двух единиц (ячейка D).

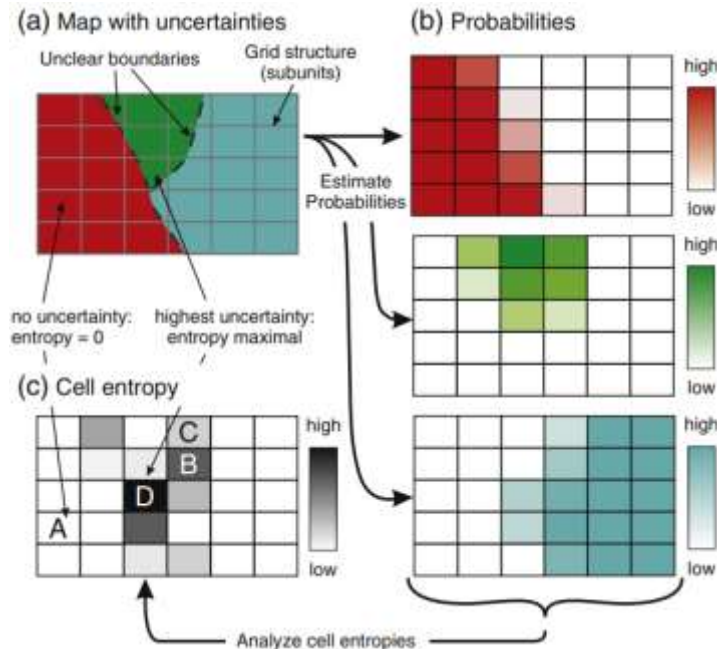


Рис. 1. Применение концепции информационной энтропии для отражения пространственного распределения неопределенностей

На рассмотренном примере можно сделать вывод о том, что информационная энтропия может быть применена для визуализации пространственного распределения неопределенности какого-либо свойства в ячейках (на исследуемом участке) в виде карты.

В дальнейшем планируется применение информационной энтропии для оценки неопределенностей параметров геологических моделей одного из месторождений Томской области и определение ключевых факторов, влияющих на неопределенность с последующим ранжированием территории месторождения по степени изученности.

Литература

1. Wellmann F., Regenauer-Lieb K. Uncertainties Have a Meaning: Information Entropy as a Quality Measure for 3-D Geological Models Tectonophysics // Tectonophysics, 2012. – P. 207 – 2016. DOI: 10.1016/j.tecto.2011.05.001.
2. Wellmann F. Information Theory for Correlation Analysis and Estimation of Uncertainty Reduction in Maps and Models // Entropy, 2013. – P. 1464–1485. DOI: 10.3390/e15041464.

ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ХМ₂ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ М (ЯНАО)

Ракитина В.А.

Научный руководитель доцент Недоливко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью исследования являлось изучение литологических особенностей продуктивных отложений пласта ХМ₂ яронгской свиты (нижний мел), вскрытых бурением в интервале глубин 1716,4-1742,6 м на одном из газоконденсатных месторождений на северо-востоке полуострова Ямал.

Газоконденсатное месторождение М расположено в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области Российской Федерации.

В тектоническом плане месторождение приурочено к вершинам Среднеямальского мегавала, входящего в состав Тамбейского межграбенового блока. Согласно нефтегазогеологическому районированию, месторождение относится к Ямальской нефтегазоносной области.

Яронгская свита выделена в составе нижнемелового берриас-альбского комплекса отложений, залегает на раннемеловых отложениях таноичинской свиты (аптский ярус) и перекрывается раннемеловыми альбскими

отложениями маррессалинской свиты, сложенной морскими глинистыми породами с подчиненными прослоями песчаников и алевролитов, слагающих три продуктивных пласта, проиндексированных как ХМ₁, ХМ₂ и ХМ₃. Отложения яронгской свиты формировались в период альбской трансгрессии в палеогеографической области мелкого моря [2]. Вследствие этого пласты и пачки выдержаны и уверенно прослеживаются по площади, что значительно облегчает их корреляцию.

Мелководно-морской режим седиментации обусловил значительные толщины (от 24,7 до 36,6 м), практически повсеместное (за исключением единичных случаев) присутствие песчаников во вскрытых бурением разрезах и широкое площадное распространение пласта ХМ₂ по площади месторождения.

Согласно макроскопическому описанию керна, пласт ХМ₂ имеет неоднородное строение и сложен песчаниками, алевролитами и аргиллитами.

Песчаники пласта ХМ₂ светло-серые мелкозернистые с глинистым цементом; текстура их преимущественно однородная и слоистая, реже отмечается слабо выраженная пологоволнистая и косая разнонаправленная слоистость, подчеркнутая углито-глинистым материалом и послойными скоплениями слюды, сидерита и углефицированных растительных остатков, участками слоистость нарушена следами жизнедеятельности типа *Skolithos*.

Алевролиты светло-серые среднезернистые с глинистым цементом; текстура в них слоистая: слоистость частая тонкая и мелкая от прерывистой до сплошной, косоволнистая, перекрестная попеременно-разнонаправленная, нарушенная биотурбацией типа *Planolites*, *Chondrites*.

Аргиллиты серые неравномерно алевритовые с сидеритом и остатками углефицированной растительной органики. Текстура аргиллитов неяснослоистая и слоистая, участками расплывчатая узловатая, обусловлена неравномерной послойной примесью алевритового материала и включениями углефицированной растительной органики. Повсеместно в аргиллитах отмечена биотурбация типа *Chondrites*.

Преобладание в породах волнистого типа слоистости и ее разнообразие, наличие и тип следов жизнедеятельности свидетельствуют [2, 5] о морском режиме осадконакопления: в прибрежной полосе накапливались существенно песчаные отложения, в углубленных участках дна накапливались алевритовые и глинистые осадки.

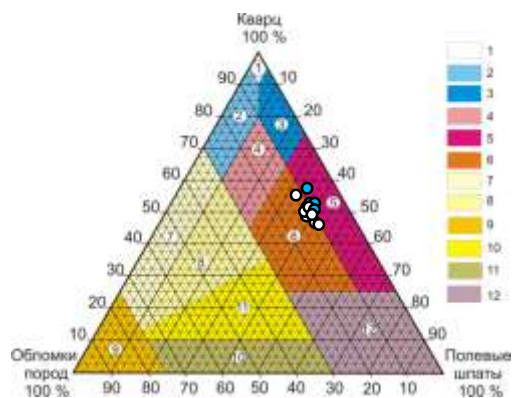


Рис. 1. Положение точек состава песчано-алевритовых пород пласта ХМ₂ на диаграмме В.Д. Шутова.

Кварцевая группа: 1 – мономиктовые кварцевые; 2 – кремнекlastито-кварцевые; 3 – полевошпато-кварцевые; 4 – мезомиктовые кварцевые. **Аркозвая группа:** 5 – собственно аркозы; 6 – граувакковые аркозы. **Граувакки:** 7 – кварцевые; 8 – полевошпато-кварцевые; 9 – собственно граувакки; 10 – кварцево-полевошпатовые; 11 – полевошпатовые; 12 – поле не собственно терригенного происхождения

каолинитом (36 %), в подчиненных количествах в них отмечаются гидрослюд (15 %) и хлорит (8 %).

Коллекторские свойства пород колеблются в очень широких пределах (рис. 2 и 3): в песчаниках пористость меняется от 27,4 до 35,7 %, проницаемость – от 44,98 до 1230,9·10⁻³ мкм²; в алевролитах фильтрационно-емкостные свойства пониженные: пористость варьирует от 24,7 до 34,3 %, проницаемость – от 7,37 до 365,86·10⁻³ мкм². Согласно классификации А.А. Ханина [4], песчаники, слагающие пласт ХМ₂, относятся – к коллекторам IV-I-классов с оценкой по емкости и проницаемости от пониженной до очень высокой, алевролиты – к коллекторам V-III классов с низкой и средней проницаемостью.

Породы-коллекторы пласта ХМ₂ представлены средне-мелкозернистыми и мелкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами. По петрографическому составу породобразующих компонентов, согласно расположения точек на диаграмме Шутова В.Д. [3], песчано-алевритовые породы относятся к собственно аркозам и граувакковым аркозам (рис. 1).

В них кварц (содержащийся в количестве 47,1-58,5 %) и полевые шпаты (32,0-43,2 %) являются основными породобразующими компонентами, а обломки пород подчинены и встречаются в количестве 6,7-12,1 %.

Глинистый цемент пород-коллекторов, согласно результатам количественного рентгеноструктурного анализа, имеет преимущественно каолинитовый состав; содержание каолинита в песчаниках колеблется в пределах 70-96 %, в алевролитах – 56-88 %.

В породах отмечается непостоянное содержание смешанослойных образований гидрослюда-монтмориллонитового и хлорит-иллитового ряда (в песчаниках – от 2 до 16 %; в алевролитах – от 8 до 38 %), примесь гидрослюда (2-6 %), иногда в заметных количествах (11-12 %) присутствует хлорит.

Аргиллиты, представляющие флюидоупоры, сложены смешанослойными образованиями (41 %) и

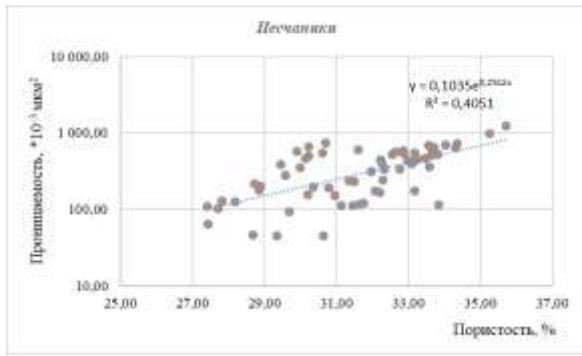


Рис. 2. График зависимости проницаемости от пористости в песчанниках

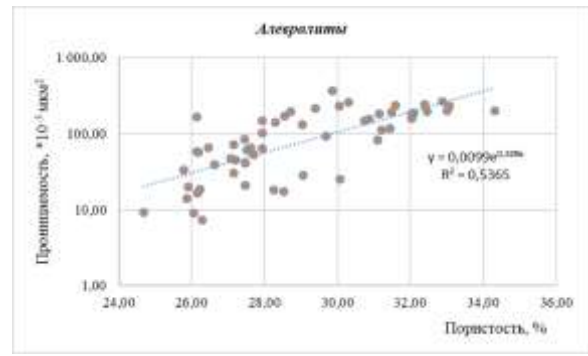


Рис. 3. График зависимости проницаемости от пористости в алевролитах

Отмечено, что при одинаковых значениях пористости проницаемость пород может значительно отличаться. Выяснение причин такого несоответствия – это задача следующего этапа исследования.

Литература

1. Барабошкин Е.Ю. Ихнофауна Scolepora в мезозойских отложениях Западной Сибири // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: Материалы VII Всероссийского литологического совещания 28-31 октября 2013. – С. 66–69.
2. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде / А.Э. Конторович, С.В. Ершов, В.А. Казаненков, Ю.Н. Карогодин и др. // Геология и геофизика, 2014. – Т. 55. – № 5 – 6. – С. 745–776.
3. Шутов В.Д. Минеральные парагенезы граувакковых комплексов. – М.: Наука, 1975. – 110 с.
4. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. – М.: Недра, 1969. – 368 с.
5. Ян П.А., Вакуленко Л.Г. Смена состава ихнофоссилий в келловей-оксфордских отложениях Западно-Сибирского бассейна как отражение цикличности седиментогенеза // Геология и геофизика, 2011. – Т. 52. – № 10. – С. 1517–1537.

АНОМАЛЬНО ВЫСОКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГАММА-КАРОТАЖА В РАЗРЕЗАХ МАЙКОПСКИХ И ЧОКРАКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА

Фурсина Т.А.

Научный руководитель Егорова А.Д.

Московский государственный университет, г. Москва, Россия

В Северном Предкавказье по геофизическим исследованиям кривые гамма-каротажа (ГК) отражают естественную радиоактивность осадков, обычно характерных для майкопских пород. Породы высокой радиоактивности сложены черными битуминозными глинами, называемыми «рыбы пачки». Естественная радиоактивность пород повышается при увеличении глинистой фракции. Кривые ГК (гамма-каротажа) отражают различную радиоактивность осадков, обычно основную массу осадочных пород по радиоактивности подразделяют на три группы:

- Породы высокой радиоактивности: глобигериновые и радиоляриевые отложения, черные битуминозные глины, аргиллиты и глинистые сланцы, калийные соли, а также «рыбы пачки»;
- Породы средней радиоактивности: алевроитовые глины, глинистые песчаники, мергели, глинистые известняки;
- Породы низкой радиоактивности: ангидриты, гипсы, песчаники, известняки и большинство каменных углей;

В Северном Предкавказье отложения майкопа представлены в основном мощными глинами с прослоями песчаников, по геофизическим исследованиям кривые гамма-каротажа (ГК) отражают естественную радиоактивность осадков. Породы высокой радиоактивности сложены черными битуминозными глинами, называемыми «рыбы пачки». На Северном Кавказе наличие урана в ископаемых остатках рыб майкопских отложений впервые установлено В.Г. Мелковым в середине прошлого века в Черкесской залежи, вблизи одноименного города, по р. Кубани. В майкопских отложениях известны Ергенинский и Мангышлакский урановорудные районы. Здесь установлены урановые месторождения и проявления, связанные с так называемыми «рыбными» слоями («рыбными фация»), представляющими собой скопления костного детрита рыб, заключенного в преобладающей массе мельниковита (скрытокристаллическая разновидность пирита).

Кроме урана в них установлены повышенные содержания редких металлов и скандия. Костно-сульфидные образования приурочены к разным интервалам майкопских отложений. Мощность «рыбных пластов» от 0,1 м до 3 м, а в зонах расщепления достигает 7-8 м. В районе р. Кубань выделена черкесская залежь, в глинах которой

содержание скрытокристаллического пирита до 27 %. Количество костного детрита 1,5-7,8 % (P_2O_5 – 0,5-2,6 %), размер костных обломков обычно превышает 0,1 мм.

Залежи формировались в относительно глубоководной обстановке, что определило ее аномальный сульфидный состав. Особенностью, является резкая смена во времени гидродинамического режима, обусловившая лавинный выброс более грубого материала, прерывавшего формирование рыбных фаций [2].

В майкопское время предгорные прогибы северного Кавказа, а именно Западно-Кубанский, Восточно-Кубанский, Терско-Каспийский прогибы формировались в условиях морского глубоководного бассейна, с формированием глинистых пород с пачками и прослоями песчаников по бортам прогибов. Сохранность рыбных остатков в майкопских и среднемиоценовых бассейнах связана с сероводородным заражением придонных вод.

Радиоактивность пород повышается при увеличении глинистой фракции, так что в майкопских отложениях повышенная радиоактивность связана с условиями осадконакопления, формирования сульфидных фаций. В осадочных бассейнах, где сероводород интенсивно диффундирует из осадка в придонные слои воды, поступает недостаточное количество кислорода, происходит сероводородное заражение. Образуется сероводород при разложении органического вещества, содержащего серу, и при восстановлении сульфатов, которое происходит с участием бактерий. Сероводородное заражение мощных толщ воды крайне неустойчиво: может быстро возникать и также быстро исчезать, особенно в мелководных бассейнах.

В бассейнах с ненормальным газовым режимом, в области развития сероводородного или углекислого заражения не обитают какие-либо организмы, за исключением анаэробных бактерий. Рыбьи останки, попавшие в зону сероводородного заражения, не подвергаются разрушению другими организмами-падальщиками из-за их отсутствия, а только частично окисляются бактериями [3].

Установлено по данным исследования керна, что в кровле майкопских отложений Западно-Кубанского прогиба (ЗКП) повышенная радиоактивность связана с «рыбьими пачками» и прослеживается по границе майкопских и перекрывающих отложений (тархана-чокрака). Наличие радиоактивного фосфорита в останках рыб доказано исследованиями керна в скважинах Северного Предкавказья. Так как «рыбьи пачки» характерны для кровли и верхней части майкопских глин, можно говорить о постоянном заражении придонных слоев верхнемайкопского бассейна.

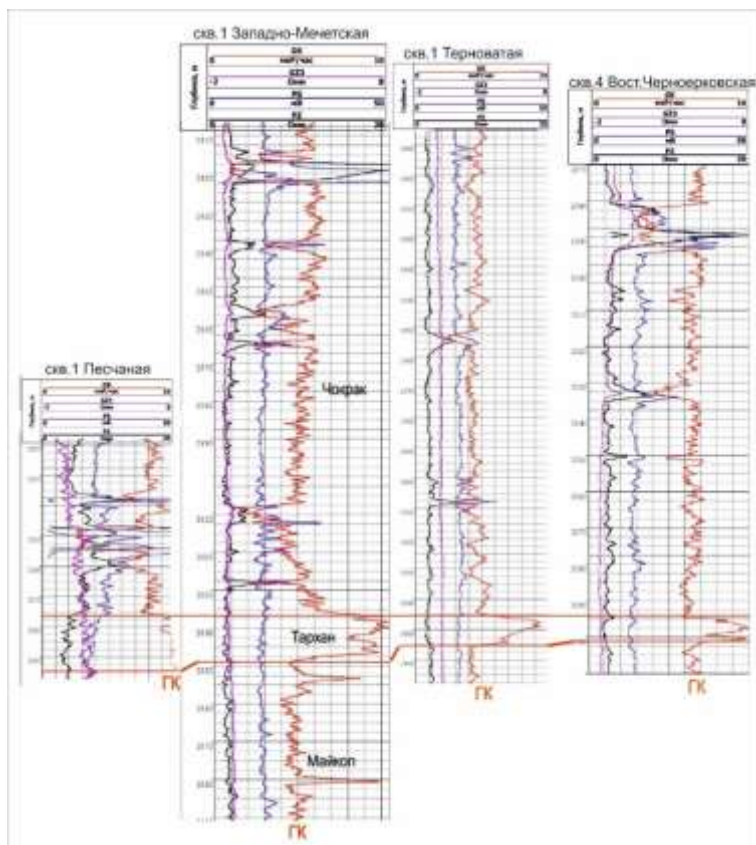


Рис. 1. Уровни аномальных значений ГК (от одного до четырех) по площадям северного борта ЗКП

керна, в котором известковистые глины содержат богатую фауну чокрака и тархана, с включением переотложенных раковин из майкопа [1].

Появление повышенной гамма-характеристики в разрезах объясняется перемывом майкопских осадков, в этапы трансгрессивного срезания. На других площадях повышенные уровни ГК приурочены к глинам нижнего

Материалами для исследований являлись каротажные диаграммы скважин интервала от майкопа до карагана, расположенных по северному борту ЗКП, полученные из геологических фондов г. Краснодара. Повышенные значения ГК в кровле майкопа хорошо прослежены по многочисленным скважинам, пробуренным в ЗКП. Ранее они отмечались как граница между майкопскими и тархан-чокракскими отложениями по геофизическим данным.

Кроме останков рыб на этом уровне отмечены сидеритовые прослои и конкреции, стяжения пирита по трещинам и по слоистости пород.

Однако повышенные значения ГК в западной части северного борта ЗКП прослежены и в вышележащих (тарханских и чокракских) отложениях, сложенных известковистыми глинами с пачками песчаников и алевролитов с залежами углеводородов. Уровни аномально высоких значений ГК (от одного до четырех) по площадям северного борта ЗКП, встречены в разновозрастных отложениях (рис.).

В скважинах в интервалах повышенных значений ГК отобран

чокрака-тархана. На этом уровне подняты глины известковистые с включением гнезд пирита и сидерита и сохранившие радиоактивность.

Наличие повышенных значений ГК в тархан-чокракском разрезе не постоянно и прослежено пятнисто не только по площадям, но и в пределах одной площади. Это объясняется не только наличием «рыбьи пачек» или переотложением радиоактивных майкопских осадков во время седиментации, а, вероятно, связано и с последующими процессами диагенеза.

Исследованный материал показал, что стратиграфическое положение «рыбьи пачек» по разрезу связано преимущественно с глинистыми отложениями майкопа-тархана, реже с переотложением радиоактивных осадков майкопа или тархана в вышележащих отложениях чокрака.

Следовательно, нельзя считать появление повышенных значений ГК стратиграфической границей между майкопом и тарханом или чокраком, а надежнее опираться на палеонтологические данные при расчленении разрезов скважин. Тархан-чокракские отложения Западно-Кубанского прогиба являются одним из основных продуктивных комплексов Северо-Кавказского региона. Здесь коллекторами являются пласты песчаников и алевролитов, составляющие ряд промысловых пачек. Песчано-алевролитовые породы в виде линз распределены по разрезу и по площади, что вызывает значительные затруднения при корреляции пачек и выделении стратиграфических границ.

Литература

1. Колесниченко В.П., Пинчук Т.Н. История геологического развития северного борта Западно-Кубанского прогиба и условия формирования природных резервуаров в среднем миоцене // Тез. докл. научн.-практ. конферен. 21-25 апреля 1997 г. ВНИГНИ. – М., 1997. – С. 82–83.
2. Столяров А.С., Ивлева Е.И. Верхнеолигоценовые отложения Предкавказья, Волго-Дона и Мангышлака (Центральная часть Восточного Паратетиса). Сообщение 3. Металлоносность и условия формирования залежей костного детрита рыб и сульфидов железа // Литология и полезные ископаемые, 2004. – № 5. – С. 504–522.
3. Столяров А.С. Палеогеография Предкавказья, Волго-Дона и Южного Мангышлака в позднем эоцене и раннем олигоцене // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение геологии, 1991. – Т. 66. – №. 4. – С. 64–80.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ХМ₂ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ N (ЯНАО)

Ходоров И.С.

Научный руководитель доцент Недолишко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью исследования являлась реконструкция условий формирования терригенных отложений по данным гранулометрического анализа.

Задачей исследований явилась генетическая интерпретация кернового материала, отобранного из отложений пласта ХМ₂ и реконструкция обстановок осадконакопления по данным гранулометрического анализа 14 образцов, которые были отобраны в интервале 1618,5–1647 м.

Нефтегазоконденсатное месторождение N в административном отношении расположено в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области Российской Федерации, в географическом отношении – в северной части Западно-Сибирской равнины на северо-востоке полуострова Ямал. В нефтегазовом отношении месторождение входит в Тамбейский кластер.

Территория, на которой располагается месторождение N, согласно карте тектонического строения и размещения зон нефтегазонакопления полуострова Ямал (по Д.А. Астафьеву с использованием материалов «Ямалгеофизика», ЗапСибНИГНИ, ВНИГНИ) [1] расположена в южной части Средне-Ямальского мегавала. Согласно нефтегазогеологическому районированию, изученный район, расположен в Тамбейском нефтегазоносном районе Ямальской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

В геологическом строении месторождения N принимают участие породы палеозойского складчатого фундамента и терригенные песчано-глинистые отложения платформенного мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Согласно стратиграфическому делению, пласт ХМ₂ относится к яронгской свите альбского яруса [3]. По результатам полевого описания керна изучаемый разрез в целом представлен переслаиванием песчаников и алевролитов.

Песчаники окрашены в светло-серые и голубовато-серые цвета, преимущественно мелкозернистые и средне-мелкозернистые, сцементированы глинистым и карбонатным цементом; породы однородные и слоистые, слоистость преимущественно пологоволнистого типа, образована намывами глинистого материала. Слоистость нарушена взмучиванием, биотурбацией (ихнофосилии *Planolites*, *Teichichnus*, в участках обогащения глинистым материалом – *Chondrites*), нагрузкой и оседанием. В отдельных прослоях присутствуют единичные фрагменты раковин двусторчатых моллюсков. Повсеместно присутствуют многочисленные углефицированные растительные остатки: атрит, сечка, мелкий детрит, участками отмечается тонкорассеянная вкрапленность и уплощенные включения сидерита.

Алевролиты имеют светло-серую и серую окраску, сцементированы глинистым цементом. Для алевролитов в изучаемом разрезе характерны косоволнисто-слоистые и волнисто-линзовидно-слоистые текстуры за счет неравномерного распределения глинистых прослоев. В отдельных слоях отмечаются неравномерная сидеритизация и ихнофосилии типа *Phycosiphon*, *Zoophycos*.

Глинистые породы окрашены в темно-серый и серый цвет, в них преобладают косоволнисто-, пологоволнисто- и волнисто-линзовидно-слоистые текстуры, отражающие волновой характер движения воды, часто присутствует горизонтальная тонкая и мелкая слоистость, образованная при осаждении материала в условиях слабо подвижных вод. В отдельных прослоях отмечаются створки раковин, ихнофоссилии *Chondrites*, *Phycosiphon*, *Schaubcylindrichnus*, *Planolites*, *Teichichnus*, *Zoophycos*, повсеместно присутствуют углефицированные растительные остатки (аттрит, мелкий детрит), отмечаются редкие псевдоморфозы пирита по органическим остаткам.

Из анализа генетических признаков следует, что пласт был образован во вдольбереговой морской обстановке осадконакопления, чему свидетельствует пологоволнистая слоистость, а также следы жизнедеятельности морских донных животных.

В качестве исходного материала были использованы данные гранулометрического анализа по одной из скважин, вскрывшей пласт ХМ₂ на месторождении N, методологическим обеспечением проведения эксперимента послужило построение генетических диаграмм Р. Пассега [6], Л.Б. Рухина [5] и Г.Ф. Рожкова [4] и их интерпретация для определения динамических условий отложения осадков [2].

По результатам гранулометрического анализа и размеру фракций изученные породы были сгруппированы в 4 литотипа: песчаники мелкозернистые алевритистые (образцы 2, 6, 8) – на диаграммах зеленые; песчаники мелкозернистые алевритовые (образцы 5, 7, 9-14) – на диаграммах синие; алевролиты мелко-крупнозернистые (образец 1) – на диаграммах желтые; алевролиты крупно-мелкозернистые (образцы 3-4) – на диаграммах красные.

Из диаграммы, представленной на рисунке 1, видно, что точки 3 и 4 располагаются в зоне направленных течений в лагуне, точки 2, 6 и 8 тяготеют к зоне фаций направленных течений, образцы под номерами 5, 7, 9-14 располагаются в зоне фаций приподнятых частей шельфа, точка 1 не попала ни в одну область.

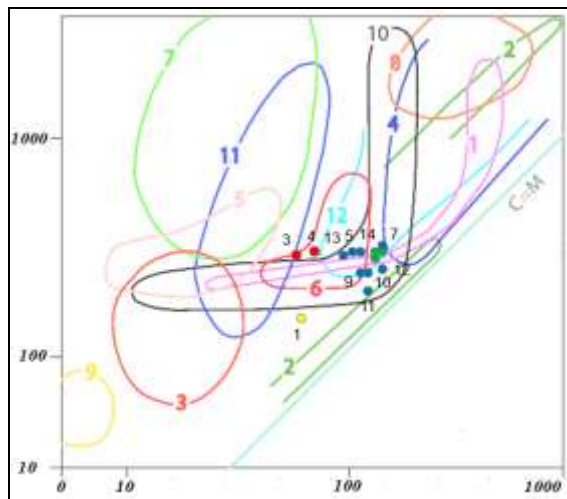


Рис. 1. Диаграмма Р. Пассега [6] с нанесенными на неё значениями образцов: 1 – фации рек и направленных течений; 2 – мутьевых потоков; 3 – осадков спокойной воды; 4 – пляжа и мелководий; 5 – спокойной лагуны; 6 – направленных течений в лагуне; 7 – глубокого шельфа; 8 – внутреннего шельфа; 9 – шельфовых впадин; 10 – приподнятых частей шельфа; 11 – дна, 12 – глубоководного дна.

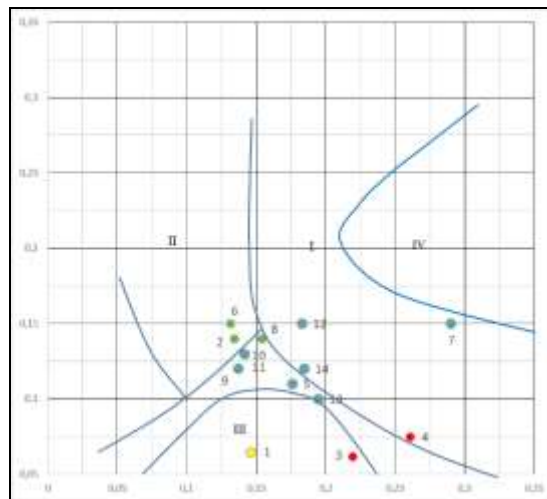
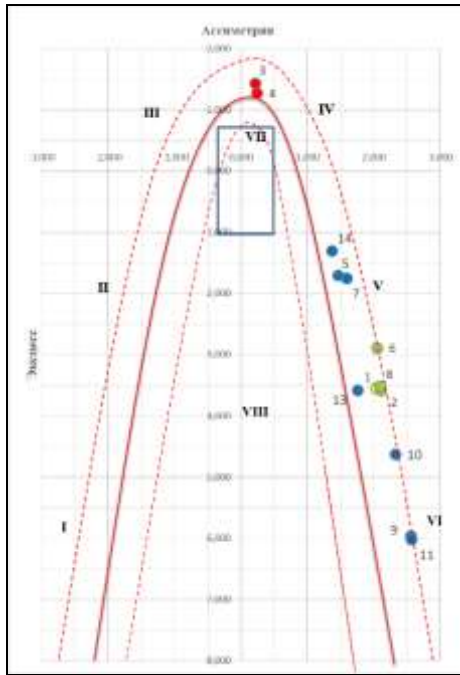


Рис. 2. Генетическая диаграмма Л.Б. Рухина [4] с нанесенными на нее значениями образцов: I – поле песков, отложенных при поступательном движении воды (пески рек и течений); II – поле песков, отложенных при сильных колебательных движениях воды (пески пляжей морских, озерных и речных); III – поле песков, накопившихся на дне морей и других бассейнов при слабых колебательных движениях воды; IV – поле песков золовых.

Анализируя данные, полученные по положению точек на диаграмме Л.Б. Рухина (рис. 2), можно сказать, что образцы под номерами 2, 6 и 8 преимущественно принадлежат к полю песков, отложенных при сильных колебательных движениях воды, к этой же зоне тяготеют образцы под номерами 9, 10 и 11. Образцы под номерами 7, 12, 14 относятся к полю песков, отложенных при поступательном движении воды, к этому же полю тяготеют образцы под номерами 5 и 13. Образцы под номерами 1 и 3 расположены в зоне песков, образованных при слабых колебательных движениях воды.

Из генетической диаграммы Г.Ф. Рожкова видно, что точки 3-4 расположены в зонах с сильными вдольбереговыми морскими течениями, образцы 9, 10 и 11 относятся к фациям, для которых характерен сильный накат волн, все остальные образцы расположены в зоне выхода волн на мелководье.



Обозначения полей:

I – застойные условия седиментации на дне акваторий различных глубин – морские фации; II – донные течения или мутьевые потоки – морские фации; III – слабые, преимущественно речные течения – континентальные речные фации; IV – сильные речные или вдольбереговые течения – континентальные речные или прибрежно-морские фации; V – выход волн на мелководье, сильные вдольбереговые течения, накат волн – прибрежно-морские фации; VI – выход волн на мелководье, сильный накат волн – верхняя половина участка, золовая обработка песков морских пляжей – нижняя половина участка (микрофация береговых дюн); в целом, – фация побережья акваторий вблизи береговой черты; VII – золовая переработка речных осадков – верхняя половина прямоугольника – континентальная фация пустынь, нижняя правая четверть прямоугольника – волновые процессы на мелководье, нейтральная полоса побережья – прибрежно-морская фация; VIII – выход волн на мелководье, мощный накат-прибой – прибрежная фация огромных открытых акваторий

Рис. 3. Положение фигуративных точек асимметрия–эксцесс пласта XМ₂ на генетической диаграмме Г.Ф. Рожкова [4]

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что накопление осадков пласта XМ₂ яронгской свиты на изученном месторождении осуществлялось в пределах мелководного прибрежного шельфа и связано с морскими течениями и волновой переработкой накопившегося осадочного материала.

Литература

1. Астафьев Д.А., Скоробогатов Б.А. Тектонический контроль газонефтеносности полуострова Ямал // Геология нефти и газа, 2006. – № 2. – С. 20– 26.
2. Жидовинов Н. Я., Староверов В.Н. Фациальный анализ: Учебное пособие. – Саратов: Издательский центр «Наука», 2008. – 200 с.
3. Кислухин И.В. Особенности геологического строения и нефтегазоносность юрско-неокомских отложений полуострова Ямал. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 116 с.
4. Рожков Г.Ф., Соловьев Б.С. Результаты систематизации дробных ситовых анализов // Литология и полезные ископаемые, 1974. – №5. – с. 110 – 117.
5. Рухин Л.Б. Гранулометрический метод изучения песков. – Л.: Изд-во ЛГУ. – 1947. – 211 с.
6. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits // Sedimentology, 1969. – V. 13. – N 3 – 4, p. 233 – 252.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗА ВЕРХНЕЮРСКОГО НГК ЮГАНСКО-КОЛТОГОРСКОЙ ЗОНЫ (ХМАО-ЮГРА)

Хохлова Е.В., Лобынцева Ю.А., Галинский К.А.

Научный руководитель старший преподаватель Галинский К.А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Цель исследования – определить условия формирования отложений разреза верхнеюрского НГК в пределах Юганско-Колтогорской зоны (ХМАО-Югра).

Задачи работы – изучить структурно-текстурные и палеонтологические особенности пород васюганской свиты и выявить условия осадконакопления во время формирования группы пластов Ю₁.

Актуальность. Начиная с 2007 года объемы добычи нефти в пределах Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО) – Югры начали постепенно снижаться и за 11 лет добыча нефти сократилась почти на 42 млн. В настоящее время отложения верхней юры и васюганской свиты способствуют стабилизации, а также поддержанию добычи нефти на месторождениях. В последние десятилетия наблюдается тенденция активизации геологоразведочных работ на местности, где верхнеюрские песчаники являются уникальными геологическими объектами.

Научная новизна представленной работы сводится к изучению отложений пластов Ю₁ (по керну) из разных НГО и НГР на большой территории, выявлению их минералогических и структурно-текстурных особенностей и

«проверки» концепции переходного генезиса (паралических фаций) отложений васюганской свиты для выявления наличия полезных ископаемых.

Результаты работы могут способствовать обоснованию и оптимизации последующих геологоразведочных работ по верхнеюрскому НГК в данном районе; последующему выявлению новых залежей, пропущенных ранее при разработке; использованию данного материала на учебных занятиях.

По имеющимся у нас фотографиям керна, отобранного из 20 скважин, вскрывших пласт Ю₁, нами была проведена интерпретация этих отложений, в некоторых случаях с применением ихнофациального анализа.

Прибрежно-морские обстановки осадконакопления, прибрежно-морской комплекс фаций, группа фаций пляжа, верхняя предфронтальная зона пляжа:

Представлены тонко- и тонко-мелкозернистыми, мелко- и средне-мелкозернистыми песчаниками. Текстура по большей части массивная, присутствует слоистость штормовых волн, волнистая слоистость. Кроме того, встречаются различные деформации. Выявлено наличие прослоев со слабой биотурбацией, среди которых *Asterosoma*, *Cylindrichnus*, *Skolithos*, *Palaeophycus* и *Thalassinoides*.

Фация средней предфронтальной зоны пляжа:

Для этой фации характерны мелко-среднезернистые и тонко-мелкозернистые, нередко встречаются алевритисто-глинистые с прослоями мелко-крупнозернистых песчаных алевролитов. По результатам текстурного анализа при макроописании образцов выявлено наличие волнистой текстуры, косой бугорчатой слоистости, высокоинтенсивной биотурбации ходами ихнофации *Skolithos*. Намного реже встречаются ходы ихнофации *Proximal Cruziana* (*Helminthopsis*, *Paleophycus*, *Scolicia*, *Asterosoma*, *Thalassinoides*, *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Planolites* и *Phycosiphon*). Также по результатам исследований выявлены реликты волновой ряби.

Фация нижней предфронтальной зоны пляжа:

Отложения представлены алевролитами, от глинистых до песчаных, песчаниками тонкозернистыми (реже алевритистыми). Встречаются алевролиты, от песчаных до глинистых, в которых присутствуют прослои тонкозернистого алевритового песчаника малой мощности. В описываемых образцах выявлены волнистая слоистость, текстуры биотурбации, а также реликты волновой ряби. Бугорчатая косая слоистость приурочена к песчаным прослоям. В большей степени текстура нарушена биотурбациями в виде ходов илюдов (Ихнофация *Cruziana*). Гораздо реже встречаются ходы ихнофации *Skolithos*.

Группа фаций вдольбереговых баров и барьерных островов, фация вдоль берегового бара:

Образования этой группы фаций представлены такими породами, как песчаники, тонко- и среднезернистые, с прослоями алевропесчаной биотурбированной породы. Говоря о текстурах, следует отметить массивную, косую, пологонаклонную. Кроме того, к выделенным текстурам стоит отнести горизонтальную слоистость, бугорчатую косую слоистость. В породах развиты такие ихнофации, как *Cruziana*, *Skolithos*.

Группа фаций прибрежно-морских, фация забаровая лагуна:

Породы характеризуются непостоянным размеренным переслаиванием алевропесчано-глинистых отложений. В глинистых слоях встречаются обогащенные органические углероды – ихнороды *Planolites*, *Arenicolites*, *Teichichnus*, *Terebellina*, *Scolicia*.

Фация - приморские болота / Марши:

Отложения сложены глинистыми алевролитами до углистых аргиллитов. Нередко встречаются с линзовидно-слоистой текстурой, а также текстуры, в результате деформации. Наблюдается корни растений и углефицированная растительность.

Дельтовый комплекс фаций, группа фаций надводной части дельты, фация дельтового канала:

Фация выражена песчаниками от крупнозернистых (порой и среднезернистых) до тонко-мелкозернистых. Текстуры массивные, что обуславливает высокую скорость седиментации осадка.

Группа фаций морского края дельты, приливно-отливные каналы:

Данная группа фаций сложена песчаниками, чаще мелкозернистыми; выявлено чередование прослоев песчаника и алевролита. Для песчаников текстуры определены, как волнистая, косая и горизонтальная слоистость, также для них характерны ряби течения и восходящие ряби течения.

Приливно-отливные отмели:

В процессе исследования выявлено прослаивание, неритмично волнистое и линзовидно-волнистое, мелкозернистого песчаника и алевролита глинистого иногда до аргиллитов алевритистых, реже – тонколинзовиднослоистых. Имеется волновая рябь. Выделена биотурбация (ихнофация *Skolithos*, также отмечаются *Planolites*, *Arenicolites*).

Группа фаций подводной части дельты, фация - проксимальный конус выноса дельты:

Группу фаций слагают песчаники, от тонкозернистых до средне-мелкозернистых. Присутствуют прослои алевролитов и реже аргиллитов. Структуры определены, как массивные. Реже встречаются малая косая слоистость и бугорчатая косая слоистость. Глинистые прослои нарушены биотурбациями ихнофаций *Skolithos*, *Proximal*, *Cruziana*.

Отложения фации среднего конуса выноса дельты:

Для пород, слагающих фацию, характерно переслаивание песчаника, аргиллита и алевролита. Выявленные в процессе исследования текстуры волнистой слоистости, волновой ряби и бугорчатой косой слоистости. Глинистые пропластки пронизаны ходами *Skolithos*, *Cruziana*, *Proximal*.

Керном охарактеризована фация дистального конуса выноса дельты:

Отложения фации характеризуются алевропесчано-глинистыми породами, где присутствует глинистый и песчаный материал. Выражены текстуры малой косой слоистости волновой ряби, иногда линзовидной слоистости, в прослоях наблюдаются текстуры бугорчатой косой слоистости, часто встречается биотурбация ихнофаций *Distal Cruziana* и *Proximal Cruziana*.

Фация продельты:

Отложения выражены глинистыми и песчаными алевролитами с отдельными прослоями тонкозернистых песчаников. Преобладают деформационные и массивные текстуры. Наблюдается биотурбация ихнофагии *Distal Cruziana (Phycosiphon)*. В породе выделен углефицированный растительный детрит.

Морские обстановки осадконакопления, мелководно-морской комплекс фаций, группа фаций мелководно-морского шельфа:

Фация представлена алевролитами до аргиллитов, часто с линзами и прослойками песчаного материала. Характерны текстуры горизонтальной, в песчаных прослоях встречаются реликты штормовых волн, а также волновой ряби, выражена биотурбация ходами ихнофагии *Distal Cruziana* и *Zoophycos*.

Фации открытого шельфа:

Фация представлена аргиллитами черными, порой алевритистыми. Выделены текстуры: тонкогоризонтальнослоистая, тонколинзовидно-слоистая. Биотурбация ихнофагии *Distal Cruziana (Phycosiphon, Helminthopsis)*. Наблюдаются многочисленные включения пирита.

В ходе изучаемой работы нами были определены условия, построена палеогеографическая карта формирования отложений разреза верхнеюрского НГК в пределах Юганско-Колтогорской зоны (ХМАО-Югра), а также нами изучены структурно-текстурные и палеонтологические особенности пород васюганской свиты; выявлены условия осадконакопления во время формирования группы пластов Ю₁.

Нижняя подсвита васюганской свиты (пласты Ю₁⁴): осадконакопление происходило в основном в морских обстановках. По керну установлены: группа фаций мелководно-морского шельфа, группа фаций подводной дельты, группа фаций пляжа.

Верхняя подсвита васюганской свиты (пласты Ю₁³, Ю₁², Ю₁¹): по керновому материалу диагностируются фации открытого шельфа, мелководно-морского шельфа; широко распространены по всей исследуемой территории фации подводной части дельты – фация дельтового канала, фации проксимального, среднего и дистального конуса выноса дельты, фация продельты; группа фаций морского края дельты – фации приливно-отливного канала и приливно-отливной отмели; прибрежно-морской комплекс фаций сложен фациями верхней, средней и нижней предфронтальной зоны пляжа, фациями вдольбереговых баров, фациями забаровых лагун, приморских болот / маршей.

Литература

1. Вологин С.В., Кудаманов А.И., Скачек К.Г. Реконструкция условий седиментации васюганской свиты в центральной части Западной Сибири (на примере Ватьеганского месторождения) // Геология нефти и газа, 2010. – № 6. – С. 93 – 98.
2. Пинус О.В., Куренко М.И., Шульев Ю.В., Билинчук А.В. Условия осадконакопления песчаных пластов Ю₁ в центральных и юго-восточных районах Западной Сибири // Геология нефти и газа, 2008. – № 2. – С. 34 – 43.
3. Шишлов С.Б. Элементарные литомы сероцветных эпиконтинентальных формаций // Литология и геология горючих ископаемых: Межвуз. науч. темат. сб. – Екатеринбург: УГГУ, 2008. – Вып. II (18). – С. 169 – 183.

**ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КОРЫ
ВЫВЕТРИВАНИЯ СЕЛЬВЕЙКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Черниговская Е.А.

Научный руководитель доцент Краснощекова Л.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На данном этапе технического развития наиболее масштабно на территории Западной Сибири в качестве залежей углеводородов разрабатываются именно верхнеюрские и нижнемеловые песчано-алевритовые отложения. В то же время определение перспективных участков для постановки поисковых работ в доюрском нефтегазоносном комплексе является важной задачей, поскольку «классические» запасы нефти и газа постепенно истощаются, в литературе приведено множество примеров разработки доюрских толщ [1, 8, 9]. Несмотря на сложное неоднородное геологическое строение доюрского комплекса и неопределенность распространения фильтрационно-емкостных свойств по разрезу, а также многие другие проблемы, возникающие в процессе их разработки: повышенный аварийный риск, поглощение бурового раствора, стремительное снижение пластового давления и другие, палеозойские толщ являются перспективными объектами наращивания ресурсной базы, обладающими значительными объемами запасов углеводородов. Коры выветривания наиболее перспективны на открытие промышленных скоплений углеводородного сырья, так как ассоциируются с приподнятыми блоками фундамента, ловушки имеют гидродинамическую связь с горизонтами триасового и нижнеюрского комплексов [10].

Коры выветривания представляют собой доюрские отложения, претерпевшие с момента формирования и до настоящего времени ряд преобразований вторичными процессами, в конечном итоге ведущими к формированию пород-коллекторов по всем доюрским отложениям. Глинисто-кремнистые коры выветривания включают в себя: кремнеаргиллиты с радиоляриями, известняки окварцованные со спонголитами, туфогенно-глинистые отложения с прослоями известняков. Согласно [5], суть формирования пород-коллекторов из таких отложений в том, что из них выносятся весь биогенный кварц (радиолярии, спикулы губок) и весь биогенный кальцит (раковины планктона) и порода представляет собой агрегат кремнисто-глинистого состава с мелкими порами, сформированными на месте существовавших ранее раковин мелкого планктона.

Глинисто-кремнистые коры выветривания обладают хорошими коллекторскими свойствами. Характер распространения коры выветривания на территории района исследований является ключевым при оценке перспектив

нефтегазоносности горизонтов зоны контакта. При этом необходимо иметь информацию, как о составе, так и о зрелости коры выветривания. Зрелость указывает на процессы глубокого выветривания, последующего образования пор и трещин и соответственно на высокую вероятность содержания углеводородов [4].



Рис. 1. Обзорная схема территории исследований [2]: 1 – месторождение УВ; 2 – контур тектонического элемента II-го порядка платформенного чехла; 3 – речная сеть; 4 – сейсмоизописа (кровля доюрских отложений); 5 – тектоническое нарушение; 6 – Сельвейкинская площадь

В настоящей работе ставится задача определения вероятности нефтематеринского потенциала доюрских отложений Сельвейкинской площади с помощью петрохимических расчетов. Сельвейкинское месторождение в тектоническом плане приурочено к Сельвейкинскому локальному поднятию в зоне сочленения Пудинского мезоподнятия и Чузикско-Чижапской мезоседловины [6] (рис. 1, а). Глубокое поисковое бурение скважин на месторождении вскрыло образование доюрского фундамента (рис. 1, б). В кровле доюрского комплекса залегает кора выветривания, представленная брекчированными глинистыми породами, песчаниками белыми и серыми выветрелыми, перемьятыми. Ниже разрез сложен известняками темно-серыми, черными неравномерно глинистыми, участками комковатыми, с многочисленными неориентированными трещинами, залеченными кальцитом. В известняках встречаются прослойки черных аргиллитов и серых, голубовато-серых плотных крепких песчаников [2].

В настоящее время получен новый материал, позволяющий провести дополнительные исследования месторождения. Автором работы петрографически изучались 120 шлифов пород, отобранных из скважины X Сельвейкинского месторождения в интервале глубин от 2790,00 до 3100,50 м. Изученные породы скважины представлены брекчированными и метасоматически измененными глинисто-кремнистыми породами.

Петрографический анализ шлифов проводился на поляризационном микроскопе Olympus VX43 F. Петрохимические параметры пород – петрохимические модули – определялись по данным рентгеноспектрального (РСА) и рентгенофлуоресцентного (РФА) анализов (99) и рассчитывались по методике [3, 7, 11]. Далее сопоставлялись интервалы разреза скважины, выделяемые по петрохимическим модулям (привнос и вынос компонентов) с различными интервалами, выделяемыми по литологии и по фильтрационно-емкостным свойствам пород.

По керну и шлифам четко выделяются две зоны: 1 – верхняя часть разреза (интервал 2790,00-2970,00 м) – зона обломочных пород, сформировавшихся за счет разрушения коры выветривания: образцы раздробленные, в отдельных участках – рыхлые, ближе к границе со вторым типом отложений отмечается карбонатизация, цвет пород в основном серый, темно-серый; 2 – нижняя часть разреза (интервал 2970,00 – 3100,50 м) – зона выщелачивания первичных глинисто-кремнистых пород, в которой проявлена интенсивно пористость за счет растворения и выноса кремнистого материала биогенного происхождения, трещиноватость, в отдельных участках отмечается развитие метасоматических минералов: халцедона, каолинита, сидерита, кальцита, гидрослюд и гидроксидов железа. Породы этой зоны в основном светлые с желтоватым оттенком. Заметны также проявления битумоидов.

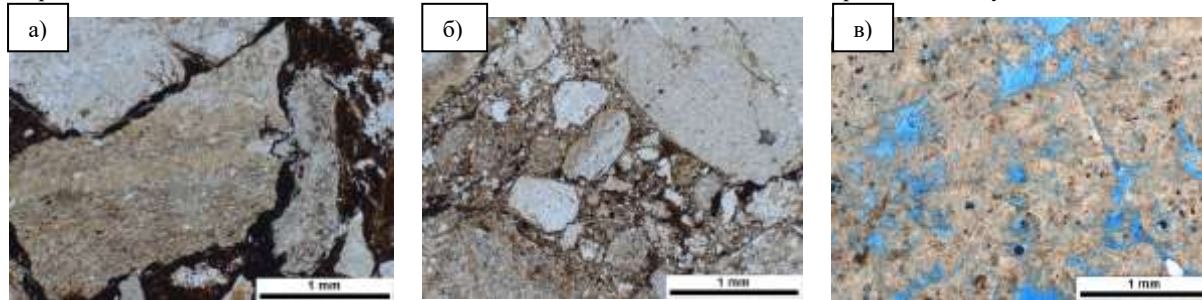


Рис. 2. Особенности вещественного состава и строения пород Сельвейкинской площади (скв. X): а), б) – породы верхней части разреза; в) – породы нижней части разреза

По геохимическим данным рассчитывались петрохимические модули: гидролизатный, алюмокремниевый, фемический, титановый, натриевый, калиевый, щелочной, модуль общей нормативной щелочности, железный и плагиоклазовый модуль, но для решения поставленного вопроса наиболее рабочими являются гидролизатный, алюмокремниевый модули и общая нормативная щелочность.

Отмечается, что в процессе выветривания происходит вынос SiO_2 и Na_2O и накопление Al_2O_3 ; поэтому величина модулей $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$ по мере выветривания должна расти и, соответственно, числовые значения этих модулей могут служить мерой «химической зрелости» осадка.

Однако по указанным геохимическим параметрам наблюдается иной характер распределения химических компонентов, значение модулей по глубине уменьшаются ближе к нижней части разреза, алюминий выносятся и достигает своего минимума на глубине 2954,00 м.

В целом, анализ петрохимических материалов свидетельствует о том, что, начиная примерно с глубины 2970,00 м, происходит вынос Na_2O и K_2O , и показатели общей нормативной щелочности уменьшаются по направлению к нижней части разреза. Поскольку дисперсия показателей общей нормативной щелочности не так велика, что часто характерно для существенно кремнистых пород, то дополнительно по глубине было рассмотрено изменение суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$), значения которой также уменьшаются с глубины 2970,00 м. Данный факт может указывать на наличие гипощелочных пород и формирование зоны выщелачивания.

Гидролизатный модуль ($\text{ГМ} = (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MnO}) / \text{SiO}_2$), основанный на содержаниях пяти главных петрогенных оксидов и являющийся универсальным для большинства терригенных и кремнистых пород, показывает, что в целом рассматриваемые породы принадлежат к типу силитов – существенно кремнистых и претерпевших глубокое выветривание пород. В первой (вышележащей) зоне изучаемого разреза преимущественно распространены нормосилиты (0,11-0,20), во второй – суперсилиты (0,06-0,10), что еще раз подчёркивает более высокую зрелость нижней зоны.

Чем выше значение гидролизатного модуля, тем более сильное и глубокое выветривание претерпели исходные породы источников сноса, и, чем ниже его значение, тем «чище» осадок от продуктов выветривания, т.е. выше зрелость породы. Это находит свое отражение в значениях алюмокремниевых модуля ($\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$), являющегося уточняющим параметром. По средним показателям Fe_2O_3 заметно, что на глубине 2938 м (зона предполагаемого выщелачивания) идет накопление железистого материала, что характерно для кор выветривания. Своего максимума Fe_2O_3 достигает на глубине 2952,00 м.

Фильтрационно-емкостные свойства резко возрастают в интервале глубин 2925,00-2943,00 м, отражая тем самым увеличение количества пор и трещин.

В данном случае остается непонятным отклонение показателей $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ и $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$. Вместо накопления Al_2O_3 наблюдается его вынос, что требует дальнейших исследований. По мнению [7], не стоит использовать гидролизатный модуль в единичном рассмотрении, так как из-за непропорциональных, а главное, неизвестных изменений первичного содержания основных породообразующих компонентов он не может быть использован как показатель степени зрелости глинистых пород.

Вместе с тем, комплексное изучение петрографических, петрохимических и геохимических материалов позволяет уточнить особенности распространения углеводородов в кремнисто-глинистых корах выветривания. Таким образом, петрохимические модули имеют место быть при прогнозировании нефтепроявлений.

Литература

1. Гаврилов В.П., Гулев В.Л., Киреев Ф.А. Гранитоидные коллекторы и нефтегазоносность южного шельфа Вьетнама, – М.: ООО «Издательский дом Недр», 2010. – 294 с.
2. Галиева М.Ф. Алеева А.О., Исаев В.И. Очаги генерации углеводородов и их аккумуляция в доюрском разрезе Сельвейкинской площади глубокого бурения (Томская область) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2020. – Т. 15. – №3 – С. 3–10.
3. Интерпретация геохимических данных / Е.В. Скляров, Д.П. Гладкочуб, Т.В. Донская и др.; под. ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
4. Канакова К.И., Губин И.А. Модель геологического строения и прогноз нефтегазоносности палеозойских отложений Останинской, Северо-Останинской площадей // Геологическое строение нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – 553.98. – С. 26–38.
5. Ковешников А.Е., Недолико Н.М. Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Изв. Томского политехнического университета. Геология и полезные ископаемые, 2011. – С. 77–81.
6. Конторович В.А. Сейсмогеологические критерии нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири (на примере Чузукско-Чижапской зоны нефтегазоаккумуляции) // Геология и геофизика, 2007. – Т. 48. – № 5. – С. 538–547.
7. Литогеохимия терригенных ассоциаций южных впадин Предуралья прогиба [Текст] / А.В. Маслов, Г.А. Мизенс, Л.В. Бадида и др.; под. ред. А.В. Маслова. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2015. – 308 с.
8. Нгуен М.Х., Горюнов Е.Ю. Закономерности строения месторождений нефти и газа в фундаменте Кылуонгского бассейна (Вьетнам) // Экспозиция Нефть Газ, 2018. – №4. – С. 18–22.
9. Поисковые критерии нефтегазоносности фундамента Западной Сибири / Е.Ю. Горюнов, Р.А. Мамедов, М.Х. Нгуен, С.А. Мамедова // Экспозиция нефть и газ. – 2019 – 5(72). – С. 16 – 19.
10. Специализированный журнал Бурение и нефть [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://burneft.ru/archive/issues/2021-01/46>.
11. Юдович Я.Э., Беляев А.А., Кетрис М.П. Геохимия и рудогенез черных сланцев; под. ред. Я.Э. Юдовича – СПб.: Наука, 1998. – 366 с.

**КЛАССИФИКАЦИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ТИПУ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «FLOW ZONE INDICATOR»**

Ширинкин Д.О., Ожгибесов Е.С., Кочнев А.А.

Научный руководитель доцент Кривошеков С.Н.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Восточно-Ламбейшорское нефтяное месторождение характеризуется неравномерным распределением добычи нефти по площади и разрезу, и на это распределение во многом оказывает влияние тип пустотного пространства коллекторов, поскольку в коллекторах порового, кавернозного и трещиноватого типов фильтрация флюида протекает по-разному. Получение разных петрофизических зависимостей проницаемость-пористость для разных типов пустотного пространства и использование их в гидродинамической модели позволит наиболее точно настроить ее и адаптировать и, как следствие, получить наиболее качественную модель фильтрации флюидов в резервуаре месторождения.

В ходе работы были проанализированы результаты лабораторных исследований образцов керна, отобранного в ходе бурения скважин на Восточно-Ламбейшорской площади в количестве 3169 штук.

Цель работы заключается в классификации образцов керна по типу пустотного пространства с применением методики «Flow zone indicator» (FZI), описанной Р.В.М. Corbett в работе [1]. Суть метода сводится к определению отношения проницаемости образца керна к его открытой пористости по формуле, представленной ниже:

$$FZI = \frac{0,0314 \sqrt{k}}{\frac{\phi}{1-\alpha}}$$

где « k » – коэффициент абсолютной проницаемости, мД; « ϕ » – коэффициент открытой пористости, д. ед., определенные в ходе лабораторных исследований образцов керна.

Таким образом, для образцов керна одновременно с низкой пористостью и большой проницаемостью присваивается высокое значение FZI и наоборот. Определив значения FZI для всех образцов керна, были получены их граничные значения для классификации на 5 групп, соответствующих типам пустотного пространства, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Определение типов пустотного пространства, согласно расчетам FZI

Тип пустотного пространства	Процентиль	FZI (керна, все образцы)	FZI (керна, только коллектор)	Процентиль пористости (только коллектор), д.ед	Процентиль проницаемости (только коллектор), д. ед	FZI (процентиль, только коллектор)
Кавернозный	0,20	1,161	1,170	0,039	0,280	0,564
Порово-кавернозный	0,40	2,153	2,284	0,053	1,320	1,854
Поровый	0,60	4,200	4,800	0,069	5,075	5,555
Трещинно-поровый	0,80	8,785	10,986	0,095	31,186	22,211
Трещинный	1,00	684,847	684,847	0,296	18143,010	17943,195

Далее были построены графики зависимости проницаемости от пористости по всем образцам керна и по типам пустотного пространства, представленные на рисунках 1 и 2.

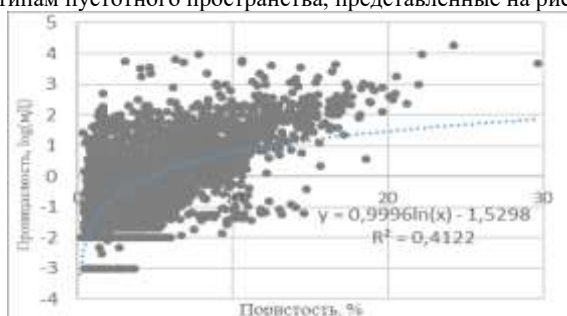


Рис. 1. Зависимость проницаемости от пористости по всем образцам керна

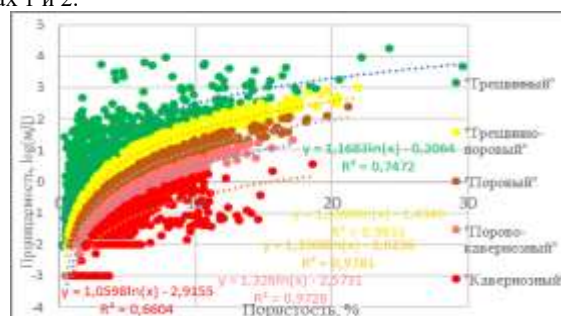


Рис. 2. Зависимость проницаемости от пористости по всем образцам керна по типам пустотного пространства, классификация по FZI

Из рисунка 1 видно, что петрофизическая зависимость проницаемость-пористость, определенная стандартным способом, характеризуется большой дисперсией и мало пригодна для непосредственного использования в геолого-гидродинамической модели. По рисунку 2 можно заметить, что, проклассифицировав образцы керна по FZI на разные типы пустотного пространства, были получены более тесные зависимости

проницаемость-пористость, о чем свидетельствуют более высокие значения коэффициентов детерминации для каждого из классов.

Далее из выборки были исключены образцы ядра со значениями пористости и проницаемости одновременно меньше 3,6 % и 0,6 мД соответственно, определенные как неколлектор. Таким образом, остались только те интервалы, где в пласте действительно возможна фильтрация флюида, после чего по сформированной выборке определены новые граничные значения по FZI для типов пустотного пространства, которые представлены в таблице 1.

На рисунке 3 приведен график зависимости проницаемость-пористость только по образцам, которые можно отнести к коллектору. На рисунке 3 можно видеть, что существенно лучше дифференцированы центральные типы пустотного пространства, о чем свидетельствуют коэффициенты детерминации, равные 0,90-0,93 д. ед., и прослеживается проблема классификации кавернозного и трещинного типов, о чем свидетельствуют коэффициенты детерминации 0,36 д. ед. и 0,62 д. ед. соответственно, также в данных типах визуально прослеживается внутренняя дифференциация (на рисунке отмечено серыми овалами). Для решения этой проблемы был использован новый способ определения граничных значений по FZI.

По новой методике граничные значения были определены опосредованно, а именно, значения FZI для 20 % были рассчитаны по процентилям 80% и 20 % пористости и проницаемости соответственно и т.д. для каждого из типов. Результаты классификации по новым граничным значениям представлены на рисунке 4, на котором можно видеть, что кавернозный и трещинный типы выделены ближе к внутренней дифференциации, о которой было сказано ранее. Также о том, что новая классификация качественнее, свидетельствуют более высокие коэффициенты детерминации: 0,58 д. ед. и 0,72 д. ед.

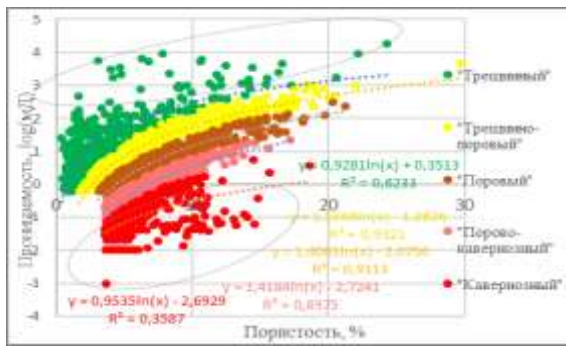


Рис. 3. Зависимость проницаемости от пористости по образцам ядра по типам пустотного пространства, классификация по FZI, только коллектор

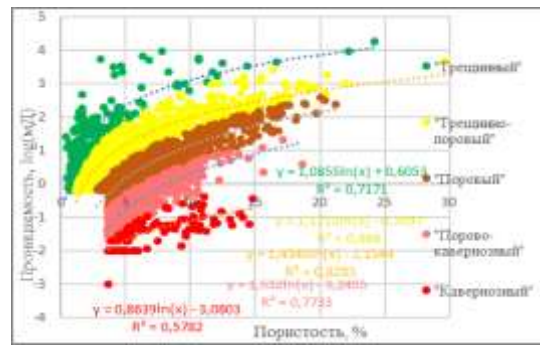


Рис. 4. Зависимость проницаемости от пористости по образцам ядра по типам пустотного пространства, классификация по процентилям пористости и проницаемости, только коллектор

В подтверждение теории более лучшей дифференциации по новой классификации были рассмотрены t-критерии Стьюдента, представленные на таблице 2.

Таблица 2

Сравнение классификаций по t-критерию Стьюдента

		Кавернозный	Порово-кавернозный	Поровый	Трещинно-поровый	Трещинный
Классификация по FZI	t-критерий* (проницаемость)		<u>11,76</u> <10 ⁻⁵	<u>9,12</u> <10 ⁻⁵	<u>5,13</u> <10 ⁻⁵	<u>3,52</u> 0,00046
	t-критерий (пористость)		<u>4,05</u> 0,00006	<u>4,83</u> <10 ⁻⁵	0,32 0,75	<u>13,77</u> <10 ⁻⁵
Классификация по процентилям пористости и проницаемости	t-критерий (проницаемость)		<u>5,08</u> <10 ⁻⁵	<u>10,42</u> <10 ⁻⁵	<u>7,18</u> <10 ⁻⁵	<u>4,62</u> <10 ⁻⁵
	t-критерий (пористость)		<u>2,92</u> 0,0036	<u>9,19</u> <10 ⁻⁵	<u>4,59</u> <10 ⁻⁵	<u>11,33</u> <10 ⁻⁵

*Под линией приведен достигаемый уровень значимости p.

Как мы можем видеть в таблице 2, большинство значений t-критериев выше именно для классификации по процентилям, что также свидетельствует о более высоком качестве дифференциации.

Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (номер гранта НШ-1010.2022.1.5).

Литература

1. Corbett, P. & Potter, D. Petrotyping: A basemap and atlas for navigating through permeability and porosity data for reservoir comparison and permeability prediction. International Symposium of the Society of Core Analysts. Arab Emirates, 5 – 9 Sep, 2004. – 12 pp.

С Е К Ц И Я 5

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

И «В ГЛУБЬ», И «В ШИРЬ» (О ПРИРОСТЕ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Исаев В.И., Крутенко М.Ф.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

«Надежды в тумане»

В Западной Сибири сосредоточена половина прогнозных ресурсов нефти РФ категории Д1, т.е. ресурсов на территориях с доказанной нефтеносностью. Поэтому Западная Сибирь остается основной базой нефтедобычи России.

Но запасы нефти иссякают, а их прирост не превышает объемы добычи. По газу темп истощения запасов за последние три года ускорился вдвое [5]. Для поддержания добычи до 2035 года нужно прирастить запасы, главным образом на малоизученных территориях, не менее чем на 10 миллиардов тонн.

Актуальным направлением нефтедобывающей отрасли Западной Сибири становится существенный прирост запасов и, соответственно, предотвращение снижения добычи углеводородов. Обсуждаются два направления – и «в глубину», и «в ширь». Ко второму направлению относится и арктический шельф, освоение которого, в силу санкционных причин, однозначно откладывается, как минимум, на 5 лет. В этом же ряду стоит проблема повышения коэффициента нефтеотдачи – КИН. Но здесь та же ситуация, что и с освоением шельфа. И с этими эффективными методами та же проблема – под санкции попало импортное оборудование для вскрытия сложных пластов.

Распределенный фонд недр не предполагает открытия крупных месторождений, а нераспределенный – весьма непривлекательный для недропользователей. А если «в глубину»? Необходимо активно вовлекать в разработку трудноизвлекаемые запасы нефти (ТРИЗ), в частности потенциально богатые залежи в образованиях доюрского комплекса (ДЮК), к которому приурочены скопления с начальными геологическими запасами нефти всех категорий порядка 0,5-1,0 млрд. т. Полагается, что для юго-востока Западной Сибири (Томская область) освоением образований ДЮК ежегодно можно добывать, начиная с 2025 года, до 1,3 млн т нефти из числа ТРИЗ. Ожидается, что в перспективе палеозойские залежи обеспечат до половины всей областной нефтедобычи [5].

В 2017 году при поддержке администрации Томской области был заявлен первый проект от ООО «Газпромнефть-Восток» по разработке технологий поисков углеводородного сырья из доюрских отложений Томской области [2, 8]. Для данной территории это не случайно, поскольку большая часть запада Томской области представлена Нюрольской структурно-фациальной зоной (СФЗ) по палеозою. Фациальный профиль девонской системы Нюрольской СФЗ отличается от отложений девона соседних структурно-фациальных зон преобладанием морских отложений, характеризуется наличием в разрезе свит преимущественно карбонатного состава, относимые к рифогенно-аккумулятивному типу осадконакопления, и, соответственно, благоприятные для формирования резервуаров. Поэтому главные надежды администрации Томской области связаны с освоением палеозоя. Специалистами областного департамента прогнозные ресурсы томского палеозоя оцениваются по-разному, до нескольких десятков миллиардов тонн жидких углеводородов (УВ).

До этого, еще в 2014 году, Томская область и Министерство природных ресурсов РФ подписали договор по созданию полигона для отработки технологий поисков и добычи ТРИЗ. Сейчас решаются вопросы, связанные с правовым статусом будущего полигона. «Но полигон – уже следующий этап, сначала надо создать технологии, которые там будут испытываться» [2]. Для разработки технологий в ПАО «Газпромнефть» было принято решение о создании специальных групп с участием работников НТЦ «Газпром нефть», специалистов из профильных дирекций и добывающих предприятий холдинга, а также инновационных университетов и научных центров [8]. В 2018 г. губернатором Томской области поддержан инвестиционный проект «ПАЛЕОЗОЙ», предполагающий сотрудничество компаний-инвесторов и томского научного сообщества по разработке технологий поисков потенциально продуктивных объектов в отложениях доюрского комплекса. Инвестором выступило дочернее общество ПАО «Газпром нефть» – ООО «Газпромнефть-Восток», имеющее лицензию на право пользования недрами Парабельского участка Томской области.

Часть научного сопровождения взяли на себя ученые Томского политехнического университета. Эти исследовательские работы касались вопросов тектоники, методов потенциальных полей и геохимии. По сообщению ИА Neftgaz.ru [6] договор о проведении исследований по «ПАЛЕОЗОЮ» подписали ректор Томского политехнического университета П. Чубик и генеральный директор ООО «Газпромнефть-Восток» В. Мисник. Работы ограничивались 2022 годом. Договором первоочередным объектом исследований определена Нюрольская структурно-фациальная зона с последующим расширением работ на всю территорию Томской области.

Некоторые результаты

Некоторые итоги исследовательских работ отражены в материалах Всероссийской научной конференции «Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа – XXI Век» (под эгидой Минобрнауки РФ, РАН, СО РАН, Научного совета РАН по проблемам геологии и разработки месторождений нефти, газа и угля, ИНГГ СО РАН, НГУ), посвященной 150-летию академика АН СССР И.М. Губкина и 110-летию академика АН СССР и РАН А.А. Трофимука (Новосибирск, 14–15 сентября 2021 г.) В материалах конференции, в подсекции 2, «Поиски и разведка нефти и газа» приведен доклад, в котором установлены и рекомендованы геофизические и петрофизические характеристики юрского разреза как прогностические показатели для поисковой оценки нефтегазоносности доюрского (палеозойского) разреза [1]. Серьезный отзыв этому докладу дан академиком А.Э. Конторовичем: «методика требует проверки».

В качестве обоснования прогностических показателей поисков палеозойских залежей УВ сформулирована и апробирована на представительном материале гипотеза аномальности петрофизических характеристик транзитных пластов – уникальности «отражения» залежей палеозоя в геофизических параметрах перекрывающего мезозойско-кайнозойского разреза. Как вследствие возможной восходящей, так и нисходящей миграции химически агрессивной смеси УВ-флюидов происходят процессы наложенного эпигенеза, в результате которых горные породы испытывают вторичные преобразования, включая карбонатизацию, фиксируемую каротажом транзитных пластов. В первом случае палеозойские отложения рассматриваются как нефтеаккумулирующий комплекс с высоким самостоятельным нефтегенерационным потенциалом, приводящий к восходящей миграции УВ-флюидов. Во втором – посредством геохимической корреляции состава нефтей и битумоидов нефтематеринских пород, изотопного состава углерода и ЯМР-спектров нефтей выявляется нисходящая направленность вертикальной межпластовой миграции углеводородов из юрских свит в доюрский комплекс.

О проблеме «главного источника» палеозойской нефти

Таким образом, о направлении вертикальной миграции углеводородных флюидов, а, следовательно, о концепции «главного источника» палеозойской нефти высказываются и обосновываются два варианта, рассматриваемые, не редко, как ортодоксально альтернативные.

Как видим, вариантный выбор фактического материала и применение различных методов их интерпретации приводит к высказыванию и обоснованию двух основных концепций «главного источника» палеозойской нефти. По первой концепции, на основе биомаркерного анализа нефтей, палеозойские отложения рассматриваются как нефтеаккумулирующий комплекс с собственными материнскими толщами, обуславливающими восходящую миграцию углеводородных флюидов. По второй концепции, основанной на корреляции нефтей палеозойских залежей и битумоидов юрских материнских пород, осуществляется нисходящая межпластовая миграция УВ из юрских толщ в доюрские образования.

Исследованиями Крутенко М.Ф. [3] ставится следующая задача: на базе палеотемпературного моделирования очагов генерации палеозойско-мезозойских нефтематеринских формаций определить вероятные источники палеозойских залежей углеводородов (на примере юго-востока Западной Сибири).

Предмет анализа выбран в соответствии с концепцией о геотермическом режиме недр как о ведущем факторе реализации генерационного потенциала материнских отложений. Ожидаемые результаты – численная аргументация решения проблемы генезиса «палеозойской нефти» как критерия поисковых зон на доюрские залежи углеводородов.

«В ширь» – новые нефтегазоносные районы

Левобережье реки Оби хорошо изучено и представляет собой распределенный фонд, а «ширь» – это нераспределенный фонд, недоизученное правобережье. Недропользователь не желает там рисковать своими деньгами, государство тоже на этом экономит. Но рано или поздно (когда добыча упадет до критического уровня рентабельности) нефтяные компании вынуждены будут осваивать новые территории, если их не опередит государство. Уже сейчас на правобережье выявлен ряд перспективных участков для поискового бурения [4].

Вместе с тем известно, что корректно восстановить плотность глубинного теплового потока Земли, особенно на границе фундамента и осадочного чехла – один из непростых, проблемных этапов моделирования.

В связи с этим на юго-востоке и северо-востоке Западной Сибири, в пределах крупных зон нефтенакопления, выполнено картирование плотности теплового потока кровли фундамента. Карта с сечением изолиний 2 мВт/м² получена интерполяцией расчетных значений для разрезов более 300 глубоких скважин.

Таким образом, решена известная доля научной проблемы теоретического и экспериментального изучения термодинамики верхней части палеозоя. А именно, полученное дискретное распределение (по скважинам) и карта значений теплового потока из доюрского фундамента могут служить «каркасной основой» корректного бассейнового моделирования.

До сих пор нет однозначной оценки влияния факторов на тепловое поле кровли фундамента. Полученные результаты по изучению природы вариаций теплового потока не являются исчерпывающими. Работа Крутенко Д.С. продолжает исследование природы вариаций теплового потока кровли фундамента и посвящена оценке возможного влияния на тепловое поле вещественного состава доюрского основания.

О проблеме «декарбонизации»

Россия в 2019 г. приняла Парижские соглашения по климату. И есть мнения, что декарбонизация нефтегазовой отрасли РФ неизбежна. Поэтому, вероятно, будет к месту упомянуть оценки участников конференции И.М. Губкина – А.А. Трофимука, в связи с так называемой «декарбонизацией». На пленарном

заседании д. г.-м. н. Брехунцов А.М. высказал озабоченность о своевременном расселении работников нефтегазового комплекса Сургута и Нижневартовска, в связи с предстоящим сокращением и ликвидацией Западно-Сибирского нефтяного центра. В свою очередь, акад. Конторович А.Э. дал прогноз последствий «декарбонизации», последствий, которые соизмеримы с горбачевской перестройкой. Позиция ученых и геологов Республики Татарстан сводится к интенсивному развитию карбоновых полигонов «Карбон-Поволжье» как центра сбора данных, которые в дальнейшем могут быть интегрированы в общую модель эмиссии и стоков парниковых газов [7]. В то же время ставится стратегическая задача на ближайшие 20-30 лет обеспечить страну конкурентными на мировом рынке углеводородами, которые необходимо добывать экономично, экологично, с низким углеродным «следом».

Литература

1. Алеева А.О., Исаев В.И., Лобова Г.А. Сравнительная геофизическая и петрофизическая характеристика юрских отложений как прогнозно-поисковый признак доюрских залежей углеводородов (Томская область). Новые вызовы фундаментальной и прикладной геологии нефти и газа – XXI век: Материалы Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых, посв. 150-летию акад. АН СССР И. М. Губкина и 110-летию акад. АН СССР и РАН А. А. Трофимука. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2021. С. 144-147.
2. Карташов И. Палеозой может стать брендом области. Недр и ТЭК^{плюс} Сибири. 2021. № 7. С. 14-16.
3. Крутенко Д.С. Распределение плотности теплового потока и вещественного состава палеозойского фундамента (запад Томской области) – настоящий сборник.
4. Меренкова А.С. Карта плотности теплового потока востока Томской области – настоящий сборник.
5. Надежды в тумане. Перспективы стабилизации нефтяной отрасли оценивают осторожнее, чем раньше. Недр и ТЭК^{плюс} Сибири. 2021. № 7. С. 11-13.
6. Новостная лента ИА Neftegaz.ru от 05 марта 2018 г. URL: <https://neftgaz.ru/news/view/169610> (обращение 28.05.2018).
7. Нурғалиев Д.К., Селивановская С.Ю., Кожевникова М.В., Галицкая П.Ю. Некоторые вызовы и возможности для России и регионов в плане глобального тренда декарбонизации // Георесурсы. – 2021. – 23(3). – С. 8–16.
8. Проектная революция. Интервью с генеральным директором ПАО «Газпром нефть» М.М. Хасановым. Газпром. 2018. № 3. С. 20-26.

АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

Бейсекеев Е.Ш.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На урановорудных месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа преобладающей технологией рудоизвлечения является подземное скважинное выщелачивание. Данная технология получила широкое распространение на территории стран СНГ благодаря ряду преимуществ, включая низкую себестоимость и экологическую безопасность, относительно традиционного, открытого способа добычи.

Однако, подземное скважинное выщелачивание имеет и определенные нюансы, к числу которых можно отнести необходимость оценки динамики растекания технологических растворов в рудовмещающей толще и изменения породы при определенных сложностях организации геофизических исследований скважин. Кроме того, специфика вскрытия руды и ее извлечения при подземно-скважинном выщелачивании усложняет получение керна, которое, как правило, возможно, произвести только на наблюдательных скважинах. А между тем, в условиях подземной добычи на пластово-инфильтрационных месторождениях, неверная оценка динамики и масштабов растекания технологических растворов чревата снижением коэффициента рудоизвлечения, и, как следствие – общей рентабельности производства [4].

Применение геофизических методов исследования скважин в условиях подземного скважинного выщелачивания, является наиболее полным источником информации для мониторинга движения жидкости в продуктивной толще. В числе данных методов, особенно эффективен метод индукционного каротажного зондирования. Данный метод, основанный на получении информации об электропроводности породы, имеет ряд неоспоримых преимуществ, и в первую очередь это возможность мониторинга изменения фильтрационных свойств, за счет изменения электропроводности пород, охваченных выщелачиванием [1].

В то же время, как и при применении любого другого геофизического метода, в данном случае важным является проведение индукционного каротажного зондирования с той периодичностью, которая позволяет получить достоверную картину динамики движения технологических растворов без существенного повышения эксплуатационных расходов.

Поэтому, организация оптимальной схемы мониторинга процесса выщелачивания с использованием индукционного каротажа имеет важное как промышленное, так и экономическое значение.

Нами был разработан алгоритм определения оптимальной рабочей частоты и периодичности проведения индукционного каротажа на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа. Данный алгоритм позволяет упорядочить как процесс контроля растекания растворов, так и соответствующие эксплуатационные затраты за счет точечного и целенаправленного использования аппаратуры с необходимой периодичностью. Разработанный алгоритм опирается на анализ эмпирических данных о скорости выщелачивания на пластово-инфильтрационных месторождениях урана Шу-Сарысуйской урановорудной

провинции – Инкай и Моинкум, которые характеризуются широким разбросом текстурно-структурных свойств рудовмещающих пород [2, 3].

Периодичность применения индукционного каротажа на данный момент оставляется на усмотрение управляющей компании, и существующие технические нормативы носят общий рекомендательный характер. Минимальная периодичность – до закисления, после закисления и на этапе ликвидации технологического блока. Рекомендуемая оптимальная периодичность – раз в три месяца, представляется достаточно сложно выполнимой и весьма затратной в условиях требуемой непрерывности процесса подземного выщелачивания [5].

При разработке алгоритма определения периодичности индукционного каротажа, мы опирались на потребности в отслеживании динамики техногенного изменения петрофизических, петрохимических и гидрологических характеристик вскрытого рудного тела. Следовательно, полагаем, что требуемая периодичность, определяется как исходными геофизическими, петрофизикохимическими и гидрогеологическими условиями, так и особенностями режима выщелачивания. Разработанный способ определения оптимальной периодичности опирается на следующие показатели:

- на петрохимические свойства продуктивной толщи, в частности – на исходный уровень pH, который оказывает непосредственное влияние на скорость перехода растворенного урана в сорбционную стадию;
- на параметры режима выщелачивания: скорость фильтрации, термобарический режим, концентрацию и вязкость раствора.

Рекомендуемая периодичность проведения индукционного каротажа опирается на скорость выщелачивания, которая пропорциональна концентрации раствора и скорости перехода минерала из твердой фазы в сорбционную при различных pH среды, охваченной выщелачиванием [7].

Следует отметить, что рекомендуемая периодичность применения индукционного каротажа может быть скорректирована в зависимости от стадии разработки месторождения. На поздней и зрелой стадии разработки скорость реакции будет падать, что особенно важно учитывать при невысокой концентрации раствора [6].

Алгоритм предполагает допущение о диффузном характере массопереноса и относительной стационарности давления и температур, поддерживаемых технологическим оборудованием в процессе рудоизвлечения. Кроме того, скорость выщелачивания определяется скоростью диффузного массопереноса в большей степени, нежели скоростью химической реакции, уравнение скорости выщелачивания имеет следующий вид:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{DFdc}{d} \quad (1)$$

где:

$\left(\frac{dN}{dt}\right)$ – количество продифундированного раствора;

D – коэффициент диффузии;

F – площадь фильтрации;

d – толщина диффузного слоя;

C – концентрация раствора.

Скорость выщелачивания прямо пропорциональна температуре и обратна пропорциональна вязкости раствора, а количество продифундированного раствора равно коэффициенту фильтрации [7, с.134-135]. Соответственно, уравнение скорости выщелачивания принимает вид:

$$v = \frac{DFdc}{d} \quad (2)$$

где:

v – скорость массопереноса.

На основании расчета по приведенным выше формулам, далее, согласно разработанному нами алгоритму, периодичность проведения индукционного каротажа определяется по представленной ниже схеме.

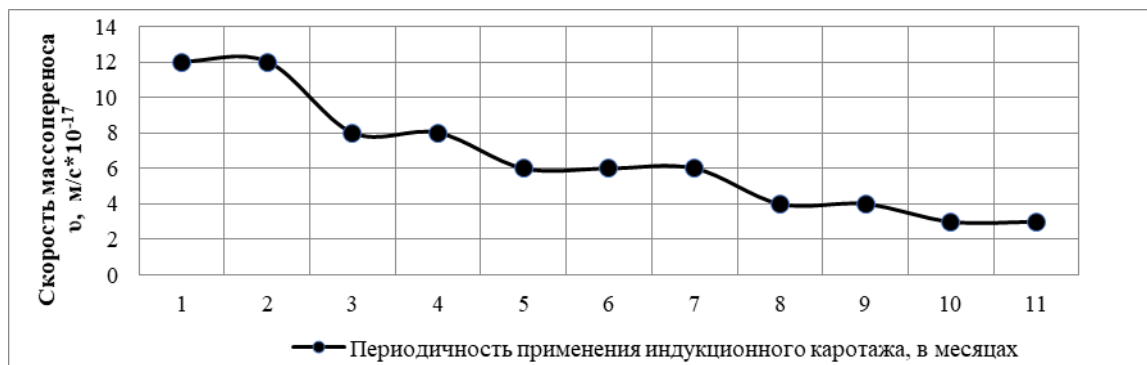


Рис. Определение периодичности применения индукционного каротажа в зависимости от скорости массопереноса в процессе выщелачивания урана

Таким образом, предложенный алгоритм определения периодичности применения индукционного каротажа для мониторинга движения технологических растворов позволяет учитывать специфические условия режима выщелачивания, обеспечивая возможность оптимизации данного процесса с точки зрения технико-экономической целесообразности.

Литература

1. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС [Текст]: учебное пособие / Пермский Государственный Технологический Университет; сост. В.Н. Косков; сост. Б.В. Косков – Пермь: Изд-во Перм. Гос.тех. ун-та, 2007. – 317 с.
2. Данные по комплексному геофизическому исследованию скважинного фонда месторождения Инкай [Текст] / КазАтомпром, 2019. – 76 с.
3. Данные по комплексному геофизическому исследованию скважинного фонда месторождения Моинкум [Текст] / КазАтомпром, 2019. – 84 с.
4. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания [Текст] / Северский Технологический Институт; сост. М.Д. Носков. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 83 с.
5. Об утверждении Правил стадийности геологоразведки [Электронный ресурс]: Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 18.05.2018 № 342. – Доступ из справ.-правовой системы «Әділет»
6. Технология урана и плутония [Текст] учебное пособие / Томский Политехнический университет; сост. А. А. Маслов, Г.В. Каляцкая, Г.Н. Амелина и др.; под ред. А. А. Маслова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 97 с.
7. Химия и технология урана [Текст]: учебное пособие для вузов / Центральный научно-исследовательский институт управления, экономики и информации Министерства атомной промышленности; сост. Н.С. Тураев; сост. И.И. Жерин. – М.: Изд – во ФГУП ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – 407с.

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ И ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ПОРОД КАК ФАКТОР ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА

Бейсекеев Е.Ш.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Добыча урана на пластово-инфильтрационных месторождениях стала возможна в конце 70-х годов благодаря разработке метода подземно-скважинного выщелачивания. Данный метод является одним из наиболее щадящих по отношению к окружающей среде, и, в то же время, отличается высоким показателем рудоизвлечения – в пределах 80-90 % [3].

Однако пластово-инфильтрационные месторождения урана представляют собой среды, достаточно сложные для применения геофизических исследований. Эпигенетический характер формирования месторождений предполагает наличие сложно дифференцированных по фильтрационным свойствам интервалов, что создает трудности как при литолого-фациальном картировании, так и в процессе контроля растекания технологических растворов [6]. Особую сложность представляют тонкослоистые среды, сложенные породами с участками глинистой цементации. Петрофизикохимические и литологические особенности высокодифференцированных по фильтрационным свойствам сред, предполагают ограничения в информативности таких методов геофизического исследования как гамма-каротаж, термометрия, а также каротаж потенциала собственной поляризации и другие электрические методы исследования. В частности, высокое удельное сопротивление – от 500 Ом*м, является фактором, ограничивающим применение каротажа сопротивлений и каротажа потенциала собственной поляризации. Кроме того, информативность перечисленных методов существенно снижается после закисления, в силу изменения породы под воздействием выщелачивающего раствора и искажения вследствие термобарического воздействия [1, 5].

Нивелировать недостатки вышеназванных методов возможно с применением индукционного каротажа как метода контроля растекания технологических растворов.

Применение индукционного каротажа, основано на замере кажущегося удельного сопротивления σ (величина, обратная кажущейся удельной электропроводности γ). Сущность эффективности индукционного каротажа как метода мониторинга растекания технологических растворов кроется в прямой корреляционной зависимости динамики геоэлектрических свойств породы и изменения ее фильтрационных свойств под воздействием выщелачивающего раствора [7].

Многолетний опыт применения индукционного каротажного зондирования в условиях отработки пластово-инфильтрационных месторождений Шу-Сарысуйской урановорудной провинции, в частности – на месторождении Инкай, дает возможность исследовать и наглядно продемонстрировать наличие сильной прямой линейной корреляционной зависимости между проницаемостью породы и ее электропроводностью. Причем наличие данной зависимости справедливо как для природных исходных параметров рудовмещающей толщи, так и для динамики ее изменения под воздействием выщелачивающего раствора. Рудовмещающие толщи на гидрогенных месторождениях Шу-Сарысуйской урановорудной провинции сложены преимущественно песчаными и песчано-алевролитными породами, с проницаемостью до 36 мД, с пропластками практически непроницаемых глинистых и илово-глинистых отложений, толщина которых может варьироваться от долей метра до двух метров. Отмечаются интервалы с высокодифференцированными тонкослоистыми породами,

СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

имеющими как повышенные – до 800-900 Сим/м показатели электропроводности, так и пониженные – до отрицательных значений. В среднем электропроводность рудовмещающих пород колеблется в пределах 70-350 Сим/м и прямо пропорциональна их проницаемости [2].

Электропроводность раствора с содержанием серной кислоты в 1,3-1,7%, используемого на месторождении составляет порядка 80 Сим/м. По мере насыщения рудовмещающей породы выщелачивающим раствором, происходит повышение проницаемости закисленной, ниже и выщелачиваемой сред, что отчетливо наблюдается при повторном индукционном каротажном зондировании. Нами было произведено исследование корреляционных связей между электропроводностью и проницаемостью рудовмещающей породы и их сопоставление на этапе до и после закисления. Исследованием было охвачено 12 скважин, мощность исследованной толщи составила 320-360 м., с интервальным шагом в 0,5 м. Следует отметить, что геоэлектрическая картина, как и проницаемость пород изученных скважин, существенным образом отличаются как по степени разброса, так и по величине предельных значений. Это позволило повысить достоверность полученных данных вне привязки к закономерностям того или иного текстурно-структурного подтипа. Индукционное каротажное зондирование производилось аппаратурой ПИК-50 с чувствительностью от 0 до 500 Ом*м на базе цифровой каротажной станции типа «Вулкан V3».

Корреляционный анализ произведен путем расчета коэффициента линейной корреляции Пирсона, рассчитанной по формуле:

$$r = \frac{n \cdot \sum(x_i - y_i) - \sum x_i - y_i}{\sqrt{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 + n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (1)$$

где: r – коэффициент линейной корреляции Пирсона, n – число глубинных интервалов, x_i – показатель электропроводности σ на n -ом глубинном интервале, y_i – показатель проницаемости k на n -ом глубинном интервале [4].

Анализ производился в двух направлениях:

- для оценки зависимости для каждой исследуемой скважины в исходном состоянии (до закисления) и в динамике;

- для оценки зависимости по всей выборке.

В результате анализа была получена достаточно однородная картина зависимости по обследованным скважинам, изложенная в представленной ниже таблице.

Таблица

Результаты анализа линейной зависимости электропроводности σ и проницаемости k

П/п № скважины	Коэффициент r – Пирсона до закисления	Коэффициент r – Пирсона после закисления
1	0,78	0,76
2	0,85	0,87
3	0,68	0,57
4	0,87	0,89
5	0,82	0,82
6	0,87	0,85
7	0,87	0,88
8	0,89	0,86
9	0,75	0,78
10	0,82	0,79
11	0,77	0,82
12	0,74	0,74

Среднее по выборке значение коэффициента корреляции составило до закисления – 0,81, после закисления – 0,80. Приведенные выше результаты анализа наглядно демонстрируют, во-первых, наличие ярко выраженной прямой линейной зависимости между электропроводностью и проницаемостью, и, во-вторых, высокую устойчивость данной взаимосвязи. Данная устойчивая в динамике зависимость между электропроводностью и проницаемостью обуславливает высокую точность и достоверность индукционного каротажа для оценки изменения фильтрационных свойств пород в процессе подземного скважинного выщелачивания на урановорудных месторождениях гидрогенного типа. Применение индукционного каротажа с целью мониторинга движения технологических растворов в рудовмещающей толще позволяет существенно повысить точность прогноза растекания и снизить общие затраты на проведение и комплексирование геофизических исследований скважин.

Литература

1. Геофизические исследования скважин и интерпретация данных ГИС [Текст]: учебное пособие / Пермский Государственный Технологический Университет; сост. В.Н. Косков; сост. Б.В. Косков – Пермь: Изд-во Перм. Гос.тех. ун-та, 2007. – 317 с.
2. Данные по комплексному геофизическому исследованию скважинного фонда технологического блока X месторождения Инкай [Текст] / КазАтомпром, 2019. – 76 с.
3. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания [Текст] / Северский Технологический Институт; сост. М.Д. Носков. – Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010. – 83 с.
4. Корреляционный анализ [Текст]: Учебное пособие для вузов / Воронежский Государственный Университет; сост. М.А. Харченко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 31 с.
5. Мухамедиев Р.И. Средства автоматизации обработки данных геофизического исследования скважин на месторождениях урана пластово-инфильтрационного типа / Р.И. Мухамедиев, Я.И. Кучин // Электронный журнал Cloud of science. – 2015. – Т. 2. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cloudofscience.ru>
6. Пластово-инфильтрационные рудообразования [Текст]; сост. М.Ф. Максимова; сост. Е.М. Шмариович. – М.: Изд-во «Недра», 1993. – 160 с.
7. Теоретические и экспериментальные основы индукционных методов исследований скважин [Текст]: учебное пособие / Уральское отделение Российской Академии Наук; сост. А.Н. Ратушняк, сост. В.К. Теплухин. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2017. – 127 с.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИТОЛОГИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Бурносова И.А.

Научный руководитель Окс Л.С.

ООО «НК «Роснефть» - НТЦ», г. Краснодар, Россия

Для определения пористости в скважинах используется целый набор методов ГИС открытого ствола (нейтронный (НК), плотностной (ГТКп) и акустический (АК) каротаж). Традиционной проблемой при этом является определение неподвижной или «связанной» части водяной фазы, а также зависимость расчетной пористости от состава матрицы. Наибольшие проблемы при этом вызывают разрезы с неоднородной литологией и большой долей переходных разностей.

Данная работа посвящена оценке возможности использования метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМК) при комплексной оценке пористости и литологии отложений на примере сложно построенного пермского разреза Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Артинский горизонт имеет неоднородную литологическую характеристику и сложен как карбонатными, так и кремнистыми породами. По описаниям керн в разрезе выделены известняки (чистые и с примесью терригенного материала), силициты и спонголиты (близкие по химическому составу, но отличающиеся по структуре порового пространства), алевролиты (чистые и в разной степени карбонатизированные), а также их глинизированные разности (мергели и глинистые алевролиты). Тип коллектора преимущественно-поровый. По материалам сканирующего каротажа отмечается трещиноватость некоторых прослоев известняков и силицитов, однако объем выполненных исследований не достаточен для анализа распространения трещиноватости и ее характеристик.

Для оценки общей пористости подобных отложений может быть использован метод ЯМК. $K_{\text{Побщ}}^{\text{ЯМК}}$ определяется с большой степенью достоверности, и ее величина не зависит от априорной литологии разреза [1]. В то же время на методы пористости, относящиеся к стандартному комплексу ГИС (НК, ГТКп, АК) литология оказывает существенное влияние. Таким образом, имея пористость по ЯМК в качестве опорной, мы получаем возможность оценить литологию отложений по комплексу методов. При этом дополнительно стоит учитывать, что методы НК и ГТКп чувствительны к общей пористости, а АК – только к межзерновой ее компоненте.

Данный подход был реализован в системе ПРАЙМ с помощью функции решения системы нелинейных уравнений. Технически, число уравнений такой системы должно быть на одно меньше, чем число искоемых компонент [2]. Однако, в случае обработки геолого-петрофизической информации, где ряд компонент имеют весьма близкие параметры, стоит учитывать все возможные взаимоотношения. Для изучаемого разреза по материалам керновых исследований было установлено, что алевролитовая компонента составляет примерно 67,3% от общей доли нерастворимого остатка, что также было учтено при получении литологической характеристики разреза.

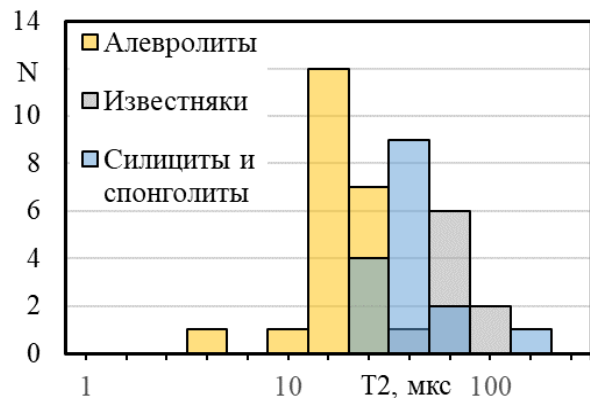


Рис. 1. Распределения T2_{гр} для образцов артинского горизонта

СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Сопоставление расчетной литологической колонки с описанием керна приведено на рисунке 2 (колонки 6 и 7). Отмечается достаточно хорошая сходимость данных. Некоторые различия связаны с точностью привязки керна и с субъективностью ряда литологических описаний (наблюдаются несоответствия качественной и количественной характеристики керна).

Кроме общей пористости по ЯМК оценивается также и эффективная пористость ($K_{пэф}$). Для этого используют граничные величины распределения времени спада T_2 . При этом стандартные отбивки применимы только в литологически однородных разрезах [1].

Для оценки характерных граничных распределений времени спада для каждого из литотипов проанализированы $T_{2гр}$ 46 образцов, исследованных в лаборатории ООО «НК «Роснефть» - НТЦ» методом ядерно-магнитного резонанса. Стоит отметить, что подавляющее большинство образцов имеют смешанный литологический состав, поэтому их деление на группы несколько условно. На рисунке 1 представлены гистограммы распределения $T_{2гр}$ для различных литологических разностей. Средние величины следующие: 18 мкс для алевролитов, 38 мкс для силицитов и спонголитов и 65 мкс для известняков.

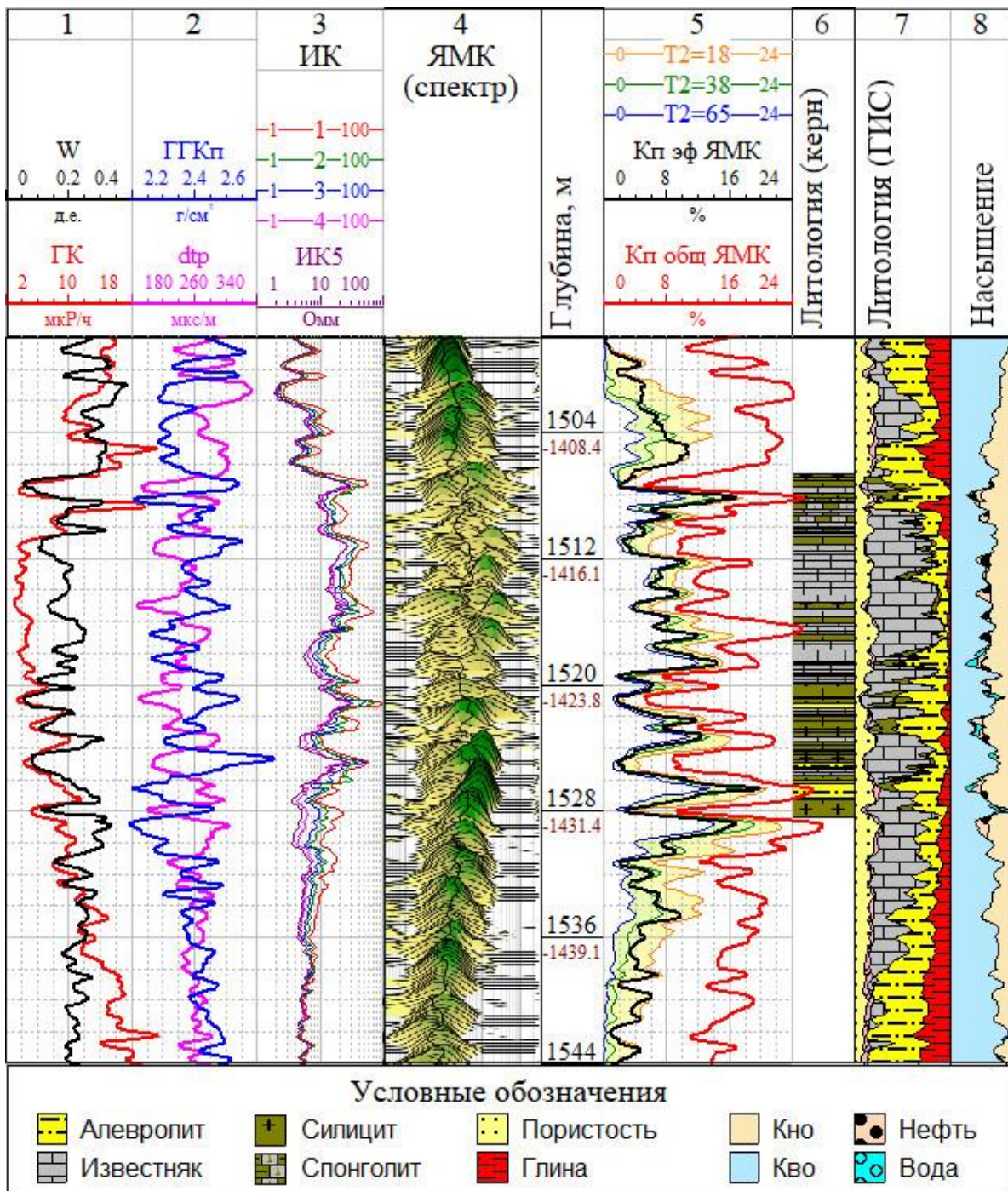


Рис. 2. Итоговый планшет

На рисунке 2 (колонка 5) показаны кривые $K_{пэф}$, рассчитанные при данных граничных Т2. Расхождение кривых показывает, что в случаях с литологически неоднородным разрезом использование единой отбивки может существенно исказить эффективную пористость. Итоговая кривая $K_{пэф}$ рассчитана с учетом компонентного состава пород и лучше отражает природу разреза [3].

С привлечением материалов электротометрии была определена нефтенасыщенность пород. Колонка насыщения представлена на рисунке 2 (колонка 8). Информация об остаточной водонасыщенности, полученная по материалам ЯМК, позволяет определить интервалы с подвижной нефтью.

Выводы:

Включение ЯМК в комплекс методов ГИС в литологически неоднородных разрезах и его интерпретация совместно с другими методами пористости позволяют не только определить общую пористость разреза, но и оценить его литологический состав, кавернозность и остаточную водонасыщенность, а с привлечением материалов электротометрии – выделить интервалы коллекторов с подвижной нефтью.

Литература

1. Джафаров, И.С. Применение метода ЯМР для характеристики состава и распределения пластовых флюидов / И.С. Джафаров, П.Е. Сынгаевский, С.Ф. Хафизов. – Москва: Химия, 2002. – 439 с.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом / Под ред. В.И. Петерсилье, В.И. Пороскуна, Г.Г. Яценко. – Москва-Тверь.: Издательство, 2003. – 4-1 с.
3. Coates, G.R. NMR Logging. Principles and Applications / G.R. Coates, L. Xiao, M.G. Prammer. – Houston: Halliburton Energy Services, 1999. – 253 p.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ «ПАЛЕОЗОЙСКОЙ НЕФТИ» (НА ПРИМЕРЕ ОСТАНИНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ)

Галиева М.Ф.

Научный руководитель профессор В.И. Исаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время перед нефтедобывающей отраслью Западной Сибири ставится приоритетная задача осуществления значительного прироста запасов и, соответственно, предотвращения снижения добычи нефти.

Одно из решений этой задачи заключается в активном вовлечении в разработку трудноизвлекаемых запасов нефти, а именно потенциально богатых залежей в образованиях доюрского комплекса, к которому приурочены скопления с начальными геологическими запасами нефти порядка 0,5-1,0 млрд. т. Полагается, что для юго-востока Западной Сибири (Томской области) освоением «палеозойской нефти» ежегодно можно добывать, начиная с 2025 года, до 1,3 млн т. Ожидается, что в перспективе палеозойские залежи обеспечат до половины всей областной нефтедобычи [3]. В рамках этого направления на повестку дня ставится проблема источника «палеозойской нефти», решение которой позволит перейти от случайных открытий залежей в доюрском комплексе к их успешному прогнозированию.

Цель настоящего исследования заключается в *определении вероятных источников палеозойских залежей углеводородов на базе палеотемпературного моделирования очагов генерации палеозойско-мезозойских нефтематеринских формаций (на примере юго-востока Западной Сибири).*

В административном отношении *территория исследований* расположена в Парабельском районе на юго-западе Томской области (рис.) и включает Останинскую группу месторождений. В геологическом строении изучаемой территории принимают участие образования доюрского фундамента и мезозойско-кайнозойского платформенного чехла. Доюрский фундамент представлен отложениями ордовика, силура, девона и карбона.

В качестве *инструмента исследований* применяется хорошо апробированный метод палеотемпературного моделирования [1], основанный на численном решении уравнения теплопроводности горизонтально-слоистого твердого тела с подвижной верхней границей. В математическую модель непосредственно включены «местный» климатический вековой ход температур на земной поверхности, начиная с позднего ордовика (449,1-0 млн. лет назад), как краевое условие, и палеотемпературы из определений ОСВ, как «наблюденные».

В работах российских и зарубежных исследователей палеотемпературное моделирование очагов генерации нефти и газа обычно выполняется для кайнозойско-мезозойского осадочного чехла. Особенность данной работы состоит в выполнении совместного моделирования юрско-мелового «современного» осадочного бассейна и доюрских осадочных «палеобассейнов». Данный подход дает возможность более полного изучения нефтегазоносности фундамента, как перспективного объекта наращивания добычи.

Результаты моделирования по трем скважинам Сельвейкинской площади бурения, Останинского и Герасимовского нефтегазоконденсатных месторождений сведены в таблице. Их анализ позволяет сделать несколько предварительных, но важных выводов относительно проблемы «палеозойской нефти».

Выводы, касающиеся фундаментальных аспектов проблемы «палеозойской нефти»:

1. Источником палеозойских залежей нефти могут быть, как породы доманикоидного типа палеозойских свит, так и юрские нефтематеринские формации. Таким образом, может иметь место как восходящая, так и нисходящая вертикальная межпластовая миграция углеводородов. Поэтому две концепции «главного источника» являются совместимыми и не должны рассматриваться ортодоксально альтернативными.

СЕКЦИЯ 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2. Источником палеозойских залежей газа и газоконденсата являются, скорее всего, только породы доманикоидного типа палеозойских свит.

3. «Палеозойским» источником залежей нефти и газа в доюрском комплексе могут быть только палеозойские свиты кровли палеозойского фундамента (к примеру, кехорегская *C1kh* и чагинская *D3cg* свиты). «Юрским» источником залежей «палеозойской нефти» может быть баженовская свита *J3bg*.

Выводы, которые касаются прикладных (поисковых) аспектов проблемы «палеозойской нефти»:

1. Низкая плотность современного теплового потока (скажем, меньше 40 мВт/м²) это, скорее всего, негативный признак залежей нефти в палеозое.

2. Высокие палеотемпературы по ОСВ (например, более 175 °С) это скорее всего, негативный признак нефтяных и газовых залежей в палеозое.

Исходя из концепции двух «основных источников» «палеозойской нефти» (юрский, палеозойский), есть основания высказать, что нефтяные залежи в палеозое не могут быть богаче нефтяных в юре

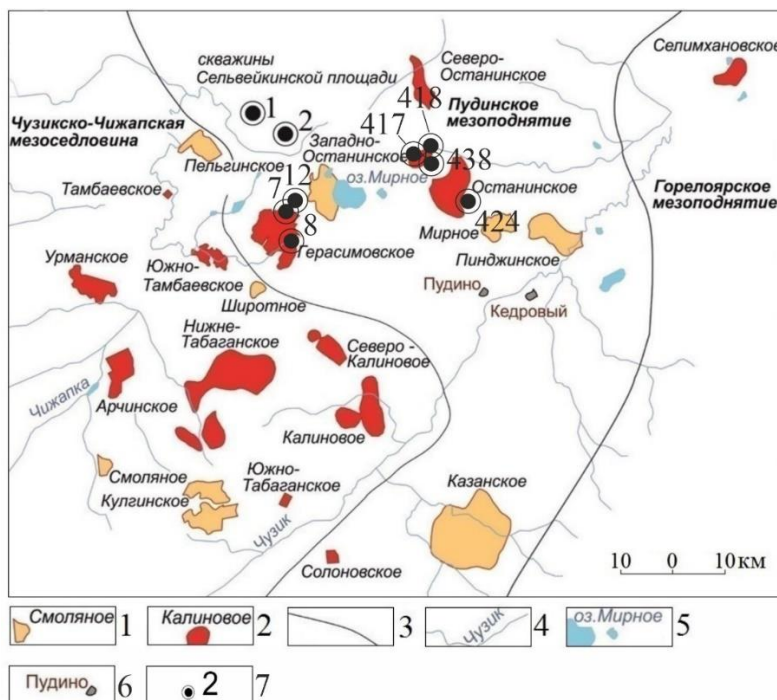


Рис. Схема размещения Останинской группы месторождений углеводородов Томской области. 1-2 - месторождение и его название, с залежами: 1 - в юрских нефтегазоносных комплексах, 2 - в юрских и доюрском нефтегазоносных комплексах; 3 - контур тектонического элемента II-го порядка платформенного чехла [2]; 4 - речная сеть; 5 - озеро; 6 - населенный пункт; 7 - скважина, вскрывшая образования коренного палеозоя и ее номер

Таблица
Анализ характеристик нефтегазоносности исследованных площадей Останинской группы месторождений

№ п/п	Характеристика	Сельвейкинская площадь (скважина 2)	Останинское месторождение (скважина 438Р)	Герасимовское месторождение (скважина 12)
1	Тепловой поток современный квазистационарный начиная с юры, мВт/м ²	41	54	54
2	Палеотемпература по ОСВ в разрезе вскрытого палеозоя: температура, °С (R_{vt}^0) / свита (глубина, м)	175 (1,35)/ <i>D3cg</i> (3106)	155 (1,05)/ <i>D3cg</i> (2844)	170 (1,17)/ <i>C1kh</i> (2908)
3	Тепловой поток квазистационарный начиная с силура, до резкого снижения в триасе, мВт/м ²	258	223	224
4	Промышленные залежи углеводородов в юре	«Сухо»	Газ, конденсат, пластовая вода	«Сухо», нефть, вода
5	Залежи в коре выветривания (пласт М)	Свободный газ	Безводная нефть, газ	Нефть
6	Залежи в коренном палеозое	Разгазированная пластовая вода	Пластовая вода	Нефть, вода, газ
7	Вероятный генезис (источник) газа в доюрском нефтегазоносном комплексе	Частично-аккумулятивный малодебитный газ палеозойской чагинской свиты (<i>D3cg</i>)	Частично-аккумулятивный малодебитный газ палеозойской чагинской свиты (<i>D3cg</i>)	Значительно-аккумулятивный газ палеозойской кехорегской свиты (<i>C1kh</i>)
8	Вероятный генезис (источник) нефти в доюрском нефтегазоносном комплексе	Источник не выявлен	1) нефть палеозойской чагинской свиты (<i>D3cg</i>)? 2) нефть юрской баженовской свиты (<i>J3bg</i>)?	Нефть юрской баженовской свиты (<i>J3bg</i>)

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю профессору Исаеву Валерию Ивановичу

Литература

1. Исаев В.И., Лобова Г.А., Мазуров А.К., Старостенко В.И., Фомин А.Н. Районирование мегавпадин юго-востока Западной Сибири по плотности ресурсов сланцевой нефти тогурской и баженовской материнских свит // Геология нефти и газа. – 2018. – № 1. – С. 15–39.
2. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2002. – 253 с.
3. Надежды в тумане. Перспективы стабилизации нефтяной отрасли оценивают осторожнее, чем раньше // Недра и ТЭК^{плюс} Сибири. – 2021. - № 7. – С. 11-13.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА (ЗАПАД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

Крутенко Д.С.

Научный руководитель профессор Исаев В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

До сих пор нет однозначной оценки влияния факторов на тепловое поле кровли фундамента. Полученные результаты по изучению природы вариаций теплового потока не являются исчерпывающими. Данная работа продолжает исследование природы вариаций теплового потока кровли фундамента [1] и посвящена оценке возможного влияния на тепловое поле вещественного состава доюрского основания.

Цель настоящей работы заключается в изучении наличия связи на качественном и количественном уровнях между теплофизическими параметрами различных литологических разностей, слагающих палеозойский фундамент, и распределением теплового потока. Территория исследования ограничена западной частью Томской области, для которой была построена карта теплового потока (рис. 1) и где сосредоточено большинство нефтегазовых месторождений региона.

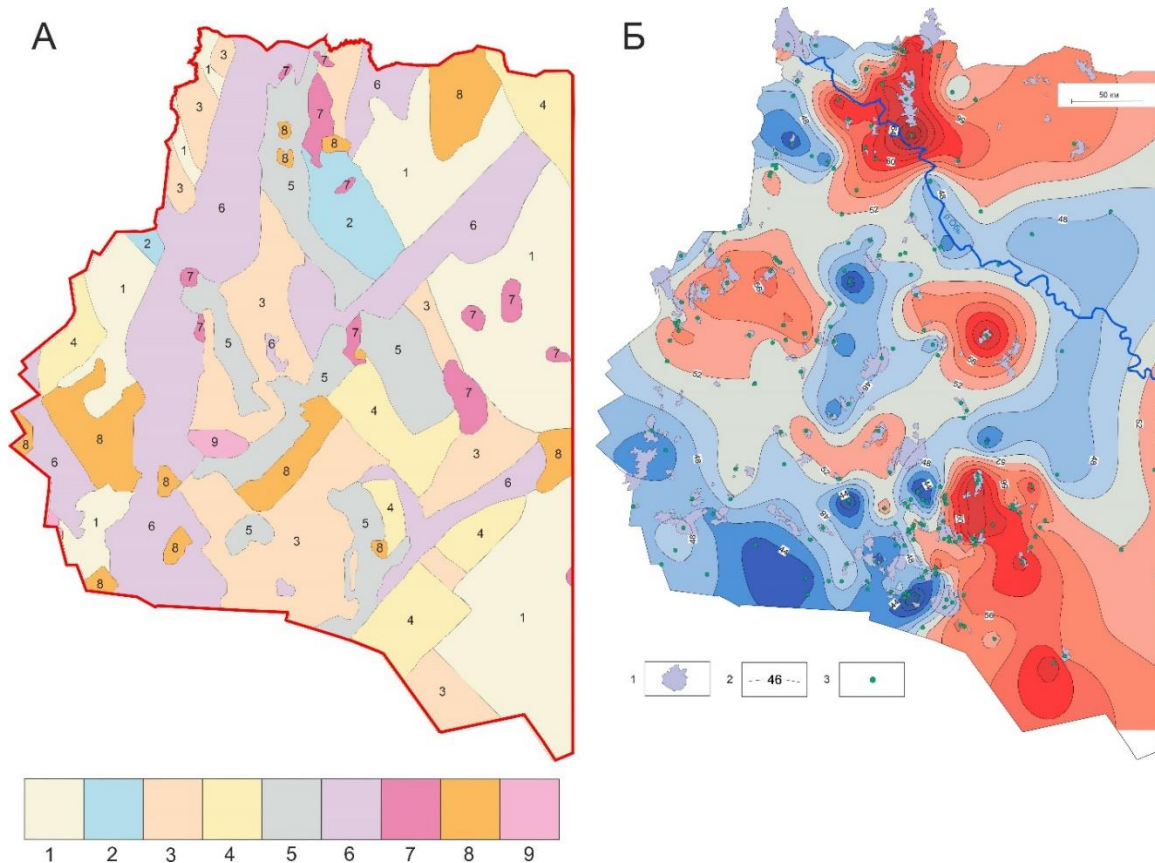


Рис 1. Карта литотипов кровли фундамента [2] (А) и схематическая карта плотности теплового потока (Б) запада Томской области: к А: 1 – терригенные; 2 – терригенно-карбонатные; 3 – карбонаты; 4 – глинистые сланцы; 5 – глинисто-кремнистые; 6 – андезит-базальты; 7 – граниты; 8 – липариты; 9 – ультрабазиты; к Б: 1 – месторождения УВ; 2 – изолинии теплового потока, мВт/м²; 3 – скважина палеотемпературного моделирования

Тепловой поток и вещественный состав фундамента. Изучив расположение литотипов кровли палеозойского фундамента запада Томской области и сопоставив их с распределением плотности глубинного теплового потока (рис. 1), не выявили однозначную визуальную корреляцию.

Количественный сопоставительный анализ проводился в соответствии с утверждением, что изменение вещественного состава пород фундамента сопровождается изменением теплофизических параметров, а именно плотности тепловыделения радиоактивных источников и теплопроводности. Значения теплопроводности и плотности радиоактивного тепловыделения каждому литотипу были присвоены в соответствии с [3, 4].

Территория запада Томской области была разделена сеткой на единичные участки (ячейки) 10x10 км. Центральной точке каждого участка присваивалось значение плотности теплового потока и средневзвешенные по ячейке значения теплопроводности и тепловыделения радиоактивных источников. Подсчет средневзвешенных значений теплофизических параметров в каждой ячейке сетки выполнялся с помощью программного кода, написанного на языке Python. Код основан на применении одного из инструментов машинного зрения – выделении контуров объектов. Код реализован посредством функции модуля OpenCV.

Количественный анализ выполнялся путем сопоставления значений плотности теплового потока и значений теплофизических параметров в узле сетки 10x10 км. Результатом анализа являются полученные численные корреляционные зависимости плотности глубинного теплового потока от теплопроводности и плотности тепловыделения радиоактивных источников (рис. 2, 3).

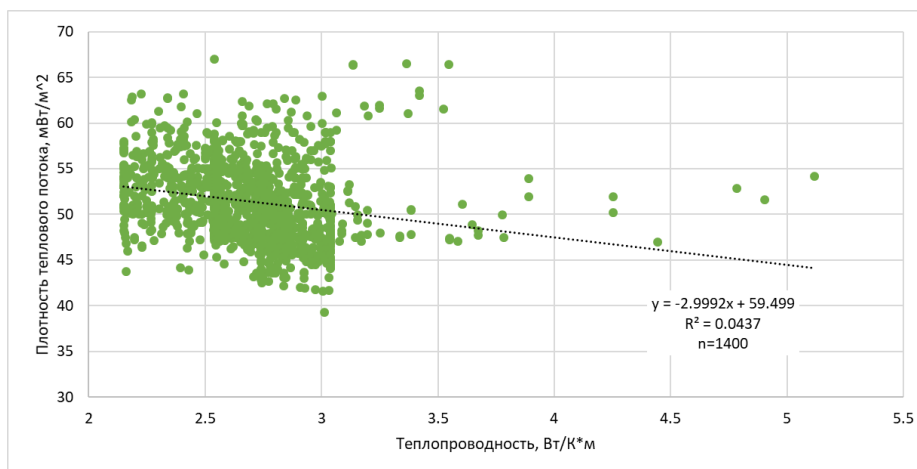


Рис. 2. Кросс-плот зависимости плотности теплового потока от теплопроводности

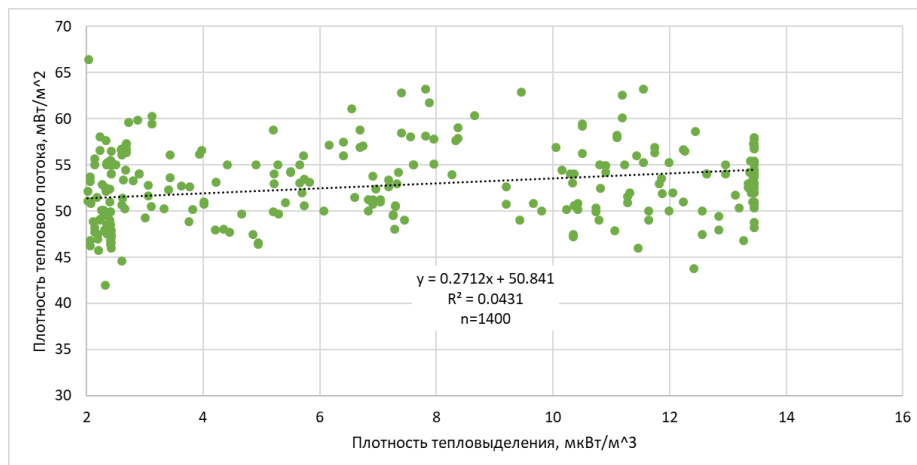


Рис. 3. Кросс-плот зависимости плотности теплового потока от плотности радиоактивного тепловыделения

Точки расчетов, общим количеством 1400, на кросс-плотах формируют облако значений. В обоих случаях получен очень низкий, незначимый коэффициент корреляции регрессионной зависимости, порядка 0,21.

Таким образом, как визуальный качественный анализ, так и более детальный, количественный сопоставительный анализ не выявили значимой корреляционной связи между распределением плотности теплового потока и вещественным составом фундамента (описанным теплофизическими параметрами).

Автор искренне благодарит своего научного руководителя профессора Исаева Валерия Ивановича.

Литература

1. Крутенко Д.С., Исаев В.И., Кузьменков С.Г. Тепловой поток, триасовая рифтовая система и мезозойско-кайнозойские разломы (юго-восток Западной Сибири) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16. – №2. – http://www.ngtp.ru/rub/2021/19_2021.html
2. Карта вещественного состава домезозойского основания. Масштаб 1:1 000 000 / под ред. А.Э. Конторовича. – 2001.
3. Дучков А.Д., Соколова Л.С., Аюнов Д.Е. РИД «База данных тепловых свойств горных пород Сибирского региона РФ» Регистрационное свидетельство № 2017621489 от 15.12.2017 г. – 2017.
4. Смыслов А.А., Моисеенко У.И., Чадович Т.З. Тепловой режим и радиоактивность Земли. – Ленинград: Недра, 1979. – 191 с.

КАРТА ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ВОСТОКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ
Меренкова А.С.

Научный руководитель профессор Исаев В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. Актуальность изучения нераспределенного фонда востока Томской области в первую очередь определяется перспективностью и недоизученностью правобережья реки Оби. Риск разведочного бурения здесь слишком велик. Однако, когда добыча в нефтепромысловых районах упадет до критического уровня рентабельности, освоение восточных районов будет необходимо. Уже сейчас на правобережье выявлен ряд перспективных участков для поискового бурения. Восток Томской области представляет интерес в этом направлении ввиду значительного увеличения мощности нижнеюрских отложений, включая потенциально материнскую тогурскую свиту, и области их распространения.

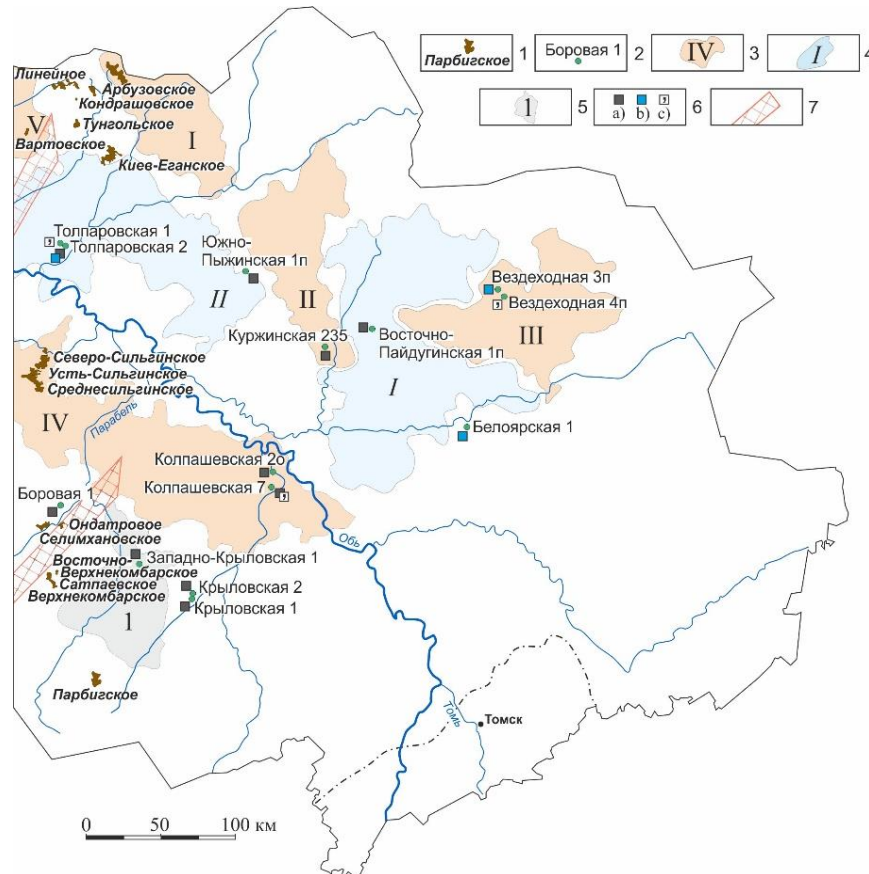


Рис. 1. Обзорная схема нефтегазоносности восточной части Томской области (на тектонической основе [2]): 1 – месторождение УВ и его название; 2 – глубокая скважина с признаками УВ за пределами месторождений; 3-4 – структуры осадочного чехла: 3 – положительная структура I-го порядка и ее условный номер: I – Пыль-Караминский мегавал; II – Пайдугинский мегавал; III – Владимирский мегавыступ; IV – Каймысовский свод; V – Среднеасованский мегавал; 4 – отрицательная структура I-го порядка и ее условный номер: I – Восточно-Пайдугинская мегавпадина; II – Усть-Тымская мегавпадина; 5 – отрицательная структура II-го порядка и ее условный номер: 1 – Бакчарская мезовпадина; 6 – прямые признаки нефтегазоносности в скважинах за пределами месторождений в юрском и доюрском НГК: непромышленный приток нефти (а), газа (b); запах нефти в керне (с); 7 – фрагменты зон Чузикского и Усть-Тымского грабен-рифтов раннемезозойского возраста.

Целью настоящих исследований является построение карты теплового потока из основания осадочного чехла для восточной части Томской области.

Методика исследования. Для выполнения моделирования применялось оригинальное ПО «ТерлоDialog» [1], реализующее решение прямой и обратной задач геотермии в условиях седиментации. Определение величины плотности теплового потока из кровли фундамента осложняется учетом множества процессов, происходящих как в недрах, так и на поверхности Земли. Поэтому, при расчетах применен интегральный подход, позволяющий учитывать эти процессы с помощью сопряженных структурно-тектонических реконструкций.

Исходными данными для модели являются измеренные при опробованиях скважин пластовые температуры, а также снятые с диаграмм температурного градиента. Значения отражательной способности витринита и теплофизических свойств горных пород систематически пополняют базу данных ИНГГ им. А.А. Трофимука СО РАН аналитическими исследованиями под руководством А.Н. Фомина и А.Д. Дучкова [4].

Результаты исследования и обсуждение. Для северо-восточной части Томской области на базе расчетов 59 скважин подготовлена карта плотности теплового потока из основания осадочного разреза с сечением изолиний 2 мВт/м². Полученная карта значений теплового потока из доюрского фундамента (рис. 2) может служить «каркасной основой» корректного бассейнового моделирования участка Бакчарского района исследований и слабоизученного крупного района Восточно-Пайдугинской мегавпадины, который неясно перспективен по осадочному чехлу (значения теплового потока менее 50 мВт/м²). Однако определения показателя отражения витринита палеозойского разреза могут существенно расширить перспективы нефтегазоносности коры выветривания и верхних горизонтов палеозоя. Стоит отметить хорошую согласованность области перекрытия карт распределения теплового потока запада и востока Томской области (рис. 2).

Можно отметить, при совместном анализе распределения плотности теплового потока и структурных элементов осадочного чехла, повышения величины плотности теплового потока коррелируют с положительными структурными элементами (рис. 1-2). Однако совершенно отсутствует локализация Владимирского мегавыступа и Пыль-Караминского мегавала.

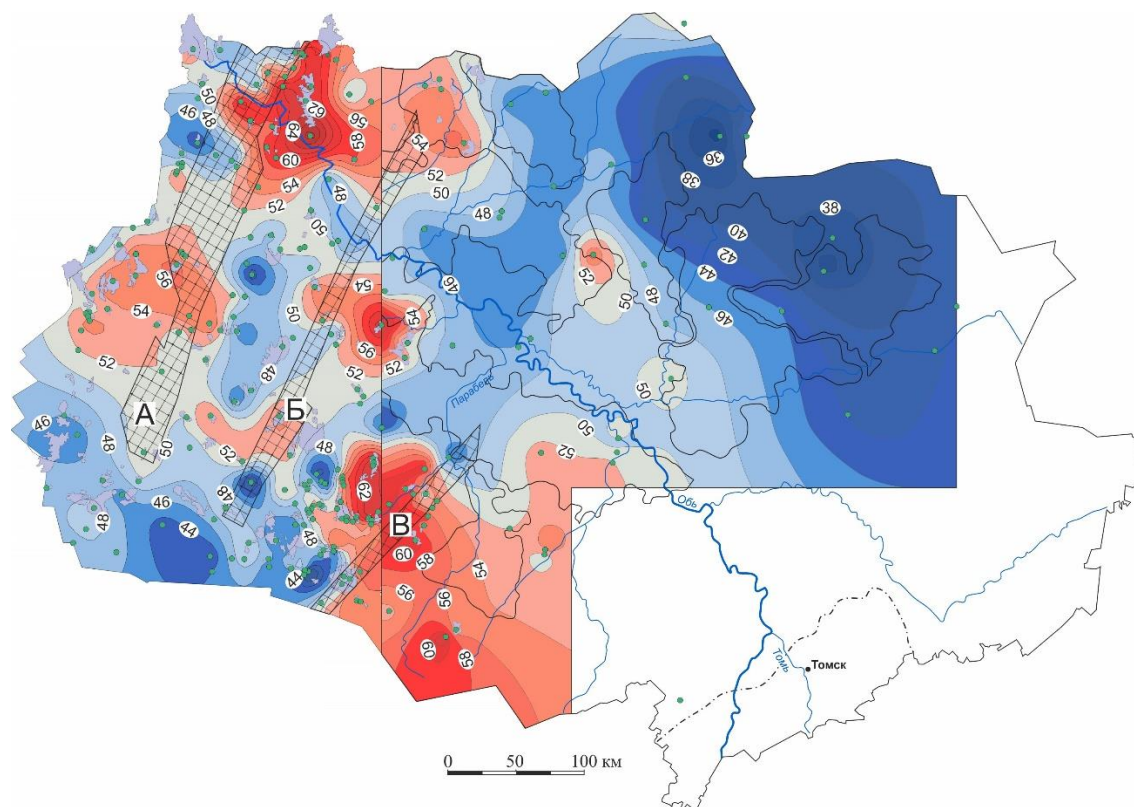


Рис. 2. *Согласованность в области перекрытия карт распределения плотности теплового потока для западной [3] и восточной части Томской области. Показаны положения Колтогорско-Уренгойского (А), Усть-Тымского (Б) и Чузыкского грабен-рифтов. Условные обозначения те же, что на Рис. 1.*

Заключение. Таким образом, на первом этапе палеотемпературного моделирования, решением обратной задачи геотермии рассчитана плотность теплового потока из основания осадочного разреза. Планируется решение прямых задач геотермии и картирование очагов генерации тогурской нефти на территории Восточно-Пайдугинской мегавпадины и структур ее обрамления.

Литература

1. Исаев В.И., Гуленок Р.Ю., Веселов О.В., Бычков А.В., Соловейчик Ю.Г. Компьютерная технология комплексной оценки нефтегазового потенциала осадочных бассейнов // Геология нефти и газа. – 2002. – №6. – С.48–54.
2. Конторович В.А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 253 с.
3. Крутенко Д.С., Исаев В.И., Кузьменков С.Г. Тепловой поток, триасовая рифтовая система и мезозойско-кайнозойские разломы (юго-восток Западной Сибири) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16. – № 2. – С. 1–24.
4. РИД «База данных тепловых свойств горных пород Сибирского региона РФ» (авторы Дучков А.Д., Соколова Л.С., Аюнов Д.Е.). Регистрационное свидетельство № 2017621489 от 15.12.2017 г.

ИЗУЧЕНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРИБАЙКАЛЬЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

Трофимов И.В.¹, Терешкин С.А.¹, Снопков С.В.^{1,2}

Научный руководитель ведущий научный сотрудник, доцент Снопков С.В.^{1,2}

¹*Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия*

²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

Верхняя часть разреза (ВЧР) представляет собой часть геологического пространства, в которой находятся объекты исторического наследия. Изучение строения верхней части разреза позволяет выявлять и изучать археологические памятники, которые представляют собой нарушения в естественном залегании грунтов. Для того, чтобы выявлять аномалии, связанные с антропогенными нарушениями грунтов, на фоне аномалий геологических неоднородностей необходимо оценить возможности геофизических методов при решении археологических задач и отработать методику проведения исследований. Именно эту цель преследовало проведение опытно-методических работ методом электромагнитного профилирования аппаратурой Nemfis.

Участок №1

Парк им. Парижской коммуны (далее ППК) располагается в г. Иркутск. Имеет форму почти правильного прямоугольника, ограниченного с севера улицей Боткина, с запада 2-й железнодорожной улицей, с юга улицей Маяковского, с востока Спортивным переулком (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

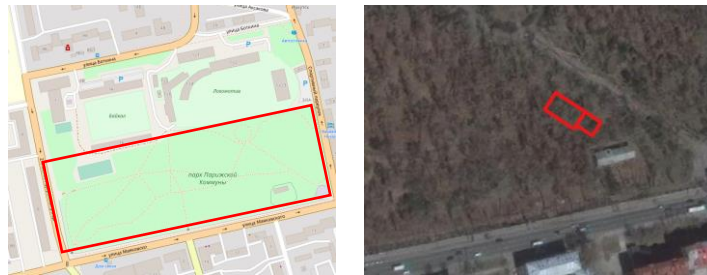


Рис. 1. География участка №1

Территория парка является крупным могильником энеолитического периода. Энеолит (или медно-каменный век) является переходным периодом в развитии человечества от неолита (каменного века) к бронзовому веку, и приблизительно охватывает период 4–3 тыс. л. до н.э. В 1928 году на территории парка было раскопано более 80 погребений, и не менее 300 - уничтожено при строительстве

Участок №2

Барун-Хал II - один из значительных памятников древней металлургии вблизи села Шара-Тагот. Памятник был открыт в 1997 году в результате археологических работ под руководством профессора ИрНИТУ А.В. Харинского. Комплексные археогеофизические работы позволили выявить на территории пади Барун-Хал целый ряд сооружений, использовавшихся для производства металла [2].

В прошлые годы использовалась наземная магнитометрическая съемка, позволяющая выделять аномалии, вызванные подземными объектами древнего металлургического производства [4].



Рис. 2. География участка №2

Раскопки памятника Барун-Хал II выявили, что металлургический центр представляет собой пригорную яму, диаметром до 2 м и глубиной до 1.5 м, вокруг которой располагались воронкообразные горы, соединяющиеся с ямой посредством фурмы. Размеры верхнего отверстия горна примерно 0,7 x 1 м, глубина рабочей камеры горна 1 м. Кроме того, из предгорновой ямы выходят траншеи, глубиной до 1.5 м и шириной до 0,5 м [3].

Аппаратура и программное обеспечение.

АЭМП 14 (или Nemfis) – версия схемы с генератором и двумя приемными датчиками для электромагнитного профилирования. Данная аппаратура предназначена для выявления проводящих объектов, расположенных ниже уровня земли (тоннели, бункеры с увлажненными стенами, трубы и т.д.) в слабопроводящих грунтах [1].

Для выполнения измерений следует прикреплять к аппаратуре своеобразные уровни. Так же надо следить за ориентированностью прибора и уклоном. Область, которая выделена на рисунке 3 соответствует уклону на участке №1 в ППК и из-за этого появились низкоомные затяжки.

Методика проведения работы.

Опытно-методические работы в ППК были проведены по двум участкам. Первый имел сеть измерения 14x24 метров, а второй 11x13 метров.

Работы на участке № 2 были проведены с сеткой 7x50 метров.

Результаты

По результатам опытно-методических измерений в ППК были получены следующие результаты (рис. 3). На картах электрического сопротивления выделяются локальные аномалии повышенного сопротивления, которые соответствуют местам нарушения нормального залегания грунтов, и интерпретируются как ямы древних погребений.

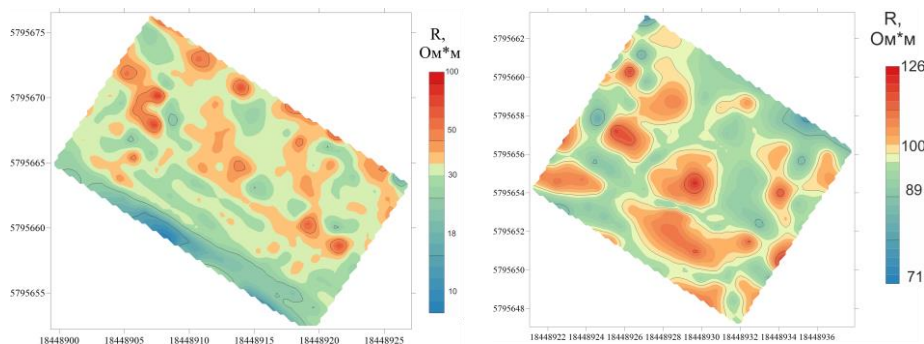


Рис. 3. Карта сопротивления в ППК на участках №1 (слева) и №2 (справа)

Выделенная область на рисунке 4 соответствует предположительному продолжению вскрытого участка металлургического производства и находит отражение как на карте с результатами Nemfis, так и на карте с результатами магнитной съемки.

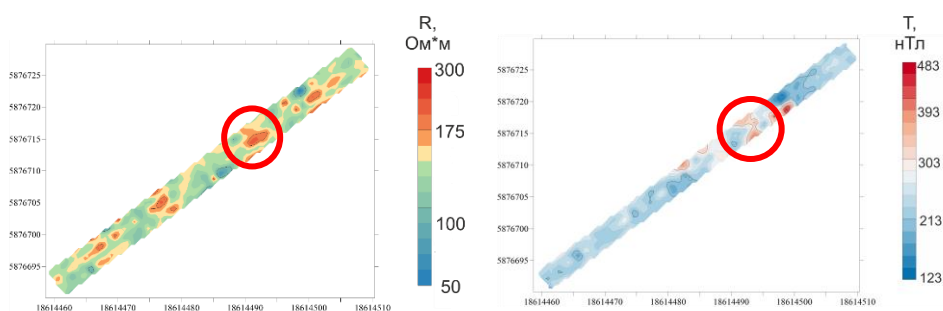


Рис. 4. Сравнение полученных результатов с помощью Nemfis (слева) и магнитной съемки (справа) на участке Барун-Халл II

Выводы

1. Аппаратура Nemfis преимущественно позволяет изучать самую верхнюю часть геологического разреза, в котором находятся подавляющее большинство археологических объектов.
2. В результате обработки результатов измерений был выявлен ряд локальных аномалий, предположительно имеющих антропогенную природу. Часть аномалий электросопротивления соответствует аномалиям магнитной индукции.
3. В ходе опытных работы были выявлены особенности работы аппаратуры Nemfis, которые необходимо учитывать для достижения точности измерений.

Литература

1. КБ “Электрометрии”. Аппаратура электромагнитного профилирования “АЭМП-14”, 2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://nemfis.ru/aemp-14/> (дата обращения 19.02.2022).
2. Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Никифоров С.П., Снопков С.В., Харинский А.В. Древний центр металлургии железа в долине Барун-Хал. // Сборник научных трудов "Байкальская Сибирь в древности" Выпуск 2, часть 2. - Иркутск: изд-во ИГПУ, 2000.
3. Снопков С.В., Харинский А.В. Металлургические печи Ольхонского региона. // Древние культуры Монголии и Байкальской Сибири: Материалы III Международной научной конференции (Улан-Батор, 5-9 сентября 2012 г.). Улан-Батор, Издательство Монгольского государственного университета, 2012. Выпуск 3. – С.241-246.
4. Davydenko S.Y., Davydenko Y.A., Davydenko A.Y. [et al.]. Geophysical methods in the study of the ancient metallurgical complex in the western Baikal region (Section Barun-Khal II) // 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021: 17, Gelendzhik, 26–30 апреля 2021 года. – Gelendzhik, 2021.

**ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ БЕРЕГОВ РАЗЛОМА С ЗАЦЕПОМ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ**

Худорожко И.Н.¹

Научный руководитель профессор Немирович-Данченко М.М.

¹*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

Сейсмические волны, излучаемые в очагах землетрясений, приуроченных к разломным зонам, являются одним из инструментов изучения строения Земли геофизическими методами [1]. Волны, проходя через разные по свойствам слои, меняют свои кинематические и динамические характеристики. Последующая обработка зарегистрированных волн позволяет, как правило, строить модели внутреннего строения, либо уточнять уже существующие модели. Одним из значимых моментов при обработке является представление о характере первоначально излучаемых в очаге землетрясения волн, а это, в свою очередь, определяется полем упругих напряжений в окрестностях очага. В работе рассмотрено образование зацепа при относительном движении берегов разлома, и моделирование поля напряжений вследствие такого зацепа.

Установлено, что причинами землетрясений зачастую могут являться триггерные воздействия одного крупного сейсмического события на несколько последующих с различной временной задержкой [3, 4]. Рассмотрим в этой связи разлом, осложнённый ступенькой, под действием сжимающе-сдвиговых усилий, возникающие при прохождении триггерной волны (рис. 1).

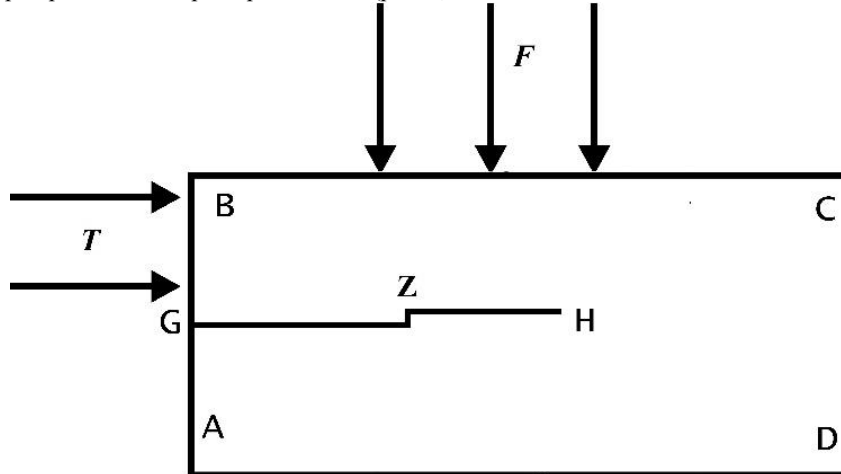


Рис. 1. Разлом со ступенчатым усложнением. F – усилие от проходящей волны-триггера, T – тектонические сдвиговые усилия, GH – линия разлома, Z – ступенька, $ABCD$ – расчетная область

Расчеты опираются на метод Уилкинса дополненный возможностью описания трещин с определением их берегов как свободных поверхностей [4].

При прохождении внешнего воздействия на ступеньке образуется зацеп (локальное залечивание трещины). Продолжающееся воздействие приводит, вследствие невозможности свободного скольжения берегов разлома, к образованию явно выраженных зон концентрации напряжений при существенно конечных деформациях в ближней зоне зацепа.

В результате проведенного моделирования показано возникновение двух областей концентрации напряжений (рис. 2). При этом будет происходить накопление повреждений в результате зацепа на ступеньке разлома (точка H), и концентрация напряжений в вершине разлома (точка H). Из рисунка видно, что развитие поля напряжений в вершине разлома соответствует трещине 1-го типа (трещина отрыва), а концентрация напряжений в окрестностях зацепа близка к полю напряжений для трещины сдвига [3]. С течением времени среда исчерпывает возможности по реализации всех механизмов аккомодации к нагрузке, что приводит к

разрыву в окрестностях зацепа и в вершине разлома с излучением очередной порции сейсмических волн. Этот и дальнейшие акты роста разлома могут быть, в частности, интерпретированы как афтершоки.

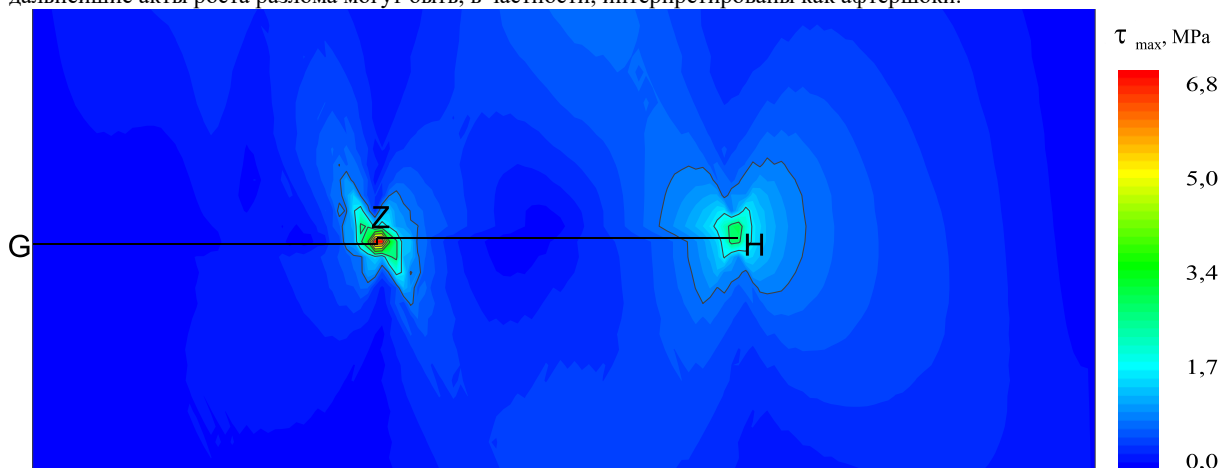


Рис. 2. Область концентрации напряжений на ступеньке разлома

В этой постановке отдельный интерес представляет очевидный факт задержки акта излучения сейсмических волн по отношению к непосредственному приходу внешнего триггерного усилия. Величина указанной задержки зависит как от свойств внешнего воздействия и от динамики развития поля напряжений, так и от особенностей строения ближней зоны шероховатости (ступеньки). Задержки такого рода фиксируются и в лабораторном моделировании, и в натурных наблюдениях [2].

Литература

1. Буллен К.Е. Плотность Земли. Пер. с англ. – М: Мир, 1978. – 442 с.
2. Кочарян Г.Г. Геомеханика разломов. – М.: ГЕОС, 2016 – 424 с.
3. Немирович-Данченко, М. М. Модель гипопругой хрупкой среды и ее применение в сейсмике: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Немирович-Данченко Михаил Михайлович. – Новосибирск, 2004. – 32 с.
4. Omori F. On the Aftershocks of Earthquakes. – Tokyo: Journal of the College of Science 7, 1894. – 278 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ПОИСКЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

Шойхонова Т.С., Крайнова Е.А.

Научный руководитель доцент Давыденко Ю.А.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

На участке «Каншоқы», расположенного на территории восточного Казахстана, в результате анализа имеющейся геологической информации было установлено, что медная и медно-молибденовая минерализация приурочена к кольцевой структуре, являющейся частью порфировой системы. Для данных систем характерны крупные размеры, небольшие содержания меди и молибдена и рудные тела жиллообразной или штокверкообразной формы.

С целью поиска медного оруденения была поставлена основная задача – выделение кольцевой структуры. Известно, на участке присутствуют тектонические разломы, в результате которых медно-молибденовая минерализация подверглась эрозии в центральной части древнего вулкана. Предполагается, что устанавливаемая сульфидная минерализация распространена по периметру ядра гранитной интрузии.

Для оконтуривания аномальных зон, к которым приурочена сульфидная минерализация на данном участке, было решено выполнить электроразведочные работы методом электромагнитного зондирования и вызванной поляризации. Данная технология ранее успешно применялась для поиска аналогичных объектов на территории северного Казахстана [3]. В период с сентября по ноябрь 2020 года производились работы в количестве 36 профилей общей протяженностью 112,7 погонных километров (рис. 1). В результате проведения одномерной инверсии данных в узкоспециализированном программном обеспечении «Mars 1D» [1] были получены карты и разрезы проводимости, поляризуемости и времени релаксации. При одномерной инверсии не удается в полной мере избавиться от артефактов, вызванных принципиальными геометрическими ограничениями инверсионных программ.

Одним из методов решения этих проблем является использование трехмерной математической инверсии. Подбор разреза делается вычислительными средствами с одновременным учетом данных по всем пикетам, что позволяет нивелировать случайные сигналы от «плохих» пикетов и получить существенно более достоверную картину геоэлектрического разреза. Результатом трехмерной инверсии являются пространственные модели проводимости и поляризуемости, полученные в программном обеспечении «ТЕМ-IP» [2].

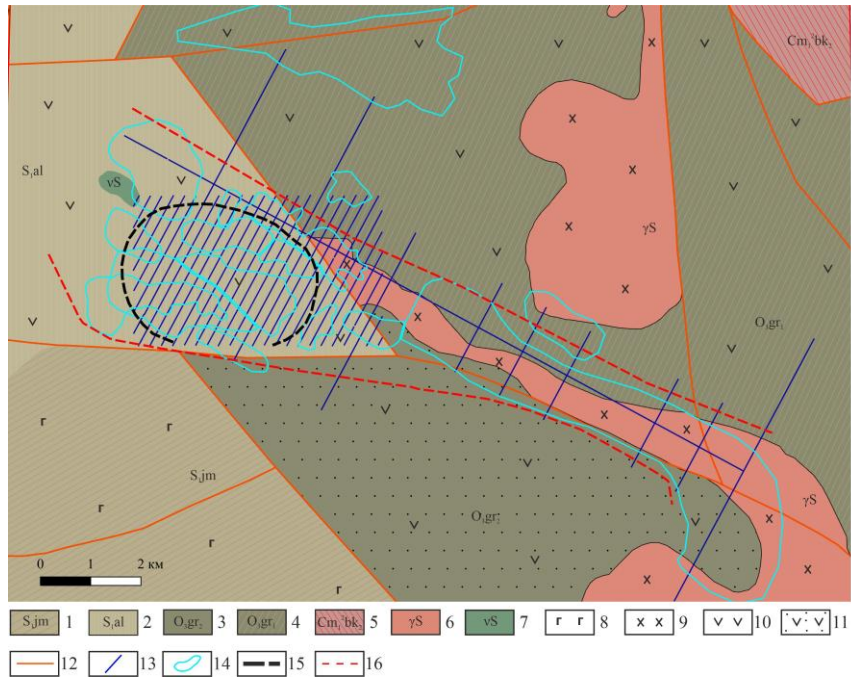


Рис. 1. Выделенные по геолого-геофизическим данным контуры порфировой системы и кольцевой структуры, приуроченной к данной системе. Нижний отдел Силурийской системы: 1 – Жумацкая свита. Порфириты андезит-базальтового состава, их туфы; 2 – Альпеиская свита. Алевролиты, песчаники, конгломераты; Жарсорская свита нижнего отдела Ордовикской системы: 3 – Верхняя подсвита. Порфириты среднего состава, их туфы; 4 – Нижняя подсвита. Конгломераты, песчаники, алевролиты; 5 – Верхняя подсвита Большекурской свиты нижнего отдела Кембрийской системы. Порфириды, порфиритороиды; Силурийский интрузивный комплекс (6,7): 6 – Лейкократовые граниты – II фаза; 7 – Габбро; Вулканогенные образования (8,9,10,11): 8 – Основного состава, преимущественно лавы; 9 – Гранодиориты; 10 – Среднего состава, преимущественно лавы; 11 – Среднего состава, преимущественно туфы; Прочее: 12 – Границы стратиграфических и интрузивных контактов; 13 – Профиля электроразведочных работ; 14 – Аномальные зоны по данным электроразведки; 15 – Контур кольцевой структуры; 16 – Контур порфировой системы [4]

Сопоставление результирующих данных по одномерной и трехмерной инверсии показало, что полученные пространственные модели ограничены глубинами в 200 – 300 метров от поверхности. Это связано с высокой контрастностью верхней части разреза: аномалии, связанные с возмущающими объектами в верхней части разреза, «перекрыли» аномалии, связанные с объектами на глубоких горизонтах. Это может быть связано с широким развитием минерализованной зоны окисления, находящейся близко к поверхности. Вместе с тем во многих случаях комплексный анализ одномерных и трехмерных моделей и сопоставление с геологическими данными позволяют предварительно разделить аномальные зоны на предположительно малоглубинные «бескорневые» и имеющие продолжение на глубину более 100 – 200 метров.

Итогом проведенных работ, а также анализа всех имеющихся данных, включая результаты дешифрирования и интерпретации космических снимков, стало оконтуривание аномальных зон, для которых характерными признаками являлись либо низкие значения удельного электрического сопротивления, либо высокие значения поляризуемости, либо совокупность данных параметров. Основываясь на полученной информации, были сделаны предварительные выводы о характере и типе аномалий, а также вынесен абрис кольцевой структуры и порфировой системы, к которой данная структура приурочена (рис. 1).

С целью подтверждения аномальных зон весной 2021 года были произведены буровые работы. Итогом работ стало комплексирование всех полученных данных. На рисунке 2 представлены результаты трехмерного моделирования по полученным данным удельного электрического сопротивления и поляризуемости, а также показаны скважины с концентрациями меди. Одна из шести скважин, поставленных по аномалиям поляризуемости, дала содержание меди 0,2%, остальные горные выработки при низкой концентрации меди отличались высокими значениями содержания железа. Также по результатам предшествующих работ в центре палеокальдеры было пробурено 11 скважин. Две из которых фиксируют концентрации меди около 0,4%. Прочие скважины отмечались отсутствием медной минерализации, что может быть связано с упомянутым выше эродированным центром кольцевой структуры.

Аномальные зоны, выделенные по данным электромагнитных зондирований и вызванной поляризации, позволили сделать предварительный вывод о наличии пиритизации на данном участке. Связано это с тем, что хотя сульфиды и обладают высокими значениями поляризуемости, однако аномалии могут быть связаны не только с сульфидами меди и молибдена, но также и с гораздо более распространенными сульфидами железа – пиритом и пирроотином, что доказывается небольшими содержаниями меди при высоких концентрациях железа. Более точные данные можно получить при комплексных исследованиях, в частности проведения

магниторазведочных работ, которые могут позволить исследовать связь между магнитными свойствами и поляризационными характеристиками поляризующихся объектов.

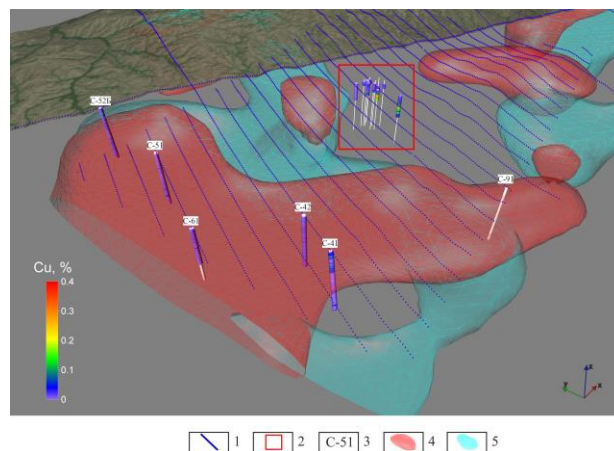


Рис. 2. Трехмерное моделирование данных электромагнитных зондирований и вызванной поляризации с вынесенными скважинами. 1 – Профили электроразведки; 2 – Скважины, пробуренные по результатам предшествующих работ; 3 – Скважины, пробуренные по результатам данных электромагнитных зондирований и вызванной поляризации; 4 – Аномалии поляризуемости 17%; 5 – Аномалии удельного электрического сопротивления 3500 Ом·м

Литература

1. Давыденко Ю.А. Способ измерения и обработки переходных процессов с заземлённой линией при импульсном возбуждении электрическом диполем с целью построения геоэлектрических разрезов и устройство для осуществления этого способа с помощью аппаратно-программного электроразведочного комплекса (АПЭК «МАРС»). // Патент России № 2574861, RU 2012134345/28. 10.02.2016. / Ю.А. Давыденко, А.Ю. Давыденко, И.Ю. Пестерев, С.В. Яковлев, М.А. Давыденко, А.В. Комягин, Д.М. Шимянский.
2. Персова М.Г. Подходы к геометрической 3D-инверсии данных электромагнитных зондирований с гальванически заземленными линиями с учетом вызванной поляризации [Текст] / М.Г. Персова, Ю.Г. Соловейчик, О.С. Трубачева, Д.В. Вагин, Д.С. Киселев, А.П. Сивенкова, Ю.И. Кошкина // Материалы 6-й международной научно-практической конференции «ГеоБайкал 2020». – Г., 2020. – Т. 1. – С. 1–6.
3. Шкиря М.С. Применение импульсной электроразведки для выделения зон сульфидной минерализации медно-порфирового типа на территории северного Казахстана / М.С. Шкиря, Д.М. Гуревич, С.А. Терешкин, А.Ю. Белова, Ю.А. Давыденко // Материалы 6-й международной научно-практической конференции «ГеоБайкал 2020». – Г., 2020. – Т. 1.
4. Шойхонова, Т.С. Исследование порфировых систем методами импульсной электроразведки и беспилотной аэромагниторазведки в восточном Казахстане [Текст] / Т.С. Шойхонова, М.С. Шкиря, С.А. Терешкин // XXIII Уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник научных материалов. – Е., 2022. – С. 181–185.

С Е К Ц И Я 6

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Савичев О.Г., Пасечник Е.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Западно-Сибирская равнина охватывает огромную территорию площадью около 2,6 млн км² от Уральских гор до Енисея и от Карского моря до Казахского мелкосопочника и гор Южной Сибири, соответствует зонам степи, лесостепи, тайги, лесотундры и тундры. Особенностью региона является высокая заболоченность, которая в зоне тайги достигает 40–50 %. Средний вертикальный прирост торфяной залежи – около 1 мм/год. Очевидно, что широкое распространение болот сильно влияет на жизнедеятельность. Также необходимо отметить и важную роль болот в функционировании углеродного цикла и, соответственно, изменении климата. Всё это определяет актуальность исследований болот и их влияния на климат и окружающую среду.

Особенно актуальны подобные исследования для Томска – административного центра Томской области, расположенного на границе Западно-Сибирской равнины и Алтае-Саянской горной страны. Площадь территории Томской области – 314,4 тыс. км², из которой более 30 % занято болотами (рис. 1).

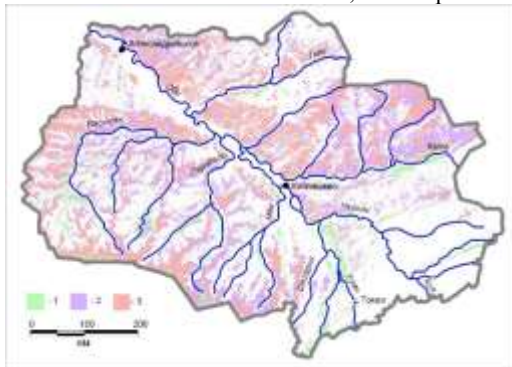


Рис. 1. Схема распространения разных типов болот на территории Томской области [Савичев, Скугарев, 2005]; типы болот: 1 – эвтрофные (низинные); 2 – мезотрофные (переходные); 3 – олиготрофные (верховые)

болот Западной Сибири, в частности. А именно – раскрыть ключевые аспекты гидрологических и геохимических условий функционирования болот Западной Сибири (на основе результатов многолетних исследований сотрудников ТПУ/ТПИ (С.Л. Шварцева, Н.М. Рассказова, В.К. Бернатониса, А.К. Мазурова, С.И. Арбузова, Ю.Г. Копыловой и многих других).

Прежде, чем приступить к рассмотрению болот и процессов их функционирования, необходимо отметить неопределённость самого понятия «болото» и неоднозначность отнесения болот к тем или иным типам природных и природно-антропогенных объектов. Так, согласно [ГОСТ 19179-73], рассматриваются понятия о болоте, болотном массиве и деятельном горизонте болота. При этом под болотом понимается «природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью» [ГОСТ 19179-73, п. 192].

Близкое по смыслу определение приведено в действующем в РФ Водном кодексе [Водный кодекс РФ, 2006, ст. 5].

Таким образом, в указанных нормативных документах болото признаётся водным объектом, причём поверхностным, хотя, согласно [СП 116.13330.2012, п. 3.15], подтопление, являющееся важным фактором возникновения и существования болот, рассматривается как комплексный гидрогеологический и инженерно-геологический процесс. Кроме того, в соответствии с [Водный кодекс, ст. 1], рассматривается понятие об акватории водного объекта – водным пространством в пределах естественных, искусственных или условных границ. Но во многих случаях на болотах отсутствует открытое водное пространство, а закономерности движения болотных вод более близки к соответствующим закономерностям движения подземных, а не поверхностных вод [1].

В обоих приведённых определениях наличие торфа является критерием выделения болота. Но, согласно [ГОСТ 21123-85, п. 1], под торфом понимается органическая горная порода, образующая в результате отмирания и неполного распада болотных растений в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50% минеральных компонентов на сухое вещество, а в ряде нормативных документов торф рассматривается как вид твёрдых полезных ископаемых [ГОСТ Р 54361-2011]. Таким образом, фактически утверждается, что болото является компонентом

геологической среды. Эта точка зрения закреплена в целом ряде документов, регламентирующих инженерные изыскания для строительства, например, в [ГОСТ 21.302-96, п. 11; СП 11-105-97, ч. III, п. 6.2.8].

Таким образом, болото разными специалистами может одновременно рассматриваться как поверхностный водный объект, компонент недр, почвенный или лесной объект и т.д. Соответственно, возникает целый комплекс проблем с изучением, использованием и охраной болот, которые условно можно разделить на группы:

- 1) информационное обеспечение процесса планирования (экологический мониторинг, реестр природных ресурсов);
- 2) планирование (схемы комплексного использования..., нормирование воздействий на водные объекты и т.д.);
- 3) предупреждение экологических проблем;
- 4) ликвидация или смягчение последствий экологических проблем;
- 5) разработка разделов теории формирования месторождений полезных ископаемых.

При изучении болот (как и любых других геосистем) необходимо учитывать их возраст как одну из характеристик функционирования. Возраст болот часто ограничивается голоценом.

Что происходило после таяния ледников?

Возможно, имеет смысл ограничиться двумя гипотезами:

1) после снижения водного стока, сформировавшегося в результате таяния горных ледников, образовалось много водоемов (рис. 2), которые постепенно стали зарастать вплоть до образования евтрофных болот (рис. 3). Некоторые из них затем стали превращаться сперва в мезотрофные, а затем – в олиготрофные болота; болотный процесс в условиях избыточного увлажнения и слабой дренированности территории может привести к полному уничтожению первичной речной сети. В некоторых случаях этот процесс приводит к полному уничтожению первичной сети и возникновению вторичной (рис. 4);



Рис. 2. Устьевая область реки Васюган (приток р. Оби)



Рис. 3. Заболоченная старица реки Васюган

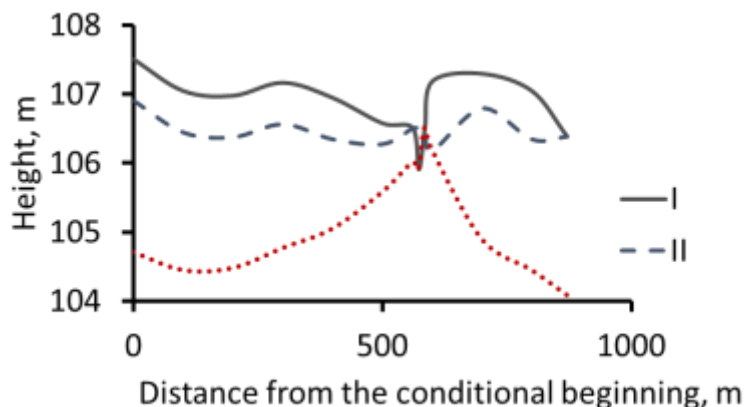


Рис. 4. Профиль долины вторичного внутриболотного водотока в верховьях реки Тром-Юган: I) высотная отметка поверхности водосбора в Балтийской системе высот; II) уровень болотных вод (в русле – речных); III) высотная отметка минерального основания болота [2]

2) уже сформировавшиеся олиготрофные болота при определенных условиях могут «наступать» на прилегающие суходолы и «захватывать» их. Один из механизмов этого «захвата» заключается в переувлажнении границы болота и суходола за счет большей водопроницаемости некоторых болотных экосистем (рис. 5).

Направленность и интенсивность этого механизма в значительной степени определяется характером взаимодействия болотных и подземных вод, в значительной мере определяющим характер поверхности болота, высотные отметки которой в целом контролируются кривой депрессии подземных вод (рис. 6).

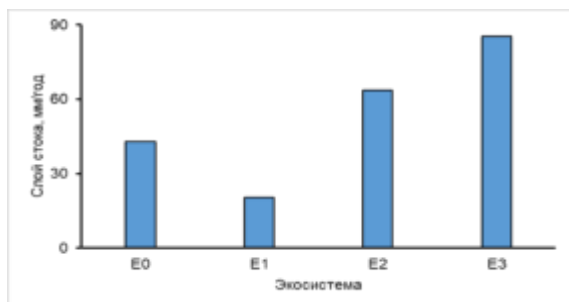


Рис. 5. Распределение слоя стока по экосистемам на границе водосбора реки Ключ в среднем за многолетний период в створе 93 км по трассе Томск – Бакчар; условные обозначения: E0 – заболоченный лес; E1 – мезотрофная окраина; E2 – «рям»; E3 – ГМК

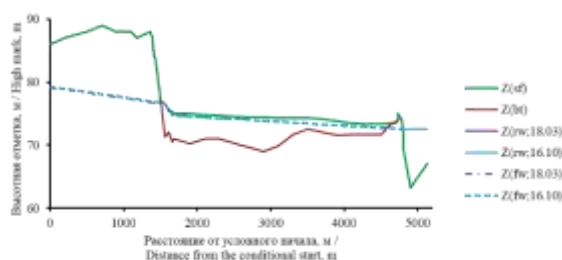


Рис. 6. Расчетный профиль Обского болота; Z(sf) – высотная отметка земной поверхности; Z(bt) – отметка дна болота; Z(rw; 18.03) и Z(rw; 16.10) – уровень воды реки Обь в створе расчетного профиля; Z(fw; 18.03) и Z(fw; 16.10) – расчетный уровень болотных вод

Фильтрационные свойства торфов, как показали исследования, выполненные в ТПУ (Савичев О.Г., Мазуров А.К., Рудмин М.А., Солдатова Е.А., Иванова И.С. и др.), в существенной мере зависят и от геохимических процессов, протекающих в болотах и на границе болот и окружающей среды. Например, было показано, что распределение изученных химических элементов в водных и кислотных вытяжках из торфов, органо-минеральных отложений и минерального грунта в целом удовлетворительно объясняется функционированием в торфяной залежи двух барьеров, приуроченных к относительно резкому изменению фильтрационных свойств грунтов.

Верхний барьер (окислительный, восстановительный, сульфидный и сорбционный гидроксидный) расположен примерно на глубинах от 0.40 до 1.25 м и соответствует существенному уменьшению с глубиной доступа кислорода и роли адвективного переноса веществ в торфяной залежи. Нижний барьер – механический и комплексный геохимический (щелочной карбонатный и гидrolитический, сорбционный гидроксидный, глинистый и карбонатный) – расположен в нижнем слое торфяной залежи. Он характеризуется дополнительным ухудшением фильтрационных свойств грунтов и диффузионного переноса.

В результате функционирования верхнего барьера в торфах образуются гидроксиды железа и фосфаты РЗЭ. При этом в пределах геохимического градиента между кислородной и бескислородной обстановок происходит локальное осаждение глинистых минералов, сульфидов железа и некоторых других металлов, а также барита. Благодаря нижнему барьеру в придонных слоях торфяной залежи усиливается интенсивность формирования и/или накопления глинистых минералов. В свою очередь, это приводит к накоплению веществ, поступающих (хоть и в небольших количествах) как сверху (с атмосферным аэрозолем), так и снизу (на этапе существования эвтрофного болота).

Кроме того, в результате автотрофной сульфатредукции и образования метана при отсутствии растворенного в болотных водах кислорода происходит увеличение рН водной среды и, соответственно, выпадение кальцита и гидроксидов некоторых металлов. Границы размещения барьеров не являются постоянными вследствие как изменения водообмена в торфяном болоте, так и эволюции последнего. В частности, границы верхнего горизонта будут изменяться при многолетних изменениях атмосферного увлажнения, приросте или деградации торфяной залежи, изменении типа торфа в результате трансформации органического вещества.

С учетом этого аккумуляция вещества в верхней части торфяной залежи всегда будет менее значимой, чем на нижнем барьере, роль которого в процессе эволюции болота только увеличивается. По этой причине именно в нижней части торфяной залежи, ОМО и верхней части подстилающего минерального грунта наиболее вероятно обнаружение повышенных концентраций целого ряда веществ.

Все сказанное выше – гипотезы, в той или иной степени подтвержденные результатами полевых и экспериментальных работ. Но всегда есть вероятность, что все было не так, или так, но не всегда. А как было? Попробуйте ответить сами.

Литература

1. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 280 с.
2. 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.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЗАРИНСКА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Братченко А.С.

Научный руководитель доцент Решетько М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На текущий момент в Алтайском крае одной из самых важных и сложных проблем, влияющих на санитарно-эпидемиологическое благополучие населения, является проблема обеспечения населения доброкачественной питьевой водой. Одной из причин сложившейся ситуации является неравномерное

распределение пресных подземных вод. Отдельным районам Алтайского края приходится прилагать большие усилия по решению проблемы обеспечения населения водой надлежащего качества и в необходимом количестве.

Целью данного исследования являлась оценка качества подземных вод, используемых для водоснабжения города Заринска.

Материалами исследования для данной работы послужило данные гидрогеологического заключения по результатам обследования водозаборных скважин Верх-Камышенского и Омутновского водозаборов и отчеты по ведению мониторинга подземных вод, предоставленные АО "Томскгеомониторинг".

Исследуемый район находится в пределах Заринского района Алтайского края. Территория исследования обжита и равномерно заселена. На юго-западе от рассматриваемой территории на расстоянии 100 км расположен г. Барнаул – административный, экономический и культурный центр Алтайского края. В городе развито машиностроение, химическая, лесобработывающая, легкая и пищевая промышленность. Барнаул является крупным железнодорожным узлом, соединяющим Западную Сибирь со Средней Азией. Вторым крупным населенным пунктом является г. Новоалтайск, самый значительный железнодорожный узел в Алтайском крае. Наиболее крупным городом на изучаемой территории является г. Заринск с населением около 65 тыс. человек. Рядом с городом расположено крупное предприятие по переработке кокса ОАО "Алтай-кокс", развита строительная индустрия и пищевая промышленность [5].

Климат района умеренно-континентальный, среднегодовая сумма осадков составляет 427 мм, при колебаниях от 297 мм до 585 мм. В геоморфологическом плане территория представляет собой аккумулятивную равнину с широко развитыми кайнозойскими отложениями, под которые постепенно с севера на юг погружается посленюрский фундамент. Равнина слабо наклонена на юго-запад и северо-восток, и в различной степени расчленена постоянно действующими и временными потоками. В оротографическом отношении изучаемая территория расположена на границе Западно-Сибирской низменности с Юго-Западным Присалаирьем и представляет собой междуречье, наклоненное на юго-запад, в сторону р. Обь и на северо-восток в сторону р. Чумыш. Абсолютные отметки изменяются от 140-160 м в долине р. Чумыш до 280-310 м на водоразделах. Относительные превышения достигают 150 м. Гидрографическая сеть равномерно развита на всей площади исследования. Основной водной артерией является р. Чумыш (правый приток р. Обь), протекающая с юго-востока на северо-запад в восточной части района. Левые притоки Чумыша – реки Крутая, Камышенка, Казанка, Гоношиха и др. Притоки имеют протяженность до 25 км и небольшой расход воды, который в межень не превышает 15-25 л/с. Величина модуля подземного стока для данной территории составляет 0,5-1 л/с/км² [5]. По химическому составу воды поверхностных водотоков пресные, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-магниевого с минерализацией 0,14-0,46 г/дм³. Содержание железа не превышает 0,6 мг/дм³, нитратов – 6 мг/дм³.

Район исследования расположен в северо-восточной краевой части Кулундино-Барнаульского артезианского бассейна, в зоне его сочленения с бассейном трещинных вод Салаирского кряжа. Палеозойский фундамент бассейна сложен эффузивными и метаморфическими породами, содержащими трещинные воды. Чехол представлен сложенослойной толщей песчано-глинистых осадков палеогена, неогена, четвертичной системы, к которым приурочены пластово-поровые воды песчаных коллекторов. Водоносные комплексы неогена и палеогена плавно наклонены в юго-западном направлении к центру бассейна согласно общему погружению фундамента. На северо-востоке они выклиниваются, здесь в них эрозивно врезаны аллювиальные осадки древней долины р. Чумыш и ее верхнечетвертичных террас. Водоносные горизонты и комплексы в региональном плане взаимосвязаны посредством гидрогеологических окон в разделяющих водоупорах [6]. Питание водоносных горизонтов местное за счет инфильтрации атмосферных осадков. Движение подземных вод осуществляется от водораздельных пространств междуречья рек Чумыша и Оби к их долинам, являющимся дренами для всех горизонтов разреза. По химическому составу в пределах района распространены однотипные гидрокарбонатные, редко гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и кальциево-магниевого воды с сухим остатком 0,3-0,7 г/дм³.

Водоносный комплекс олигоценых отложений некрасовской серии развит практически на всей площади рассматриваемого района, за исключением северо-восточной части, где он выклинивается в долине р. Чумыш. Он приурочен к отложениям олигоцена и является наиболее водообильным в районе. Водовмещающие породы представлены песками и галечниками. С вышележащим водоносным комплексом бурлинской серии существует гидравлическая связь ввиду сложного линзообразного строения разделяющих прослоев глин и наличия «гидравлических окон». [8] Водоносный комплекс разделяется водоупорными прослоями на ряд горизонтов, гидравлически связанных между собой. Суммарная мощность водовмещающих пород достигает 43 м, чаще она находится в пределах 15-40 м. Глубина залегания кровли, в зависимости от рельефа и стратиграфического положения внутри серии, по данным скважин изменяется от 35 до 190 м, при этом наблюдается ее погружение на юго-запад [7]. Величина напора изменяется от 45 до 110 м. Глубина залегания статического уровня изменялась от +5 м в долинах рек до 90 м на водоразделе. Абсолютная высота пьезометрического уровня воды снижалась от водораздела к долинам рек Обь и Чумыш от 200-220 до 170 м. В долинах рек отмечался самоизлив скважин, при этом уровни устанавливались на 1,4-8,5 м выше поверхности земли. Горизонт опробован скважинами, удельные дебиты которых изменяются от 0,07 л/с до 2,3 л/с. Величина водопроницаемости так же, как и в бурлинском комплексе возрастает от 20 м²/сут. в зоне выклинивания комплекса до 200 м²/сут. на Обь-Чумышском междуречье. Средний коэффициент фильтрации равен 12 м/сут. Питание некрасовского комплекса осуществляется за счет перетекания из вышележащего бурлинского комплекса на водоразделах. Разгрузка вод происходит в вышележащие отложения. Подземные воды некрасовской серии широко используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Водоснабжение г. Заринск осуществляется исключительно за счет подземных вод бурлинского и некрасовского водоносных комплексов на Омутновском и Верх-Камышенском водозаборах [8].

Подземные воды бурлинского и некрасовского водоносных комплексов на территории месторождения по своему химическому составу относятся к пресным (величина сухого остатка до 0,39 г/л), умеренно жестким (общая

жесткость до 6 мг-экв/л) водам с околонеutralной и слабощелочной реакцией среды. Воды гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые, натриево-кальциевые или смешанного катионного состава с преобладанием кальций-иона. Качественный состав подземных вод в основном соответствует требованиям, предъявляемым [4] и не претерпевает в процессе длительной эксплуатации изменений, значимых с гидрогеохимических и санитарно-гигиенических позиций. Исключения составляют железо (до 1,56 мг/л) и марганец (до 0,54 мг/л), повышенные концентрации которых обусловлены природными гидрогеохимическими процессами. Также обращают на себя внимание превышения концентраций органических обобщенных (фенолы, нефтепродукты) и санитарно-токсикологических (барий) показателей качества подземных вод.

В районе расположения Омутновского и Верх-Камышенского водозаборов отсутствуют источники техногенного загрязнения, в микробиологическом отношении воды здоровые. Смесь вод, полученных из действующих скважин и прошедшая станцию обезжелезивания, характеризуется значениями сухого остатка до 0,4 г/л, общей жесткости до 5,50 мг-экв/л, гидрокарбонатным составом с преобладанием кальция в катионном составе и слабощелочными значениями рН (от 7,3 до 8,0). Среди нормируемых микрокомпонентов повышенными концентрациями отличается только марганец. Содержания железа, фенолов, нефтепродуктов, величины мутности и цветности, т.е. тех компонентов, которые служат приоритетными показателями качества подземных вод, установленные при опробовании эксплуатационных скважин водозабора, после прохождения подземных вод через станцию обезжелезивания не превосходят значений, регламентируемых [4].

Содержания большинства нормируемых микрокомпонентов не превосходят предельно-допустимого уровня, причем в химическом составе подземных вод не были зафиксированы значимые концентрации токсичных веществ техногенного происхождения. При этом максимальные содержания неорганических элементов – показателей качества вод по санитарно-токсикологическому признаку вредности I и II классов опасности находятся на нанограммовом уровне концентрации, что гораздо ниже установленных для них значений ПДК. Значения выше ПДК отмечаются по железу и марганцу, влияющими на органолептические показатели качества питьевых вод. Следует отметить, что территории Омутновского и Верх-Камышенского водозаборов находятся в пределах регионально выраженной гидрогеохимической провинции железо- и марганцесодержащих подземных вод, следовательно формирование повышенных концентраций Fe, Mn в подземных водах происходит в результате природных геохимических процессов.

Подземные воды исследованных водозаборов в целом соответствуют требованиям, предъявляемыми к питьевой воде – безопасны в эпидемиологическом отношении, безвредны по токсикологическим показателям, но для использования в питьевом водоснабжении требуют проведения мероприятий по водоподготовке. В соответствии с полученными данными необходимо проведение обезжелезивания, деманганации, а также фторирования. На станции водоочистки проводится фторирование и обезжелезивание, несомненную результативность которых отражают данные по мониторингу качества воды в системе водоснабжения.

Литература

1. Официальный сайт «Городской округ Заринск» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://admzarinsk.ru/>;
2. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина, 1970
3. Бобров С.В., Пурдик Л.Н. Рельеф//Энциклопедия Алтайского края: изд-во, 1995.-С. 12-16
4. СанПиН 2.1.3684-21 "Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий"
5. Отчет по переоценке эксплуатационных запасов питьевых подземных вод по действующим водозаборах Верх-Камышенского и Омутновского месторождений (по состоянию на 01.07. 2006 года)», представленным ОАО «Алтай-Кокс
6. Бондаренко В.Г., Рыжковский М.И. - Отчет по эксплуатационной разведке подземных вод для первой очереди водоснабжения г. Барнаула за 1973-76 гг. 1976 г. Фонды АГГЭ
7. Гидрогеологическое заключение по результатам обследования водозаборных скважин Верх-Камышенского и Омутновского водозаборов ОАО " Алтай-кокс" в Заринском районе Алтайского края. ООО НПЦ " ВЭИПС", Барнаул, 2002 г. Фонды АГГЭ
8. Отчет по ведению мониторинга подземных вод на Омутновском и Верх-Камышенском водозаборах Заринской зоны депрессии в 2000, 2002, 2003, 2004 г. с.Боровиха 2001, 2002, 2003, 2004,2005 г. Фонды АГГЭ.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В Г.КЫЗЫЛ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Гагарина К.М.^{1,2}

Научные руководители доцент Пасечник Е.Ю.¹, начальник отдела Балобаненко А.А.²

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

²*филиал «Сибирский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Томск, Россия*

Микрорайон Ближний Каа-Хем в г.Кызыл расположен в зоне влияния техногенных объектов энергетической промышленности – ТЭЦ и золошлакоотвала. Минимальное расстояние от техногенных объектов до жилых домов составляет менее 100 м.

Для водоснабжения жители микрорайона пользуются неглубокими скважинами, глубиной 10-15 м, оборудованными на голоцен-верхнеплейстоценовый аллювиальный водоносный горизонт пойменной террасы. Недостаточная изученность химического состава подземных вод в этом районе сохраняет свою актуальность.

Отбор проб подземных вод проводился сотрудниками Сибирского регионального центра Государственного мониторинга состояния недр в рамках ведения мониторинга. Места отбора 11 проб выбирались с учетом минимальной удаленности от техногенных объектов. В подземных водах определялся общий химический состав, органолептические свойства, микрокомпоненты, а также нефтепродукты и фенолы.

Концентрации химических элементов в подземных водах сравнивались с результатами фоновое состояние, а также, с нормативными требованиями, предъявляемыми к водам хозяйственно-питьевого водоснабжения [1].

Результаты аналитических исследований по пунктам опробования представлены в таблице.

Таблица

Формулы солевого состава подземных вод в точках опробования

Номер скважины	Номер точки на карте	Дата опробования	Формула солевого состава
246	фон	30.12.2018	$M_{0,21} \frac{HCO_3 76 SO_4 15}{Ca 63 Mg 22 Na + K 15}$ pH 7,4 Ж 2,85
298	т.11	25.07.2018	$M_{0,61} \frac{HCO_3 72 Cl 21}{Na + K 52 Ca 46}$ pH 11,76 Ж 5,3
77-Паротурбинная	т.10	05.10.2018	$M_{0,72} \frac{HCO_3 68 Cl 19 SO_4 13}{Ca 36 Na + K 36 Mg 28}$ pH 7,9 Ж 7,2
24-Паротурбинная	т.5	06.10.2018	$M_{0,21} \frac{HCO_3 92}{Ca 75 Mg 17}$ pH 7,9 Ж 3,2
64-Кок-Тейская	т.9	05.10.2018	$M_{0,63} \frac{HCO_3 58 SO_4 29 Cl 13}{Ca 51 Mg 27 Na + K 22}$ pH 7,8 Ж 7,1
27-Кок-Тейская	т.4	06.10.2018	$M_{0,36} \frac{HCO_3 77 SO_4 12 Cl 11}{Ca 65 Mg 20 Na + K 15}$ pH 7,9 Ж 4,4
31-Сибирская	т.3	06.10.2018	$M_{0,41} \frac{HCO_3 67 Cl 18 SO_4 15}{Ca 62 Mg 20 Na + K 17}$ pH 7,9 Ж 4,7
59-Сибирская	т.8	05.10.2018	$M_{0,23} \frac{HCO_3 59 Cl 32}{Ca 59 Na + K 33}$ pH 11,2 Ж 2
59-Сарыг-Сепская	т.7	06.10.2018	$M_{0,3} \frac{HCO_3 53 Cl 33 SO_4 14}{Na + K 49 Ca 44}$ pH 7,9 Ж 4,4
32-Сарыг-Сепская	т.2	06.10.2018	$M_{0,36} \frac{HCO_3 78 Cl 16}{Ca 60 Mg 22 Na + K 18}$ pH 7,8 Ж 4,4
27-Паротурбинная	т.6	01.10.2018	$M_{0,13}$ pH 8,2 Ж 2,1

На гидрогеохимическое состояние подземных вод на рассматриваемой территории оказывают влияние сточные воды от ТЭЦ, поступающие в золошлакоотвал, которые имеют повышенную температуру (до 35-40°C). На участке опробования фиксируются нарушения температурного режима подземных вод. Амплитуда колебаний температуры подземных вод в многолетнем плане изменяется от 5 до 12,3 °С. Максимальные значения (10-16 °С) фиксируются в холодный период года (отопительный сезон). В естественных условиях диапазон колебаний температуры подземных вод от 4 до 7,5 °С (скв. 246).

В анионном составе подземных вод преобладающим являются гидрокарбонаты, однако при приближении к источникам техногенного воздействия его доля уменьшается, а доля хлоридов увеличивается. В катионном составе анализируемых подземных вод в основном доминируют ионы кальция, однако концентрации соединений натрия и калия возрастают и достигают процентного содержания первых, а иногда и превышая его. Подземные воды относятся к пресным, величина сухого остатка изменяется от 0,13 до 0,72 г/л. По водородному показателю подземные воды в основном слабощелочные с величиной pH 7,4-8,2. По величине жесткости опробуемые воды от мягких до жестких (2,1 – 7,2).

Пространственное распределение концентраций макрокомпонентов приведено на рисунках 1-9. При приближении к территории золошлакоотвала увеличивается содержание солей и общая жесткость, а также концентрации практически всех макрокомпонентов.

Из загрязняющих веществ в подземных водах большинства опробованных скважин в повышенных концентрациях содержатся нитраты, однако их источником являются не рассматриваемые техногенные объекты, а территория, представленная частными владениями, которые в большинстве случаев используются для сельского хозяйства (Рис. 9).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что под влиянием сточных вод, поступающих из золошлакоотвала, произошло техногенное изменение гидрогеохимического состояния подземных вод – возросло процентное содержание хлоридов, соединений натрия и калия, а концентрации гидрокарбонатов и кальция уменьшились, увеличилась содержание солей, водородный показатель и жесткость. В макрокомпонентном составе возросло процентное содержание хлоридов, соединений натрия и калия, а концентрации гидрокарбонатов и кальция уменьшились.

Качество подземных вод, используемых населением для водоснабжения, в основном соответствует нормативным требованиям, за исключением уже упомянутых нитратов. В единичных пробах выявлены незначительные превышения по жесткости, железу, органолептическим показателям.



Рис. 1. Концентрации гидрокарбонат-иона



Рис. 2. Концентрации сульфат-иона



Рис. 3. Концентрации хлорид-иона



Рис. 4. Концентрации кальция



Рис. 5. Концентрации магния



Рис. 6. Концентрации натрия



Рис. 7. Концентрации солей



Рис. 8. Концентрации солей жесткости



Рис. 9. Концентрации нитрат-иона

Использование подземных вод на описываемой территории в питьевых целях не целесообразно, ввиду содержания в повышенных количествах в них нитратов, которые могут оказывать влияние на кровеносную и сердечно-сосудистую систему человека, а также они способствуют развитию патогенной микрофлоры и возможна интоксикация. Кроме того, поступление нитратов влияет на концентрацию йода в организме человека, от которого зависит работа щитовидной железы. Высокая жесткость является источником мочекаменной болезни.

Литература

1. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЭРОЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫХ ОСТАНЦЕВ БУГУЛЬМИНСКОГО ПЛАТО ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА Гараева А.Н.

Научный руководитель доцент Латыпов А.И.
Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

Элювиальные отложения, формирующие молодые коры выветривания, в последнее время вызывают повышенный интерес у геологов различной прикладной направленности. С одной стороны, это связано с наличием в

них полезных ископаемых, с другой – с необходимостью возводить на них инженерные сооружения [3, 4]. С последним случаем связано изучение элювиальных массивов грунтов юго-востока Республики Татарстана.

Актуальность исследуемой проблемы обусловлена тем, что наличие элювиальных грунтов практически всегда является негативным с инженерно-геологической точки зрения фактором. Высокая неоднородность мощности, распространения по площади элювиальных грунтов даже в пределах небольших строительных объектов приводят к серьезным сложностям при проектировании и строительстве промышленных и гражданских зданий и сооружений. Для элювия характерна изменчивость его физико-механических свойств с глубиной, часто несистемная и поэтому трудно прогнозируемая. Все это приводит к значительному усложнению проведения инженерно-геологических исследований, увеличению сроков и стоимости проектирования и строительства.

На выположенных вершинах эрозионно-денудационных останцев Бугульминской возвышенности – водоразделов широко развиты элювиальные покровные отложения, представляющие собой молодые коры выветривания неоген-четвертичного возраста с гипсометрическими уровнями 240-370 м над уровнем моря.

Изучение молодых кор выветривания эрозионно-денудационным останцев Бугульминского плато показало, что большая часть из них имеют преимущественно карбонатный состав. Это обусловлено преобладанием в верхних частях разрезов казанского яруса биармийского отдела пермской системы, подвергающихся выветриванию, мощных слоев плотных известняков и доломитов. Анализ строения элювиальных отложений проводился в строительных карьерах, где вскрывались полные профили молодых кор выветривания. В общей сложности были изучены техногенные обнажения в стенках 26 карьеров. На основании полученных данных была установлена стадийность гипергенного преобразования карбонатных пород на вершинах эрозионно-денудационных останцев Бугульминского плато.

Согласно исследованиям, мощность молодых кор выветривания юго-востока Татарстана составляет от 3,5 до 5,5 м. В основании гипергенно преобразованных карбонатных пород залегают плотные, светло-серые известняки и доломиты со скрытозернистой структурой и массивной или неяснослоистой текстурой. Породы секутся редкими вертикальными трещинами раскрытостью до 1,5 см, обуславливающими хорошие дренирующие свойства карбонатных массивов. За счет проточного режима зоны аэрации здесь практически не формируются водоносные горизонты. Над неизменными карбонатными породами залегает слой сильно трещиноватых известняков или доломитов. В пределах слоя породы разбиты системами вертикальных и горизонтальных трещин на обособленные отдельности. В нижней части слоя отдельности имеют относительно крупные размеры, по облику сходные с блоками 0,5х0,3х0,25 м. Выше по разрезу размеры отдельностей уменьшаются за счет увеличения в слое плотности открытых трещин. Наблюдается тенденция увеличения доли горизонтальных трещин, в результате чего форма отдельностей приобретает плитчатый облик. Над блочными отдельностями сначала залегают толстоплитчатые фрагменты пород, затем тонкоплитчатые. Характерной особенностью пород этого слоя является закономерное расположение отдельностей, повторяющее особенности залегания исходных известняком и доломитов. При этом прочность связей между фрагментами отдельностей весьма слабая, блоки и плитки легко изымаются из слоя при небольшом усилии. За эту особенность сложения подобные образования получили название «разборный» элювий. В верхней части слоя трещины между плитчатыми отдельностями выполнены карбонатной мукой, либо карбонатно-глинистым материалом, привнесенным из выше расположенных отложений нисходящими водами атмосферных осадков. Общая мощность слоя «разборного» элювия составляет 2,5-3,0 м. Над ним залегает слой рыхлого элювия, представленного разобщенными тонкими плиточками и дресвой карбонатных пород, сцементированными карбонатной мукой с небольшой примесью глинистого материала. Доля крупных псефитовых обломков составляет 70-85%. Обломки не имеют общей ориентировки в слое, расположены под различными углами по отношению к подошве. Плиточки и дресва карбонатных пород характеризуются относительно небольшой механической прочностью, легко ломаются руками. Мощность щебнисто-дресвяного слоя составляет 0,3-0,6 м. Выше по разрезу его сменяет более рыхлый слой карбонатной муки с примесью доломитовой или известковой дресвы и редкими фрагментами щебня. По данным гранулометрического состава доля псефитовой компоненту варьирует от 25 до 45%. Преобладающая фракция представлена зернами псаммитовой размерности (0,1-0,5 мм), обломки алевритовой и глинистой фракции присутствует в небольшом количестве 5-10%. Мощность рыхлого слоя составляет 0,4-0,8 м. Элювиальные отложения молодых кор выветривания перекрываются темно-бурыми делювиальными суглинками, поверх которых развивается почвенно-растительный покров. Толщина делювиальных отложений доходит до 0,6 м, почвенно-растительного слоя до 0,3 м. Отмечается тенденция увеличения мощности рыхлого слоя элювия с ростом мощности слоя суглинков в верхней части разрезов покровных четвертичных отложений. Очевидно, делювиальные суглинки обеспечивают сохранность верхней части профиля молодых кор выветривания от размыва поверхностными водами.

Структурный анализ элювиальных отложений показывает, что в строение профиля выветривания вершин эрозионно-денудационных останцев Бугульминского плато четко обособляются две зоны: зона структурного элювия и зона бесструктурного элювия. По классификационным показателям отложения зоны структурного элювия относятся к скальным трещиноватым грунтам, чьи свойства во многом определяются степенью трещиноватости карбонатного массива. Зона бесструктурного элювия по физико-механическим свойствам относится к классу дисперсных несвязанных грунтов.

По классификации Л.И. Нейштадт [2] слой структурного элювия характеризуется по степени трещиноватости можно отнести к средне- и сильно-трещиноватым с упорядоченной трещиноватостью за счет преимущественного развития трех систем трещин разгрузки, разбивающих грунтовой массив на блочные и плитчатые отдельности. Слой бесструктурного элювия характеризуется развитием хаотичной трещиноватости, разбивающей массив на оскольчатые фрагменты щебнистой и дресвяной размерности. С точки зрения геомеханики нижнюю часть профиля коры выветривания следует оценивать как трещиновато-блочную среду, верхнюю – как трещинно-пористую среду, в которой обломки карбонатных пород выполняют функцию «зерен», наполнитель в виде карбонатной муки - функцию цемента, а трещины – роль извилистых пор. Подобное деление подразумевает различную деформационную устойчивость пород к внешним нагрузкам и геодинамическим процессам (карст, суффозия, уплотнение).

Таблица

Сводная таблица физических свойств и прочности карбонатных элювиальных грунтов

Зоны элювия	Прочность ненарушенной породы в водонасыщенном состоянии, R_c , МПа	Плотность в природном состоянии, ρ , г/см ³	Коэффициент выветрелости $K_{вр}$	Диапазон трещин (макс-мин), см	Коэффициент трещинной пустотности $K_{тр}$, %	Классификация трещиноватости по Л.И. Нейштадт (1957 г.)
Зона бесструктурного элювия	$10 < R_c < 30$	$1,6 < \rho < 2,5$	Обломки сильно-выветрелые ($K_{вр} < 0,3$)	0,2-4,0	10-20	Породы от очень сильнотрещиноватых ($K_{тр} = 10-20\%$) до исключительно сильнотрещиноватых ($K_{тр} > 20\%$).
Зона структурного элювия	$5 < R_c < 25$	$2,2 < \rho < 2,6$	Обломки практически невыветрелые ($0,95 < K_{вр}$).	0,1-1,5	5-15	Породы от сильнотрещиноватых ($K_{тр}$ – от 5 до 10 %) до средне трещиноватых ($K_{тр}$ – от 2 до 5 %).
Зона слабого изменения	$R_c < 30$	$2,6 < \rho < 2,8$	Обломки практически невыветрелые ($0,95 < K_{вр}$).	0,1-0,5	1-5	Породы от среднетрещиноватых ($K_{тр}$ – от 2 до 5 %) до трещиноватых ($K_{тр} < 2\%$).

Формирование подобной зональности профиля выветривания обусловлено различной интенсивностью гипергенного преобразования карбонатных пород. Сезонные колебания температурно-влажностного режима на территории Бугульминского плато способствовали постепенной дезинтеграции плотных известняков и доломитов с образованием каменной коры выветривания [3]. Ее развитие начиналось с появления на поверхности вершин эрозивно-денудационных останцев областей повышенной трещиноватости. Постепенно трещины распространялись вглубь, увеличивалась степень их раскрытия. По системам пересекающихся трещин в карбонатные массивы проникали атмосферные воды, образуя зону глубинного стока. Под влиянием отрицательных температур вода в трещинах и в межзерновом пространстве известняков и доломитов расклинивала породы с образованием зон дробления. Со временем размеры кусков пород на поверхности останцев уменьшались, глубина промерзания, соответственно, увеличивалась. Зона дезинтеграции постепенно продвигалась вглубь карбонатных массивов, активизировались процессы растворения с выносом ионов кальция по системам трещин в подошву формирующегося элювия. Часть растворенного вещества впоследствии осела на стенках трещин в виде натечных кальцитовых корочек.

Таким образом, сформировался зональный профиль молодых кор выветривания, состоящий из карбонатных пород различной степени криогенной дезинтеграции.

Литература

- ГОСТ 25100 2011. Грунты. Классификация.
- Newstadt L.I. Methods of geological researching fracturing rock at engineering-geological research. Moscow - Leningrad, 1957. Разумова В.Н., Хераскова Н.П.,
- Черняховский А.Г. Геологические типы кор выветривания и примеры их распространения на Южном Урале [Текст] / В. Н. Разумова, Н. П. Хераскова, А.Г. Черняховский. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 138 с.
- Янг Л.А. Методы инженерно-геологических исследований процесса и кор выветривания [Текст] / Л. А. Янг. – М.: Недра, 1991. – 139 с.

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В Г. ТОМСКЕ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Гончарова В.С.^{1,2}, Гончаров О.Ю.^{1,2}

Научный руководитель профессор Дутова Е.М.¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²ООО «Томскводоканал», г. Томск, Россия

Предоставление населению питьевой воды надлежащего качества, соответствующего требованиям Главного Государственного врача Российской Федерации является приоритетной задачей организации водопроводно-коммунального хозяйства. В городе Томске водоснабжение осуществляется гарантирующей организацией ООО «Томскводоканал».

Целью исследования являлся анализ результатов мониторинга качества питьевой воды Томского водозабора из подземных источников. В качестве исходных данных для проведения исследования в данной работе использовались результаты лабораторного контроля проб добытой воды, воды, отпущенной в сеть со станции водоподготовки и воды в распределительной сети. Испытания проводились собственной лабораторией ООО «Томскводоканал», аккредитованной в соответствии с требованиями законодательства.

Для водоснабжения города Томска используется подземная вода из артезианских скважин. Добыча воды осуществляется из эоцен-олигоценного водоносного комплекса палеогенового возраста Обь-Томского междуречья. Томское водозабор из подземных источников включает 198 скважин, протяженность трубопроводов I подъема составляет 57 км на территории г. Томска и Томского района. Водозабор из подземных источников введен в эксплуатацию 13 декабря 1973 года. Гидрогеологические условия Томского месторождения подземных вод обуславливают свойства исходной воды, которые характеризуются как пресные гидрокарбонатные, преимущественно магниевые-кальциевые. В подземной воде Томского водозабора некондиционное содержание марганца и железа, особенно железа, содержание которого в исходной воде значительно превышает ПДК.

Добытая из скважин артезианская (подземная) вода по водоводам I-го подъема поступает на станцию обезжелезивания, где через распределительные камеры поступает в аэрационную. Здесь за счет выделения углекислого газа и присоединения атомарного кислорода происходит процесс перехода растворенной формы двухвалентного железа в нерастворенную форму трехвалентного железа. Затем вода поступает на блок скорых фильтров, состоящий из 24 фильтров. Здесь вода фильтруется через однопоточные скорые фильтры с центрально расположенным каналом. В качестве фильтрующей загрузки используются киселевские дробленые горные породы и гранодиорит.

Таблица

Показатели качества питьевой воды города Томска

Показатель	Единицы измерения	Нормативные значения приняты в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21	Среднегодовые концентрации в исходной воде	Среднегодовые концентрации в очищенной воде, подаваемой со станции водоподготовки	Среднегодовые концентрации в распределительной сети	Среднегодовое значение концентраций в тупиковых точках
Мутность	ЕМФ	2,6	3,99	<1,0	<1,0	< 1,0
Цветность	°Цветности	20	12,03	4,72	4,87	4,76
Запах	балл	2 - 2	1-2 с/в	1 - 2	1 - 2	1 - 2
Жесткость	°Ж	7	5,44	5,69	5,69	5,71
Железо общее	мг/дм ³	0,3	2,10	0,10	0,11	0,12
Кремний	мг/дм ³	20	11,000	10,90	10,91	10,86
Марганец	мг/дм ³	0,1	0,200	0,03	0,02	0,03

*Нормативные значения приняты в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Сравнивая величины среднегодовых значений концентраций исходной воды и воды, подаваемой потребителям, можно сделать вывод, что в процессе очистки, применяемой в ООО «Томскводоканал», удается довести качество воды до требований, предъявляемых Главным Государственным врачом Российской Федерации не только по химическому составу, но и по органолептическим свойствам. После фильтрации происходит процесс обеззараживания гипохлоритом натрия Марки А.

Стоит отметить, что водоносный горизонт, эксплуатируемый Томским водозабором полностью защищен от микробиологического загрязнения и питьевая вода нуждается в обеззараживании только с целью исключения вторичного загрязнения в процессе транспортировки и сохранения ее безопасности до потребителя.

Транспортировка и распределение воды в город осуществляется по двум магистральным водоводам, и далее по распределительным и внутриквартальным сетям. Общая протяженность сетей составляет порядка 750 км. Для осуществления контроля на соответствие требованиям законодательства лабораторией ООО «Томскводоканал» исследуется 53 показателя. Здесь включены микробиологические, органолептические, обобщенные показатели, химические вещества, паразитологические вещества и показатели радиационной безопасности, образующиеся в воде в процессе ее обработки. Кроме того, регламентирована периодичность контроля каждого показателя. Например, органолептические показатели контролируются ежедневно, а железо общее – каждые 4 часа. Остаточный хлор контролируется ежечасно, а содержание тяжелых металлов 1 раз в год.

Кроме контроля, проводимого на станциях, осуществляется контроль воды в распределительной сети, периодичность которого также регламентирована СанПиН. Таких показателей 9. Из них 4 показателя микробиологические, и 5 органолептические и оказывающие влияние на органолептику (например содержание железа в воде оказывает влияние на мутность).

В распределительной сети города определено порядка 30 точек контроля, в том числе 4 – насосные станции с ежедневным контролем, 14 тупиковые точки на распределительной сети с периодичностью контроля 2 раза в неделю. Расширенные исследования в распределительной сети проводятся 1 раз в месяц.

Анализ качественного состава воды в тупиковых точках выбран не случайно. Сравнивая значения концентраций воды, подаваемой со станции водоподготовки, и воды в тупиковых точках можно заметить незначительное изменение величины концентрации марганца и железа. Это объясняется снижением скорости движения воды в трубопроводе и объема водопотребления. Часто в таких местах наблюдается застой воды, что приводит к образованию осадка и увеличению концентрации указанных веществ.

Таким образом, можно сделать вывод, что питьевая вода в городе благодаря грамотно выбранным методам водоподготовки и обеззараживания, а также оптимальным режимам транспортировки и постоянному лабораторному контролю сохраняет свое качество на всем протяжении водопровода города. Также этому способствует постоянная осуществление мероприятий по замене ветхих участков трубопровода новыми, и установка регулирующих клапанов для устранения избыточных напоров.

Литература:

1. Водопользование. Водоснабжение. Водоотведение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.watermagazine.ru>
2. Официальный сайт «ООО «Томскводоканал» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vodokanal.tomsk.ru>
3. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;
4. СанПиН 2.1.4.027-95 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения.
5. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ SURFER ПРИ КАРТОГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Гроза А.Н.

Научный руководитель заведующий лабораторией Морару К.Е.

Институт геологии и сейсмологии Академии наук Республики Молдова, г. Кишинёв, Молдова

За последнее десятилетие программное обеспечение Golden Software Surfer стало отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных в различных областях геологии [1, 2]. И это совсем не удивительно, так как данная геоинформационная система быстро и качественно обрабатывает большие массивы данных, что способствует достоверному анализу картографируемой поверхности, посредством визуализации условий территории исследования и статистическим результатам. Использование программы Surfer в гидрогеологии, и частности в области гидрогеохимии, позволяет картировать и сравнивать распределение химических элементов с применением различных методов интерполяции [5].

Материалы и методы.

В данной работе представлены некоторые преимущества использования геоинформационной системы Surfer в решении конкретной гидрогеологической задачи, а именно, картографического моделирования гидрогеохимических условий юго-западной части Причерноморского артезианского бассейна (в административном отношении – территории Республики Молдова).

В рамках научных проектов лаборатории Гидрогеологии, Института геологии и сейсмологии Республики Молдова была разработана масштабная база геохимических характеристик для проб вод различных водоносных горизонтов (как грунтовых, так и артезианских: нижнесарматских, среднесарматских и верхнемеловых отложений), которая и легла в основу настоящего исследования. Так для каждого водоносного горизонта, который в среднем был представлен более чем 200 пробами, мы анализировали показатели таких геохимических характеристик как минерализация, жесткость, значения pH, различные макро- и микрокомпоненты (более 25). Анализ включал в себя предварительную статистическую обработку данных (в Microsoft Excel) и последовавшую за ней пространственную, которая и была выполнена с помощью одной из последних версий программы Surfer 21.1. Для каждого водоносного горизонта были сформированы многослойные картографические модели, состоящие из слоев Карты - основы (Base Map) – границы территории исследования, административные центры, гидрография, Слоев Карт исходных данных (Post Map) – непосредственно источники проб воды (преимущественно скважины) и, конечно же, слоев Контурных карт (Contour Map) – распределения химических элементов, которые и представляют фактический интерес в данной исследовательской работе.

Результаты и обсуждения.

Абсолютным достоинством построения контурных карт в Surfer являются заложенные в нем алгоритмы интерполяции [6], которые позволяют в очень высоком качестве создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным. Из многочисленных возможных интерполяторов Surfer, нами был выбран наиболее часто используемый метод – Kriging, который достаточно аккуратно отображает распределение гидрогеологических параметров [3, 4]

Для формирования достоверной цифровой модели каждой геохимической характеристики была проделана системная работа, включающая в общем случае 3 этапа:

1. Построение первичной цифровой модели поверхности, включающее выбор метода интерполяции из существующих 13 и настройка его характеристик, оптимизация вариограммы изменение координатных пределов, количества узлов моделируемой сетки (Number of nodes), максимальных, минимальных значений параметра Z и др. (при необходимости);

2. Вспомогательные операции над уже полученной цифровой моделью (прямоугольной регулярной сеткой) с учетом ее статистического отчета (Grid Info);

3. Визуализация поверхности - наиболее детальный и важный этап работы, как правило, состоящий из построения контурной карты в изолиниях (Contour Map) и её оптимизации (настройки степени сглаживания (Smoothing), сечения изолиний (Contour Levels), графических характеристик (Fill Contours, Labels, Color scale и др.). Иногда на этом этапе нами был проведен дополнительный анализ аномальных значений геохимических параметров, проверка их достоверности и уже при необходимости удаление статистически неоправданных значений, что безусловно приводило к итерациям этапа визуализации. Также к этому этапу можно отнести 3D визуализацию и последующую её оптимизацию.

Выводы.

Таким образом, программное обеспечение Golden Software Surfer позволяет учитывать особенности картографического моделирования гидрогеохимических условий, и быстро и качественно решать его задачи.

С помощью разнообразия, многофункциональности и регулируемости функций построения и визуализации цифрового моделирования поверхности мы получаем достоверный и эстетичный продукт картографирования. А с применением вариантов наложения этих многочисленных видов карт различных параметров (в нашем случае это более 30 для каждого водоносного горизонта), их вариативного расположения на одной странице можно получить самые интересные варианты представления сложных гидрогеохимических условий.

Настоящее исследование было выполнено при финансовой поддержке Государственного научно-исследовательского проекта Республики Молдова № 20.80009.7007.26.

Литература

1. Добраца В.П., Горюшкин Е.И., Иванова Т.В. Совершенствование метода обработки геологических данных с помощью применения программы Surfer на примере моделирования геохимической карты. – Известия Юго-Западного государственного университета. –Том 23, № 5 –Курск., 2019.
2. Иванова И.А., Чеканцев В.А. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer. – Издательство Томского Политехнического Университета. –Томск, 2008. –92 с.
3. Морару К.Е., Тимошенкова А.Н. «Оценка точности компьютерных карт уровней подземных вод: применение различных методов интерполяции, Республика Молдова. Материалы второй научной конференции «Комплексные проблемы гидрогеологии», посвященной 125-летию со дня рождения Б. Л. Личкова. –Санкт- Петербург, 2013.
4. Abrahamsen P. and Benth F.E. Kriging with inequality constrains. Mathematical geology. –vol.33, no.6, 2001. –pp. 719. – 725
5. Moraru C., Timoshencova A. Evaluation of spatial interpolation methods for groundwater: case study, the Republic of Moldova. –Journal of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova, № 1. –Chisinau, 2013. – 69 –89 p., UDC 556.3.013; 556.3.072(478)
6. Surfer 23 User's Guide. [Электронный ресурс] Официальный сайт программы Surfer. URL: <https://www.goldensoftware.com/>

ПАЛЕОГИДРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ

Итемен Н.М.¹, Дутова Е.М.²

Научный руководитель заведующий лабораторией Муртазин Е.Ж.

¹ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахмедсафина»,
Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Палеогидрогеохимические исследования являются важной составной частью общего палеогидрогеологического анализа, задача которого выявление региональных палеогидрогеологических условий формирования и размещения промышленных рассолов, включая реконструкцию условий формирования для отдельных площадей и зон.

Геологическая история воды начинается с момента попадания ее в земную кору. Это происходит в результате седиментации - захоронения вместе с осадками и последующего отжатия из них, дегазации мантии и магматизма, инфильтрации и конденсации. Названные процессы – составная часть гидрологического и геологического круговоротов воды и разновидности геологической формы ее движения, благодаря чему на протяжении геологической истории поддерживается равновесие между водой свободной и связанной, в жидком, твердом, газообразном и надкритическом состояниях.

Принципы восстановления гидрогеологической истории

При восстановлении историю воды в недрах Земли с учетом современных гидрогеологических закономерностей необходимо обратиться к происходившим в прошлом геологическим процессам. В минувшие эпохи многие геологические процессы происходили так же, как и теперь, механизм их мало отличался от современного.

Отлагающиеся на дне водоемов глины и илы содержат воду в количестве 60—90% от своего объема. При уплотнении осадков часть воды отжимается сначала обратно в водоем, а затем по мере погружения и увеличения давления перекрывающих толщ, ведущего к превращению осадка в породу, вода вытесняется в песчаные слои, заключенные между глинами и илами. Если такой коллектор не имеет сообщения с водоемом, то вода в значительной массе в нем и накапливается. В результате уплотнения ила и последующего литогенеза количество воды уменьшается с 50-60 до 1-2% и менее (глинистые сланцы). Уплотнение песков примерно в два раза меньше, чем глин. Такое различие как раз и способствует переходу в больших масштабах воды из глин в пески. По мере погружения осадка содержание воды уменьшается. При достаточно высоких давлениях (на глубинах 3 км и более) из глин переходит в пески физически и химически связанная вода, при этом она становится свободной и начинает перемещаться под влиянием гидростатического или геостатического напора.

Находящиеся в песчаных слоях седиментогенные воды, захваченные при осадконакоплении, постепенно замещаются водами, которые отжимаются из глин. Движение отжимаемых вод, вызванное геостатическим давлением, направлено от мест наибольшего прогиба в сторону наименьшего погружения песчаного коллектора. Выжимающаяся из глин вода обеспечивает водообмен. Его называют седиментационным или, элизионным (лат. «элизио» – выжимаю).

Элизионный водообмен происходит при морском режиме, когда резервуар подземных вод находится в стадии погружения. При смене отрицательного знака тектонических движений на положительный наступает подъем территории и морской режим частично или полностью сменяется континентальным. Тогда становится возможным проникновение метеорных вод. Внедрение инфильтрогенных вод обязано действию гидростатического напора. Оно вызывает вытеснение находящихся в резервуаре седиментогенных вод. Такой водообмен получил название инфильтрационного.

Разрывная тектоника, обусловленная растягивающими усилиями, местами приводит к образованию глубоких расколов, по которым поступает из подкоровых и других очагов магма. Вместе с магмой, обычно в виде смеси с другими разновидностями вод, в резервуар проникают магматогенные воды. Они замещают как седиментогенные, так и инфильтрогенные воды. Возникающий в этом случае водообмен может именоваться магматическим или эндогенным. Движущей силой магматического водообмена служат внутреннее (эндогенное) давление, передающееся из магматических очагов, и тектонические напряжения. Такой водообмен происходит только в тектонически активных зонах.

Итак, полный гидрогеологический цикл состоит из элизионного (седиментационного), инфильтрационного и иногда магматического (эндогенного) этапов водообмена.

В течение элизионного этапа следующего гидрогеологического цикла снова происходит погружение и накопление седиментогенных вод в образующихся осадках. В отложениях первого цикла также продолжается водообмен, ведущий к вытеснению магматогенных или инфильтрогенных вод, при этом в погруженных частях продолжают выжиматься седиментогенные воды из глин, синхронные прежнему циклу. На инфильтрационном этапе нового цикла инфильтрогенные воды внедряются как в молодые, так и древние отложения. То же будет в случае интрузии магматогенных вод. Сходная с описанной картина имеет место при следующих гидрогеологических циклах. Таким образом, на протяжении времени своего существования бассейны пластовых вод сочетают в себе элизионный и инфильтрационный водообмены.

Резервуары платформенного типа, будучи устойчивыми во времени, подвергаются относительно слабой тектонической перестройке. В истории развития платформенных бассейнов пластовых вод наблюдаются обычно только элизионные и инфильтрационные этапы водообмена. Магматический этап проявляется редко (например, трапповый магматизм). В современную эпоху на древних платформах вследствие сильного уплотнения пород практически прекратился элизионный водообмен, сменившись инфильтрационным. Правда, подземные водоносные системы в глубоких горизонтах молодых платформ продолжают пополняться седиментогенными водами путем отжатия связанных глинами вод из отложений прошлых гидрогеологических циклов, но наряду с ним в верхних горизонтах действует инфильтрационный водообмен текущего, гидрогеологического цикла.

Следовательно, в ходе исторического развития бассейны пластовых вод оказались заполненными большей частью смесью с самым различным соотношением седиментогенных и инфильтрогенных вод.

Палеогидрогеохимические реконструкции

Палеогидрогеохимические реконструкции основаны на материалах структурно-палеогидрогеологического анализа распространения различных геологических формаций как по площади, так и в разрезе исследуемых тектонических структур. Кроме того, при восстановлении степени минерализации и особенностей химического состава подземных вод важное значение имеют материалы палеогидрогеодинамических и палеогидротермических построений. Также важны данные палеогеографии и палеоклиматологии, данные о эпигенетических изменениях водовмещающих горных пород в процессе литогенеза.

При реконструкции химического состава пластовых вод бассейнов осадконакопления различных геологических формаций использованы существующие методики. Для открытых морских бассейнов в основу приняты данные о составе современных морских бассейнов разной солености (Мировой океан и Каспийское море). Для характеристики минерализации и химического состава древних солеродных бассейнов в первом приближении использованы имеющиеся данные о процессах испарения современной морской (океанической) воды, о составе образующихся при этом маточных рассолов и кристаллизующихся в них минеральных солей. Правомерность использования данных о химическом составе современных морских (океанических) вод и продуктов их концентрирования (путем испарения) для палеогидрогеохимических реконструкций определяется тем положением, что химический состав океанической воды, вероятно, не претерпел существенных изменений, начиная с кембрийского периода.

При накоплении осадочных формаций в условиях гумидного климата в пресноводных речных и озерных бассейнах, воды таких бассейнов имели, как в современную эпоху, гидрокарбонатный магниевый-кальциевый состав с минерализацией 0,1-0,2 г/кг. Для характеристики состава вод ранее существовавших внутренних морских водоемов и крупных озерных бассейнов в условиях аридного климата использованы имеющиеся сведения о составе современных внутренних морей и озер, располагающихся в различных климатических зонах.

Литература

1. Ахмедсафин У.М., Джабасов М.Х. и др. «Артезианские воды Чу-Сарысуйской впадины», 1979
2. Бондаренко С. С. Изучение и комплексная оценка месторождений подземных промышленных вод. - Сов. геология, 1982, № 8, с. 108—117.
3. Бойко Т.Ф., Литий, рубидий, цезий. В кн.»Металлы в осадочных толщах». М., 1964
4. Бойко Т.Ф., Редкие элементы в галогенных формациях. М., «Наука», 1973
5. Быкадоров В.А., Никитин Е.А. Тектоника мезозой-кайнозойского платформенного чехла Чу-Сарысуйской впадины. 1977
6. Вартанян Г. С. Поиски и разведка месторождений минеральных вод в трещинных массивах. М., Недра, 1977.
7. Зайцев И. К., Толстухин Н. И. Закономерности распространения и формирования минеральных (промышленных и лечебных) подземных вод на территории СССР. М., Недра, 1972.
8. Маврицкий Б. Ф. Термальные воды складчатых и платформенных областей. М., Наука, 1981.
9. Розен Б.Н., Геохимия брома и йода. М., «Недра», 1970
10. Солодов Н.А., Болашов Л.С., Кременецкий А.А. Геохимия лития, рубидия и цезия. М., «Недра», 1980
11. Тугаев Т.М., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С. Отчет по результатам поисков редких элементов подземных и поверхностных водах Тургайской впадины, Центрального Казахстана и составление «Карты промышленных вод Казахстана», м-ба 1:15000000 за 1978-1980 гг (ВГФ, РГФ, ТГФ, Фонды ПГО «Казгидрогеология»)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНЕ ТИМИКА (ПАПУА, ИНДОНЕЗИЯ)

Кадепа А.

Научный руководитель доцент Решетько М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях необходимости перехода мирового сообщества к устойчивому развитию особое значение должно придаваться как высокой экономической эффективности, так и экологической безопасности. Индонезия это одна из динамично развивающихся стран Юго-Восточной Азии, где экономический рост сопровождается серьезными экологическими проблемами. Принимаемые меры по охране окружающей среды в настоящее время не могут полностью ликвидировать интенсивное воздействие горнодобывающей отрасли на компоненты природной среды, в том числе и на водные ресурсы.

Целью данной работы является исследование влияния горнодобывающей промышленности на водные ресурсы в регионе Тимика (Папуа, Индонезия).

Данная работа основана на материалах, полученных автором при прохождении практики в компании PT Freeport Indonesia (PTFI); материалы мониторинга предоставлены экологической лабораторией компании.

Одно из самых крупных в мире золотосодержащее медно-порфировое месторождение Грасберг расположено в провинции Папуа в Индонезии, около Пунчак-Джая (4884 м) – самой высокой горы в Папуа. На территории исследований можно выделить две области: высокогорную от 2000 до 4200 м над у. м, где ведется разработка месторождения и находятся горно-обогатительные фабрики; и относительно плоскую местность (от 10 м до 2000 м), которая включает в себя порт Амамапаре, г. Тимика и другие населенные пункты. Для исследуемой территории в целом характерен экваториальный тип климата. В горнодобывающем районе в течение года температура воздуха колеблется от 3 до 18 °С, а среднее количество осадков составляет более 3000 мм/год. В низинах температура воздуха 20–34°C, осадков выпадает более 5000 мм/год. Широкий диапазон высот создает разнообразную растительность от альпийской в горах до тропических лесов в низменности. Расстояние между районом разработки месторождения и устьем реки Айква, впадающей в Арафурское море, составляет около 100 км. Особенности рельефа и большое количество осадков создают мощные речные системы в горных районах и меандрирующие реки с обширными поймами в низинах. Среднесуточный расход реки Отомона (выше по течению от г. Тимика) составляет около 50 м³/с, максимальный расход в 2021г. составил 202 м³/с. Транспортирующая способность реки Айква составляет 15–20 тыс тонн наносов в сутки. Американский геолог Mark Cloos и индонезийский геолог Benyamin Sariie в результате геологических исследований центрального хребта провинции Папуа Индонезии пришли к выводу о том, что формирование центрального хребта Пунчак Джая обусловлено проявлением 20 млн лет назад коллизионного орогенеза и направленной на север субдукции Австралийской плиты. Тектонические последствия рифтинга плиты между 6 и 3 млн лет назад вызвали магматизм и процессы нижнекорового антиплейтинга. Интенсивный магматизм сформировал супергигантское Cu + Au рудное тело Грасберг и связанные с ним скарновые тела рудного района Эрцберг [1].

Компания PTFI работает в Индонезии с середины прошлого века. В 1972 году на комплексе Грасберг был получен первый медный концентрат. На протяжении почти пяти десятилетий PTFI инвестировал 7,7 млрд долларов США в инфраструктуру, а вклад в ВВП Индонезии с 1992 года более чем 60 миллиардов долларов США. В 2021 году Правительство провинции Папуа и Правительство регентства Тимика увеличили долю с 9,36 % и стали владельцами 51% акций PTFI. На комплексе Грасберг трудится около 20 тыс. сотрудников [2]. Добыча полезных

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

ископаемых на комплексе Грасберг включает открытый рудник, подземные рудники и обогатительные фабрики. Открытая разработка карьера продолжалась с 1990 по 2020 гг. Руда добывается на высоте более 4000 метров над уровнем моря на площади около 100 км² (рис. 1). В настоящее время РТФИ сосредотачивает свои производственные операции на подземных рудниках. На месте используется ряд процессов, включая различные этапы бурения, взрывных работ, сортировки и дробления, затем руду транспортируют на горно-обогатительную фабрику для повторного дробления, измельчения и флотации. Концентрат перекачивается в порт Амамапаре; там он фильтруется, сушится и отправляется на аффинажные заводы. Предприятие одно из крупнейших в мире, его суточная производительность увеличивалась с каждым годом. Отходы обогащения сбрасываются в реку Агабагонг, которая впадает в реку Айква (в 2004 г. около 195 000 т/сутки). Решение министра окружающей среды и лесного хозяйства в 2018 г. [3] ограничивает ежедневный объем добычи до 300 тысяч тонн руды, а сброс хвостов обогащения в хвостохранилище, находящееся в русле реки Айква (Modified Ajkwa Deposition Area – ModADA), не более 291 000 сухих метрических тонн в сутки. В октябре 2017 года к компании РТФИ были применены санкции из-за убытков государства вследствие загрязнения, использования охраняемых лесных массивов в производственной деятельности без разрешения на пользование лесными угодьями и увеличение площади ModADA с 230 до 450 км². Компания РТФИ предпринимает определённые меры по уменьшению последствий своей деятельности. Департамент окружающей среды РТФИ контролирует качество воздуха, воды, хвостов, почвы, отложений, батиметрии, наземной биоты, сельскохозяйственной и водной продукции. В 1994 г. была открыта экологическая лаборатория. К 2015 году создана сеть экологического мониторинга, включающая 338 точек отбора проб, на которых ежегодно отбирается около 15000 образцов и 187000 проб для анализа [2]. Однако сброс хвостов рудника в реку Айква и озеро Ванাগонг приводит к наводнениям (в 1991 году была уничтожена большая часть низинных лесов), вызывает опасения возможное загрязнение местных источников воды, в морской фауне отмечается увеличение содержания меди.



Рис. 1. Зона действия лицензии компании РТФИ (синим выделена зона разработки месторождения) [2]

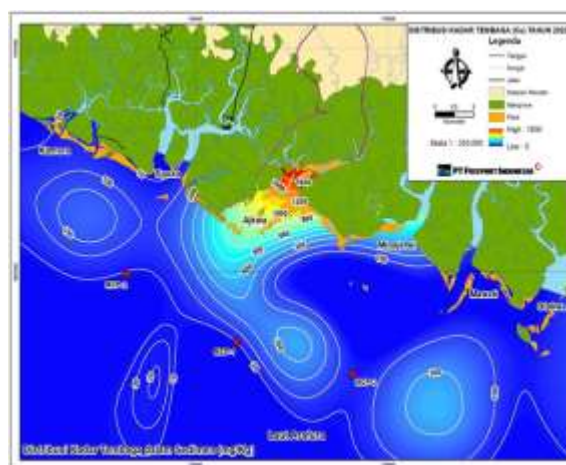


Рис. 2. Содержание меди (мг/кг) в отложениях эстуария Айква и северной части Арафурского моря в 2020 г. (по данным РТФИ)

Мониторинг содержания меди в отложениях в эстуарии Айква и в северной части Арафурского моря проводится один раз в год. Повышенные (выше 1600 мг/кг) значения отмечаются в районе ModADA (рис. 2).

Таблица

Результаты мониторинга содержания растворенных металлов в воде в 1 полугодии 2021 года (макс/мин)

Компонент	Ед. изм.	по [3]	эстуарии рек после хвостохранилища			эстуарии без антропогенной нагрузки		
			Айква	Минаджерви	Камора	Типука	Мавати	Оттаква
Al ³⁺	мг/л	-	0,024 - 0,145	<0,010 - 0,024	0,017 - 0,030	<0,010 - 0,020	<0,010 - 0,021	0,013 - 0,021
Cu ²⁺	мг/л	0,008	0,010 - 0,025	0,0019 - 0,0054	0,0009 - 0,0031	0,0025 - 0,0032	<0,0003 - 0,0025	0,0021 - 0,0040
Fe, общ.	мг/л	-	0,0653 - 0,223	0,0031 - 0,0189	0,0032 - 0,0829	0,0125 - 0,0309	0,0048 - 0,0062	0,0055 - 0,0141
Mn ⁺	мг/л	-	0,0614 - 0,0916	0,0179 - 0,0397	0,0064 - 0,0248	0,0051 - 0,0085	0,0015 - 0,0109	0,0077 - 0,0323

Результаты мониторинга поверхностных вод, проводимого для вод, подверженных антропогенной нагрузке, и фоновых объектов для горных районов и низин показал примерно одинаковые результаты – превышений по содержанию меди не обнаружено (есть единичные случаи до 3,04 мг/л, причем в реках с естественными условиями формирования химического состава вод). Отмечено повышение проводимости в 3-5 раз по сравнению с фоном. Наиболее критично содержание взвешенных веществ, которое после сброса сточных вод составляет 257 000–667 000 мг/л, а в естественных реках высокогорья 15–1390 мг/л. В низинах для рек-хвостохранилищ содержание взвешенных веществ уменьшается в десятки раз, но остается выше, чем фоновое и превышает рекомендованное [2]

значение. В эстуарии р. Айква после ModADA содержание растворенных металлов выше, чем в эстуариях других рек (таблица 1), но не превышает рекомендованные [3] значения.

Результаты мониторинга химического состава подземных вод на 13 скважинах возле хвостохранилища показали стабильный состав в течение 2021 г., наблюдается увеличение сульфатов (4 точки) и железа (2 точки) относительно других скважин. В этих же точках наблюдается увеличение проводимости, общей жесткости. В воде единичных колодцев, используемых для питьевых целей наблюдается превышение нормативов для питьевой воды [4] для железа и марганца. По содержанию меди превышений не обнаружено.

Анализ данных мониторинга, проводимого PTFI, показывает, что содержание растворенных металлов практически во всех точках наблюдения соответствует стандартам правительства Индонезии. Очень серьезной экологической проблемой в регионе является высокий уровень наносов, который наблюдается в низинах региона ModADA. Предполагается, что перегрузка произойдет в устье и может повлиять на эстуарий и морскую биоту. Таким образом, несмотря на улучшение управления отходами производства, водные ресурсы в регионе Тимика нуждаются в постоянном мониторинге, в том числе и независимыми аудиторами.

Литература

1. Приоритетные направления геологического изучения недр. По материалам 34-й сессии Международного геологического конгресса / науч. ред. О.В. Петров, Н.В. Милетенко. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2014. – 370 с. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ»). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vsegei.com/ru/public/our_publications/PriorNgnRF_2014.pdf,
2. Официальный сайт компании PT Freeport Indonesia – Режим доступа: <https://ptfi.co.id/>
3. Trashed-1636587178-Kepmen KLHK No.175_2018_Pengelolaan Tailing PTFI di Daerah Penimbunan Ajkwa atau ModADA
4. Permenkes-No-492-Tahun-2010-tentang-Persyaratan-Kualitas-Air-Minum

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АЛЕКСАНДРОВСКОЙ КОЛОННЫ С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

Карпенко А.Г.

Научный руководитель профессор Дашко Р.Э.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Проблема сохранения архитектурно-исторического облика старинных мегаполисов, развивающихся по интенсивному пути в условиях многоуровневого освоения подземного пространства, является наиболее актуальной в мировой практике. В большинстве случаев проекты по реставрации и реконструкции таких сооружений связаны с их наземной частью, состояние несущих подземных конструкций проводится весьма формально и не затрагивает зоны основания архитектурных памятников в многокомпонентном подземном пространстве, включающем, как правило, слабые песчано-глинистые грунты, контаминированные подземные воды и газы биохимического генезиса. В данной работе исследуется один из главных элементов ансамбля Дворцовой площади – Александровская колонна, - с целью оценки её современного состояния путем анализа природных и техногенных факторов, воздействующих на его наземную и надземную части. Кроме того, впервые приводится характеристика её подземных несущих конструкций – свайного фундамента, - и выполняется анализ их состояния с учетом исторического аспекта инженерно-хозяйственной деятельности в пределах зоны размещения памятника в XV-XXI вв., особенностей инженерно-геологического строения и контаминации грунтовых вод в разрезе основания колонны.

Александровская колонна – выдающееся произведение французского архитектора Огюста Монферрана, посвященное победе Александром I над Наполеоном I в Отечественной войне 1812 г. От момента подготовительных работ по отделению монолита гранита рапакиви в Пютерлакском карьере, расположенном в юго-восточной части Финляндии, до освящения монумента прошло долгих 5 лет (1829-1834 гг.), о чём подробно рассказывает в своих записках сам архитектор, его современники и исследователи его жизни и творчества [4,7,9]. Среди сооружений подобного типа – колонн, - монумент занимает первой место по высоте (47,5 м, считая от основания цоколя до высшей точки креста в руках ангела), превосходя своими размерами колонну Траяна в Риме и Вандомскую колонну в Париже, служивших её прообразами [7]. Наземная часть архитектурно-исторического памятника состоит из (сверху вниз): бронзовой фигуры ангела с крестом, стоящей на полусферическом навершии цилиндрического пьедестала, абаки, капители, ствола колонны, выполненного из гранита рапакиви, постамента и гранитного цоколя. За 188 лет функционирования реставрация как всей наземной части монумента, так и отдельных её элементов производилась более 10 раз, что было связано с необходимостью устранения видимых трещин на стволе колонны, а также удалением последствий выщелачивания известкового раствора кирпичной кладки абаки [5]. Самые капитальные работы по обследованию и реставрации были проведены в 2001-2003 гг. Среди исследователей, занимавшихся вопросами состояния видимой части Александровской колонны в XIX-XXI вв., стоит отметить Г.А. Струве, Г.И. Гесса, Г.П. Гельмерсена в XIX в. [1], В.К. Шуйский в XX в. [9], Д.В. Любина [4,5], М.А. Иванов в XXI в. и др.

Когда на стволе колонны уже в первые годы её функционирования зафиксировали трещины, начались исследования по выявлению причин их формирования и развития. Среди них называли как неравномерный нагрев в течение суток и времени года колонны, и несчастный случай, произошедший при её транспортировке с месторождения: деревянные брусья, служившие в качестве моста между молотом и палубой, разломались, в результате чего монолит упал на расщепленные бревна. Нами выполнен анализ структурно-тектонических условий территории,

в пределах которой расположен карьер, откуда был отобран монолит для изготовления колонны. Величина избыточных тектонических напряжений на рассматриваемой территории западной части Финляндии по данным полевых замеров Н. Хаста позволила установить закономерность их изменения по глубине z , м:

$$\sigma_x + \sigma_y = (19,1 \pm 0,1) + (0,099 \pm 0,003) \times z, \text{ МПа} \quad [2]$$

где σ_x, σ_y – избыточные горизонтальные напряжения, МПа

При условии, что монолит отделяли на глубине около 7,0 м, величина горизонтальных (сжимающих) напряжений варьируется от 19,7 до 19,9 МПа. По данным исследований в лаборатории Института инженеров путей (ныне – Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщений) в XIX в. максимальная величина сопротивления сжатию гранита рапакиви равна 58 МПа [6], величина сопротивления растяжению составляет 1/10 от сжатия.

Под действием избыточных напряжений в гранитном массиве шло формирование микро- и макротрещин в горизонтальном направлении. При обосновании места отбора гранитной глыбы для колонны, Монферран зафиксировал видимые субгоризонтальные трещины, которые облегчили проведение работ в карьере. После установки колонны на постамент и нагружения наверху, направление микротрещин в теле колонны изменилось на субвертикальное. Раскрытие микротрещин под действием напряжений, вызванных давлением за счет наверху и собственной массы колонны, активизировало процесс стресс-коррозии, протекающей по настоящее время и способствующей протеканию раскрытия трещин.

В рамках работ по оценке состояния проводились геодезические замеры крена колонны, показавшие смещение в 31 мм в 1937 г., а затем в 65 мм в 2000 г., крен направлен на юго-восток в сторону набережной реки Мойки [5]. Информация о дальнейших геодезических исследованиях отсутствует. В 2003 г. в ходе проведения расчетов устойчивости колонны определен её максимальный допустимый наклон, равный 60 мм. Определенная нами скорость крена Александровской колонны – 0,5 мм/год рассматривается как опасная величина, по мнению исследователей длительной устойчивости архитектурных памятников.

Отдельного внимания заслуживают работы петербургских микробиологов, исследовавших разрушение гранитов рапакиви архитектурно-исторических памятников города. Ими установлено наличие следующих таксонов микроорганизмов: актиномицетов, микромицетов, силикатных бактерий, фотоавтотрофных организмов и др. [8]. Отмечается, что расселение микроорганизмов происходит только в увлажненных трещинах и рост массы биопленок способствует увеличению их раскрытия [8].

Что касается подземной части монумента, то для устройства свайного фундамента был вырыт котлован глубиной 4,26 м. Со дна котлована забивались сосновые сваи диаметром от 0,27 до 0,31 м, длиной 6,40 м, расположенные на расстоянии 0,70 м от центра до центра [9]. Общее количество свай вне котлована и внутри его составило 1201 шт. из них: 1102 – забиты во время проведения работ, 99 – обнаружены при устройстве котлована (на этом месте Растрелли планировал установить памятник Петру I). На сваи было уложено 13 рядов гранитных блоков толщиной около 0,50 м, обложенных со всех сторон путиловским известняком.

В инженерно-геологическом разрезе основания колонны прослеживаются слабые песчано-глинистые водо- и водогазонасыщенные грунты техногенного, озерно-морского, озерно-ледникового и ледникового генезисов. Данный разрез установлен по бурению скважины в 1929 г., пробуренной на глубину 25 м для целей обследования подземной части монумента. Вследствие продолжительной контаминации подземного пространства за счет длительного заболачивания рассматриваемой территории, особенностей её инженерно-хозяйственного освоения, преимущественно сельскохозяйственного, до основания города, позднее в этой зоне функционировали дома знати и служителей Морского ведомства, а с 1754 г. началось строительство комплекса зданий Зимнего дворца. В настоящее время Александровская колонна расположена в узле системы локальной канализационной сети. Утечки из систем водоотведения приводят к негативной трансформации состава, состояния и свойств грунтов, изменению окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий подземных вод, а также формированию и развитию опасных природных и природно-техногенных процессов, среди которых следует выделить плывуны, тиксотропию грунтов, биохимическое газообразование, изменение напряженно-деформированного состояния грунтовой толщи, а также биокоррозию конструкционных материалов [3].

Если о влиянии болот и поселений мы можем судить косвенно, то воздействие утечек из канализационной сети на особенности условий подземного пространства не вызывает сомнений. По данным химического анализа грунтовых вод, отобранных в процессе буровых работ в непосредственной близости от монумента (2002 г.), отмечается высокое содержание легкоокисляемой органики ($>100 \text{ мгО}_2/\text{л}$), способствующей формированию восстановительных условий. Кроме того, на утечки из локальных систем водоотведения указывают значения ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+ (>2000 \text{ мг/л})$, $\text{Cl}^- (>3000 \text{ мг/л})$, $\text{SO}_4^{2-} (\sim 300 \text{ мг/л})$ и минерализации ($> 6 \text{ г/л}$). Отмечаемые нехарактерные для состава грунтовых вод повышенные значения ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} указывают на выщелачивание известкового материала – путиловской плиты, являющейся частью несущей конструкции – фундамента.

Обобщая все вышесказанное, подземное пространство под Александровской колонны характеризуется крайне сложными и специфичными инженерно-геологическими и геотехническими условиями. Следует подчеркнуть, что несущие конструкции архитектурно-исторического памятника находятся в неудовлетворительном состоянии, что безусловно сказывается на его общей устойчивости в целом. Для более детальной оценки устойчивости монумента с целью его сохранения как культурного наследия мирового значения необходима разработка программы мониторинга, которая должна включать геодезические 3D – наблюдения и замеры крена по наземным и подземным реперам; оценка состояния подземных несущих конструкций – методом неразрушающего контроля; проведение работ по выполнению прогноза трещинообразования колонны, а также постамента и объектов наверху, в том числе причин разрушения бронзовой отделки.

Литература

1. Гельмерсен, Г. П. Александровская колонна в Санкт-Петербурге [Текст] / Г. П. Гельмерсен // Горный журнал. – 1862. – Кн. 5. – С.219-231.
2. Дашко, Р. Э. Механика горных пород: Учебник для вузов [Текст] / Р. Э. Дашко. – М.: Недра, 1987. – 264 с., ил.
3. Дашко, Р. Э. К вопросу о необходимости изучения влияния болот как биогеоценозов на изменение инженерно-геологических условий [Текст] / Р. Э. Дашко, А. Г. Карпенко // Инженерная геология. – 2021. Т. 16. - №2. - С. 32-41.
4. Любин, Д.В. Александровская колонна [Текст] / Д. В. Любин. – СПб: Изд-во Гос. Эрмитажа, 2013. - 98 с., ил.
5. Любин, Д.В. Александровская колонна. История реставрации. Профилактический уход [Текст] / Д. В. Любин, Е. И. Макеева // Музей под открытым небом. Стратегия сохранения скульптуры в городской среде. – СПб: Знак, 2018. - С. 66-72.
6. Лямин, Н. Н. Естественные каменные строительные материалы [Текст] / Н. Н. Лямин // Зодчий. – 1903. № 45 – С. 507-511 (прод. №47. – С. 531-535).
7. Никитин, Н. П. Огюст Монферран: проектирование и строительство Исаакиевского собора и Александровской колонны [Текст] / Н. П. Никитин. – Ленинград: Ленингр. отд-ние Союза сов. архитекторов, 1939. – 348 с.
8. Биологическое выветривание гранита рапакиви в условиях городской среды [Текст] / Е. Г. Панова, А. Д. Власов, Т. А. Попова, М. С. Зеленская, Д. Ю. Власов // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2015. – Т.7. - №1. – С. 61-79.
9. Шуйский, В.К. Огюст Монферран: история жизни и творчества [Текст] / В.К. Шуйский. – М.: Центрполиграф; СПб: МиМ-Дельта, 2005. - 413 с.

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МОНИТОРИНГ
КРИОЛИТОЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ИМЕНИ Р.ТРЕБСА И А.ТИТОВА**

Кильсинбаев Р.А.

Научный руководитель профессор Мустафин С.К.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Целью работы является мониторинг криолитозоны и изучение специфических грунтов на примере нефтяного месторождения Р.Требса и А.Титова.

Задачей является новый перспективный район нефти (балансовый запас 140 мил.т.), расположенный в арктических районах и является одним из немногих слабоизученных регионов России, для открытия новых месторождений нефти, который требует дальнейшего инженерно-геологического изучения и изучения физико-механических свойств грунтов, с привлечением новых технологий в условиях вечной мерзлоты.

Объектом инженерно-геологических изысканий выступают специфические грунты месторождения Р.Требса и А.Титова, к ним относятся (многолетнемерзлые, органические (торф) и засоленные), залегающие на глубине около 15-25 м. Для достижения цели поставлены задачи – охарактеризовать специфические грунты и разработать методы защиты от негативных последствий криогенных процессов в соответствии с новыми нормативными требованиями и производить систематический мониторинг инженерно-геологических сооружений.

Криолитозона – это территория, на которой распространены мерзлые, морозные и охлажденные породы. Основные исследования в области геофизиологии были начаты в СССР в 1927 году и связаны с именем М.И. Сумгина, а затем огромный вклад внесли ученые – Н.И. Толстихин, В.А. Кудрявцев, П.А. Шумский, И.Я. Баранов, А.И. Попов и другие [1, с. 36].

Оценка перспектив нефтегазоносности этой территории проводилась главным образом в 90-х годах прошлого столетия. Нефтепоисковые геолого-разведочные работы в этом регионе были прекращены и в последующие три десятилетия носили несистемный фрагментарный характер.

На данный момент в разработке углеводородного сырья привлечены предприятия «Лукойла» и «Башнефти» — ООО «Башнефть-Полюс», совместно на геологическое изучение, разведку и добычу.

Проведение инженерно-геологических изысканий в пределах криолитозоны требует тщательного подхода, потому как развитие многолетнемерзлых пород может приводить к возникновению деформации сооружений которые в дальнейшем могут привести к разрушениям и экологическим катастрофам.

Особенности криолитозоны и характеристика грунтов

К основным особенностям месторождения относят арктические климатические условия (арктическая ночь), минусовые температуры, ветра, холода в которых приходится столкнуться человеку при выполнении инженерно-геологических изысканиях. Дорожная сеть на территории месторождений отсутствует. Ближайшая дорога для круглогодичных грузоперевозок начинается в 134 км к юго-западу от лицензионного участка — в вахтовом посёлке Харьягинский. Транспортировка людей и грузов по земле возможна лишь в зимнее время по зимникам; летом — только по воздуху с помощью вертолётного транспорта.

К северу от лицензионного участка, примерно в 15 км от месторождения им. Романа Требса находится вахтовый посёлок Варандей с современным морским портом для приёма крупных морских судов и терминалом для загрузки танкеров.

Район исследования характеризуется развитием следующих специфических грунтов – многолетнемерзлые, органические (торф) и засоленные, которые требуют дальнейшего изучения физико-механических свойств грунтов. Изучение грунтов возможно в специальных лабораториях по мерзлым грунтам, которые в России не распространены. Проблемой остается транспортировка отобранных материалов (керна, монолита) на большую землю.

Опасные инженерно-геологические процессы в криолитозоне

В пределах участка изысканий развиты процессы заболачивания, термокарста, морозного пучения (грунты деятельного слоя являются повсеместно пучинистыми) и обводнения (в период оттаивания деятельного слоя июнь-сентябрь ожидается поднятие грунтовых вод – до дневной поверхности). Зоны развития термокарстовых образований приурочены к торфяникам, т.к. органические грунты имеют специфические особенности, малая прочность и большая сжимаемость с длительной консолидацией при уплотнении. Поэтому в инженерно-геологическом отношении торф крайне неблагоприятен.

Согласно СП 116.13330.2012 [2], в качестве инженерной защиты от термокарста применяют мероприятия, не допускающие или частично допускающие протаивание льдистых горизонтов грунтовой толщи.

Криогенное пучение проявляется в естественных условиях в виде сезонных и многолетних бугров пучения. Сезонные бугры пучения приурочены к долинам ручьев и малых рек, к логам, нижним частям склонов и хасырям (осушенным озерным котловинам). Потенциальная опасность криогенного пучения в районе работ очень высока. Это очень важно учитывать при строительстве объектов.

В ходе проведения инженерно-геологических изысканий установлено, что для района исследования характерны специфические грунты – многолетнемерзлые, органические (торф) и засоленные.

На участке изысканий развиты опасные геологические процессы – заболачивания, термокарста, морозного пучения и обводнения (в период оттаивания деятельного слоя июнь-сентябрь ожидается поднятие грунтовых вод – до дневной поверхности).

Изучение физико-механических свойств грунтов в криолитозоне крайне важно при проведении инженерно-геологических изысканий.

Производить мониторинг уже построенных объектов, которые могут выявить деформационные нарушения и предупредить их локализацию, для предотвращения аварий, которые повлекут за собой экологическую катастрофу с ее последствиями.

Производить систематический мониторинг техногенного вмешательства в криолитозону с ведением общей системы изменений по России, а также делать прогноз тех изменений, которые произойдут в геологической среде, в первую очередь в грунтах, в процессе строительства и при эксплуатации сооружений.

Литература

1. Ершов, Э.Д. Общая геокриология: Учебник / Э.Д. Ершов. – М.: МГУ, 2002. – 682 с.
2. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ В НАДЫМСКОМ РАЙОНЕ. ВЕРИФИКАЦИЯ ДАННЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ И НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ Козодеев К.С., Сафарова В.И.

Научный руководитель ведущий научный сотрудник Губарьков А.А.
Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

Надымский стационарный участок расположен в 30 км к юго-востоку от г. Надым в центре Надымского административного района Ямало-Ненецкого автономного округа. Надымский район граничит: на юге с ХМАО, на севере омывается Обской губой, так же, на севере граничит с Ямальским районом, на северо-востоке с Гыданским п-овом (Газовский район), на востоке и юго-востоке с Пуровским районом. Административный центр, город Надым имеет координаты 65°32'0"с.ш., 72°31'0"в.д. Площадь района составляет 110 тыс. км², население 46 тыс. человек. Надымский район расположен в северо-западной части Западно-Сибирской равнины [1].

Цель данного исследования – изучение инженерно-геокриологических условий на Надымском стационаре.

Задачи работы – провести районирование и типизацию криолитозоны по инженерно-геокриологическим условиям для последующего освоения территории, по опасным криогенным процессам.

Актуальность

Использованная методика моделирования в программе Q-Frost используется для моделирования условий для определения отепления и промерзания грунтов в исследуемом районе.

Научная новизна представленной работы сводится к верификации граничных условий на прошлые временные промежутки.

Результаты работы могут способствовать прогнозированию опасных криогенных процессов и получению данных для последующего освоения территории.

По данным многолетних наблюдений на Надымском стационаре на плоскобугристых относительно дренированных торфяниках северной тайги Западной Сибири в 1966-2021 гг. вслед за потеплением климата наблюдается увеличение глубины сезонного оттаивания со скоростью 5 см/год.

Плоские торфяники являются наиболее устойчивыми к потеплению ландшафтами.

На дренированных плоскобугристых торфяниках происходит образование участков с мерзлотой несдвигающегося типа, и площади участков быстро увеличиваются.

Сохранившиеся участки с мерзлотой сдвигающегося типа приурочены к центральной части плоскобугристых торфяников.

В северной тайге на глубину сезонного оттаивания большое влияние помимо температур воздуха оказывают другие параметры, определяющие условия теплообмена на поверхности.

В данной работе была смоделирована площадка Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM), существующая реально, на которой проводится мониторинг с 1966 года.

Рельеф площадки был построен по нивелированию поверхности за 2019 год. Был выбран профиль, вдоль которого наиболее четко наблюдается неровность поверхности рельефа.

При моделировании бралось среднее значение толщины снега за периоды с 1966 по 1989 годы и с 1990 по 2019 годы по данным метеостанции, затем приводились к реальным значениям с помощью сравнительного анализа с существующей снегомерной съемкой, тем самым эти данные были максимально приближены к реальности.

В учет бралась солнечная радиация за периоды с 1966 по 1989 годы и с 1990 по 2019 годы. Она рассчитывалась при помощи известных значений скорости ветра, температуры воздуха, географического расположения и альбедо, которое рассчитывается с учетом типа поверхности. Выбор типа поверхности производился по аэрофотоснимку, сделанному с квадрокоптера в высоком разрешении.

При моделировании разреза в программе Q-frost использовались данные из ближайших пробуренных скважин, а также лабораторные исследования грунтов.

Начальное распределение температуры было взято из сравнительной аналитики грунтов с 1966 по 1990 гг.

В результате получились данные, которые представлены на рисунке 1. Исходя из анализа модели можно сделать вывод, что на поверхностях, которые покрыты торфом, грунт сохранил свое мерзлое состояние.

По результатам собственных полевых наблюдений за 2021 год, а именно измерений кровли сезонно-талого слоя, видно, что его кровля уходит на глубину, но не повсеместно, что также подтверждает данная модель.

В качестве сравнения с первой моделью (рис. 1) в данной работе было проведено моделирование площадки Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) в период с 1990 по 2019 годы, но значения толщины снега были взяты с метеостанции без сравнительного анализа с существующей снегомерной съемкой. Также не учитывалась поправка на солнечную радиацию. Результаты построения данной модели представлены на рисунке 2.

Моделируя процесс с помощью данных по метеостанции и данных реальных наблюдений, получаются различные результаты. Из этого можно сделать вывод, что процессы нельзя моделировать, оперируя только данными по метеостанции, так как результаты будут сильно отличаться от реальных. Метеостанция города Надыма находится в очень специфичных условиях: с двух сторон она окружена дорогами, а также сама метеостанция находится в лесной зоне. Исходя из этой информации можно сделать вывод, что толщина снежного покрова и продолжительность таяния его будет гораздо выше, чем в других местностях вблизи города Надым.

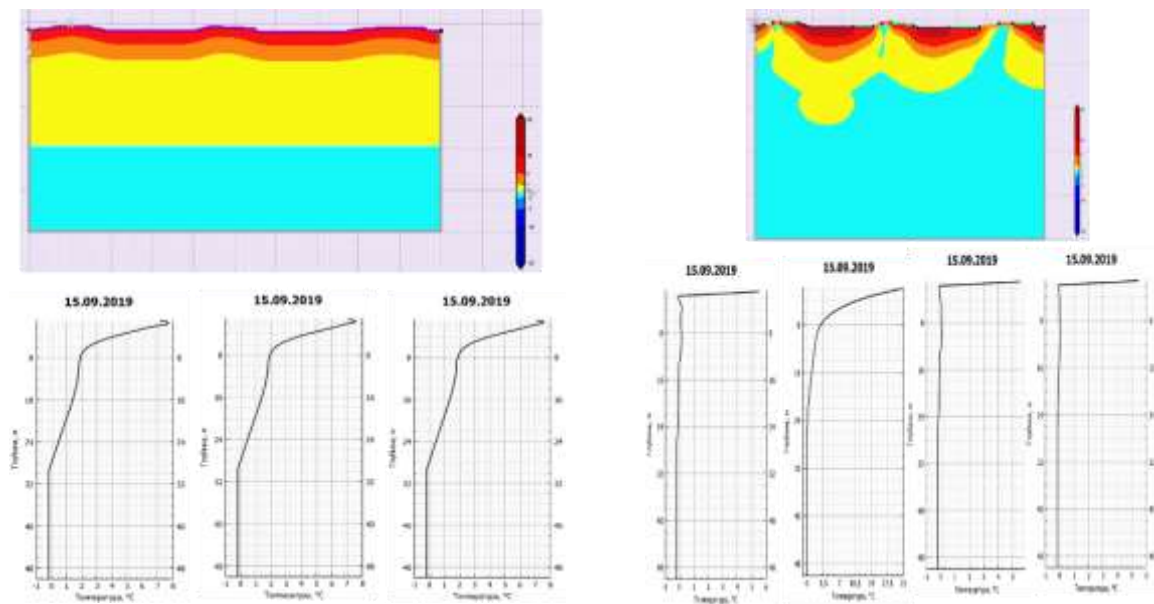


Рис. 1. Модель с данными по метеостанции

Рис.2. Результаты с учетом всех граничных условий

Заключение

В результате работ была измерена глубина сезонно-талого слоя по 2 площадкам Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) и пяти профилям и профилю на Пинго. Выполненные в 2021 г. измерения показали, что глубина протаивания пород в XXI веке увеличилась, как и следовало ожидать, поскольку в XXI веке продолжалось повышение температуры воздуха. Однако темпы увеличения глубины протаивания пород на торфяниках с различным строением разреза и высотами оказались неоднозначными. По темпам увеличения глубины протаивания следует выделять 2 группы участков: с медленным увеличением глубины протаивания в торфе и с быстрым увеличением глубины протаивания на которых сезонное протаивание меньше глубины промерзания и сезонная мерзлота более не сливается с многолетней, кровля многолетнемерзлых пород переуглублена.

По результатам сравнения двух моделей в одинаковый период времени, можно сделать вывод, что, продолжая эту работу можно улучшить результаты при долгосрочном моделировании и более точно предсказать поведение грунтов. Работа в данном направлении будут продолжены.

Литература

1. Трофимов В.Т., Васильчук Ю.К. Баулин В.В. и др. Геокриология СССР. Западная Сибирь. – М.: Недра, 1989.
2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/data>

**ФИЛЬТРАЦИОННАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ
ГРУНТОВ: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ**

Колосова Д.Л.

Научный руководитель профессор Дашко Р.Э.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время гипотеза фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых грунтов широко используется в практике инженерной геологии, геотехнике, механике грунтов и гидрогеологии.

Основоположником гипотезы фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых грунтов является К. Терцаги, выпустивший свою первую работу в 1925 г., время, когда отсутствовали исследования по структурам воды и природе прочности глинистых грунтов. К. Терцаги в 1926 г. писал: “моя теория вышла из чернилницы и должна проверяться практикой”. В последующие года теории дополнялись новыми исследованиями. В 1933 г. Д. Берналом и Р. Фаулером была предложена модель структуры воды, специфика свойств которой определяется наличием водородных связей, ее исследования продолжают и в настоящее время. В дальнейшем гипотеза фильтрационной консолидации была дополнена В.А. Флориным в 1963 г. введением в расчетную модель грунта прочности скелета и начального градиента напора (J_n). Позднее модель развивали Н.А. Цыгович и З.Г. Тер-Мартirosян, которые предложили для грунтов текучепластичной консистенции применять теорию фильтрационной консолидации, для мягкопластичной консистенции обязательно учитывать J_n и структурную прочность, для тугопластичной и полутвердой консистенции учитывать ползучесть скелета. Н.Н. Маслов ограничил возможность применения гипотезы фильтрационной консолидации только для глинистых грунтов нарушенного сложения текучей и текучепластичной консистенции. Ю.К. Зарецкий обосновал, что при степени водонасыщения глинистых грунтов менее 0,95 поровое давление не возникает, деформации грунтов происходят только за счет ползучести скелета. В развитии теорий также принимали участие Н.М. Герсванов, С.А. Роза, М.Ю. Абелев, М.В. Малышев и др. В более позднее время появились гипотезы, основанные на реологических принципах (А.И. Ксенофонов, 1968 г.).

До 80-х годов XX века в исследованиях структуры поровой воды в дисперсных грунтах не использовались современные достижения в области физики и физикохимии. Как известно, жидкое состояние вещества по теории Я.И. Френкеля определяется движением его молекул: 1) колебаниями и вращательными движениями вокруг временных положений равновесия; 2) скачкообразными перемещениями из одного положения в другое (трансляционное движение). Изменение структуры жидкого вещества под воздействием активных центров рассматривается Г.И. Дистлером. Известно, что глинистые частицы имеют энергетически-неоднородные активные центры, которые приурочены к структурным дефектам и неоднородностям кристаллической решетки частицы. Первые из них – эпитаксиальные, изменяющие структуру воды, вторые – поляризующие дальнедействующие, останавливающие трансляционное движение молекул [1].

Особенности структуры поровой воды в глинистых грунтах проводилось на физическом факультете Санкт-Петербургского государственного университета Р.Э. Дашко под руководством доктора физико-математических наук В.И. Чижика с использованием метода ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) в зависимости от содержания глинистой фракции, ее минерального состава и физического состояния грунтов (рисунок). Сущность метода сводится к определению скорости обмена (T_1) между спиновой системой (совокупности ядерных моментов) и решеткой (веществом, в котором возникают ядерные моменты) [2]. Данная скорость обмена носит название время продольной релаксации.

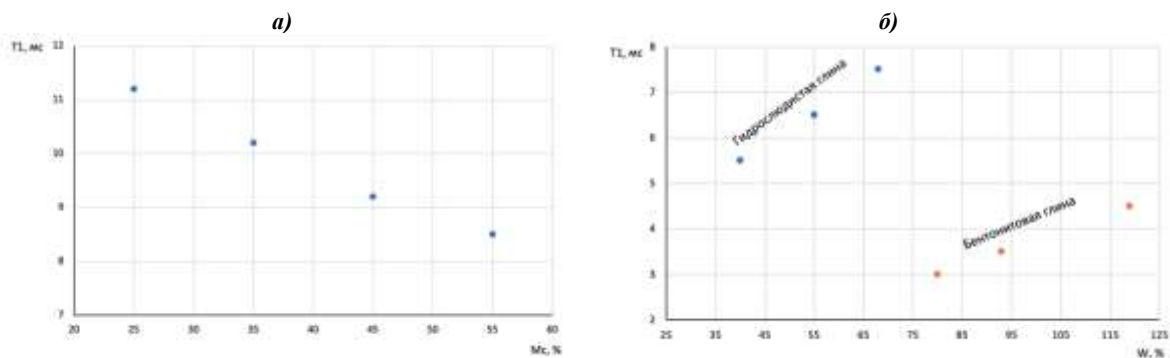


Рис. Изменение времени продольной релаксации поровой воды T_1 от
а) содержания глинистой фракции в грунте (M_c);
б) минерального состава глинистых грунтов [1]

Параметр T_l для чистой дистиллированной воды составляет 2,5 с, для бидистиллированной воды T_l – более 3 с, а для поровой воды в тонкодисперсных грунтах T_l снижается до $n \cdot 10^{-3}$ с [1]. Анализируя вышеприведенные графики, можно отметить, что интенсивность трансляционного движения молекул воды уменьшается по мере роста глинистой фракции и снижения влажности грунтов. Особо отчетливо наблюдается уменьшение T_l для глин монтмориллонитового состава. При величине влажности грунта, близкой к пределу пластичности (W_p), не выявляется жидкообразное состояние воды, так как при ней интенсивность трансляционного движения молекул воды слишком мала. Р.Э. Дашко для оценки возможной фильтрационной консолидации в грунтах малой степени литификации была предложена эмпирическая формула – градиент начала фильтрационной консолидации $J_{\text{нфк}} = 100\sqrt{M_c}$, где M_c – относительное содержание глинистой фракции в грунте, определяющее количество активных центров [1], который по физической сущности отличен от начального градиента фильтрации (J_n).

В свете вышеизложенного, фильтрационная консолидация в основании водонасыщенных глинистых грунтах не развивается, грунт работает в условиях двухмерного или трехмерного сжатия с возможностью бокового расширения при сохранении постоянной влажности и плотности. Соответственно, расчетное сопротивление (R), определяющее зону линейной связи между давлениями и осадками в условиях их затухания, должно рассчитываться при параметрах сцепления (c) и угла внутреннего трения (φ), отвечающих схеме неконсолидированно-недренированных испытаний.

$$R = \frac{\pi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} \left(0,25b\gamma + \gamma'h_\phi + \frac{c}{tg\varphi} \right) + \gamma'h_\phi, \quad (1)$$

где, b и h_ϕ – ширина фундамента и глубина его заложения, γ и γ' – средневзвешенный удельный вес грунтов, залегающих ниже и выше отметки дна котлована.

Следует отметить, что использование показателей c и φ , полученных по модели фильтрационной консолидации, приводит к завышению R за счет возрастания параметра φ .

Это положение можно рассмотреть на примере строительства четырнадцатизэтажного лабораторного корпуса на плитном фундаменте, шириной 20 м, заглубленного на 5 м. В основании сооружения прослеживаются моренные суглинки ($gIII_{\text{vd}}^c$). Допустимое давление R было рассчитано на основе испытаний грунтов по схеме КД: $c = 0,015$ МПа и $\varphi = 25^\circ$. Величина R , равная 0,73 МПа превышала на 40% давление от сооружения ($p_c = 0,52$ МПа). Однако при возведении 6-го этажа здания началось активное развитие неравномерных деформаций. Строительство было приостановлено и были организованы геодезические наблюдения за осадками и их неравномерностью, которые наблюдались 14 лет при отсутствии тенденции к их затуханию. Последующее опробование при бурении скважин моренных отложений в основании дало возможность установить отсутствие уплотнения водонасыщенных глинистых грунтов: значение влажности и плотности остались неизменными при сохранении их консистенции. Следовательно, развитие деформаций происходило за счет бокового расширения и отдавливания грунтов из-под фундамента, что отмечалось на дневной поверхности. Испытания морены в приборе трехосного сжатия по неконсолидированно-недренированной схеме испытаний показали, что ее параметры сопротивления сдвигу составляют: $c = 0,033$ МПа, $\varphi = 5^\circ$. Соответственно, их использование в расчетах привели к снижению R до 0,27 МПа, что полностью отвечало динамике развития деформаций при строительстве здания.

В механике грунтов теория фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых грунтов используется при прогнозировании деформаций дневной поверхности и осадок сооружений во времени (S_t). Величина S_t определяется по выражению, которое зависит от коэффициента скорости консолидации (C_u), фактора времени (T_u) и представлена в виде:

$$S_t = S_K \cdot U(T_u), \quad (2)$$

где S_K – конечная осадка, $U(T_u)$ – степень уплотнения грунта.

Вместе с тем, были сделаны проверки возможности развития фильтрационной консолидации водонасыщенных глинистых грунтов по величине C_u . Еще раньше было отмечено, что если C_u составляет менее 10^7 см²/год, то консолидация развивается настолько медленно, что ею можно пренебречь и расчеты устойчивости сооружения вести для неконсолидированного состояния глинистых грунтов.

В гидрогеологической практике при длительных откачках воды иногда скважины показывают большую водообильность по сравнению с прогнозируемой, что рядом исследователей объяснялось, как пополнение запасов за счет оттоков воды из глинистых водоупоров при повышении сжимающих напряжений при снижении уровня подземных вод. Известно, что при снижении напоров на 10 м, давление на нижележащие породы повышается на 0,1 МПа.

Неизменность физического состояния глинистых грунтов подтверждается наблюдениями за состоянием грунтов оснований различных длительно-эксплуатируемых сооружений. Постоянство физического состояния иольдиевых глин прослеживалось под фундаментами административного здания в Норвегии, г. Осло, в озерно-ледниковых отложениях хвостохранилища Кингисеппского месторождения фосфоритов, а также в основании хвостохранилища фабрики “Кольской ГМК”, где глинистые грунты в течение уже 50 лет они сохраняют свою текучую и текучепластичную консистенцию. Отсутствие уплотнения водонасыщенных глинистых грунтов в основании насыпей отмечалось во многих странах мира, например, в России, Белоруссии, Канаде (г. Маратами, Онтарио), Норвегии и др. [1].

При расчетах и прогнозировании устойчивости сооружений различного назначения на водонасыщенных глинистых грунтах необходимо переходить на реологические модели, которые отвечают реальной работе грунтов оснований, проектируемых по I-му и II-му предельным состояниям, и безусловно повышают безопасность строительства и эксплуатации ответственных объектов.

Литература

1. Дашко Р.Э. Инженерно-геологический анализ и оценка водонасыщенных глинистых пород как основания сооружений: Институт "Геореконструкция" – СПб., 2015. – 383 с.
2. Chizhik, V.I., Tagirov, M.S. Current trends in magnetic resonance // Applied Magnetic Resonance. – 2020 – Vol. 51 (2). – pp. 103-106.

**КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ РОССИИ**

Мартынов Т.Б.

Научный руководитель доцент Котюков П.В.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Предметом данного исследования являются водохранилища как уникальные инженерно-геологические объекты, представляющие собой одновременно гидротехнические сооружения искусственного генезиса и водоёмы особого типа, находящиеся в большой зависимости от влияния природных (прежде всего гидрометеорологических) факторов, и имеющие особую стратегическую важность как ключевые элементы регулирования речного стока со специфическим характером воздействия на биосферу.

Для решения вопроса стабильного водоснабжения в предвоенные и послевоенные годы в нашей стране было осуществлено масштабное строительство системы водохранилищ на основных крупных реках и водоёмах (Волга, Ангара, Кама, Енисей и других). Её элементы функционируют до настоящего времени от 30 до 80 лет в отдельных случаях. Целью работы было на примере 25 крупнейших по объёму и площади водохранилищ России проанализировать инженерно-геологические условия, позволившие на этапе их строительства дать обоснованную оценку и создать необходимые условия решения таких ключевых задач, как поддержание секторов водоснабжения, гидроэнергетики, теплоэнергетики, судоходства, рыбоводства, лесосплава и др., вследствие чего на основе анализа и выявления возможных закономерностей и взаимосвязей или их отсутствия оценить перспективы дальнейшей эксплуатации отечественных водохранилищ. При изучении темы использовались данные карт из открытых источников ВСЕГЕИ и ГИС-Атлас «Недра России» [1].

В основе анализа инженерно-геологических условий строительства водохранилищ лежит мониторинг таких факторов, как:

- 1) горные породы и их типизация (по классификации Саваренского-Ломтадзе, генезису и типу пород);
- 2) геологические процессы территорий строительства;
- 3) особенности гидрогеологического районирования (тип вод и режим водохранилищ).

По особенностям гидрогеологического районирования было установлено, что преобладающим типом вод являются пластовые субаэральные, в то время как по режиму сезонные и многолетние водохранилища распределены в среднем равномерно, при этом существенно превышая число сооружений с суточным режимом.

По данным типизации горных пород в основе водохранилищ, можно считать, что самым распространённым является строительство на мягких связных глинистых породах (наиболее часто встречающиеся породы – глины, суглинки и супеси), следующими по степени распространённости можно отметить рыхлые несвязные обломочные породы (в основном представленные песчаниками, песками и галечниками). Немного реже встречается строительство на относительно твёрдых-полускальных породах (песчаники, известняки, алевролиты) и достаточно редко для возведения водохранилищ затрагивают относительно твёрдые-полускальные органогенные и хемогенные породы (мергели, доломиты).

По характеристике геологических процессов, рассматриваемые водохранилища наиболее подвержены воздействию выщелачивания пород, а также эрозии; несколько реже встречаются явления локальных деформаций, переработки берегов, термокарста, оврагообразования и заболачивания; ещё более редки абразия, солифлюкция, образование наледей, обвальные, осыпные и просадочные процессы; к сравнительно малораспространённым можно отнести суффозию и дефляцию, а также оплывание берегов и пучения.

При сопоставлении основных аналитических сведений по крупнейшим водохранилищам России характерные взаимно обосновывающие закономерности между типом слагающих горных пород, типом вод, сезонностью и геологическими процессами очевидно не прослеживаются, что может быть объяснено тесной взаимосвязью геологических процессов не с вышеуказанными факторами, а прежде всего со специфическим гидрологическим и сезонным режимами рассматриваемых гидротехнических сооружений. В частности, (по Буторину, 1969) принципиальная важность динамики водных масс, первоочередно подчиняющейся воздействиям климатических факторов (подвержена сезонным изменениям), выявлена в результате продолжительных комплексных исследований отдельных водохранилищ на Волге [2].

Несмотря на отсутствие чётко выраженной зависимости протекания геологических процессов на водохранилищах как от генетического типа, так и от инженерно-геологических характеристик слагающих горных пород, комплексное изучение множества аспектов действующих отечественных водохранилищ позволило обнаружить ряд тенденций строительства:

- 1) большая их часть возведена в районах, по гидрогеологическому распределению приуроченных к зонам пластовых субаэральных вод, и равномерно представлена принадлежностью как к сезонному, так и многолетнему водному режиму;
- 2) строительство чаще всего связано с разработкой мягких связных глинистых пород, ключевыми из которых являются суглинки, глины и супеси;
- 3) наиболее характерными и сильновоздействующими геологическими процессами являются выщелачивание и эрозия.

№	Видоизменитель	Год	Река	Горные породы и их взаимное строение по П.И.Савицу, геологической или горной породам	Геологические процессы	Гидрогеологические районирования (тип водо)
1	Бурчанское	2012	Ангара	В - известняк (песч., аргилит), М - глина в (песч., сугилит), М - известняк (сугилитовый песок)	какт. оползневания, оползни, эрозия	плотные обводненные глыбы, оползни
2	Братское	1967	Ангара	В - известняк (апатитовый, песчаный), глина в (аргилит)	абразия, какт. оползни, эрозия	плотные обводненные глыбы, многолетнее
3	Бурханское	1976	Буря	В - глина в (песчаный, аргилит), известняк в (мергель)	скопление, эрозия	традиционные обводненные глыбы, многолетнее
4	Варнашское	1965	Тюль	М - глина в (песч., аргил., сугилит)	мелкая, обвалы, паводки, термокарст	традиционные обводненные глыбы, многолетнее
5	Ваньковское	1967	Ванька	В - известняк в (апатитовый, доломит), В - известняк в (мергель)	перколяция, оползни, термокарст, эрозия	плотные обводненные глыбы, многолетнее
6	Волгарское	1961	Волга	М - глина в (песч., сугилит, сугилит)	дефляция, засоление, оползни, сифонная эрозия	плотные обводненные глыбы, сезонная
7	Волжское	1964	Волга	В - известняк (песчаный, аргилит), известняк в (мергель)	эрозия	плотные обводненные глыбы, сезонная
8	Горьковское	1967	Волга	М - глина в (песч., аргилит, аргил.)	выщелачивание, переработка барана	плотные обводненные глыбы, сезонная, оползни
9	Зайское	1960	Зай	В - известняк (песч., доломит)	заболотнение, переработка барана	традиционные обводненные глыбы, многолетнее
10	Кавское	1964	Кама	В - известняк (песч., песчаный, гальчатый)	обводнение, оползни, переработка барана	плотные обводненные глыбы, сезонная
11	Красноярское	1970	Енисей	В - известняк в (апатитовый, песчаный, аргилит), М - глина в (сугилит, аргилит), М - известняк (сугилитовый песок)	абразия, выщелачивание, оползневания, просадка	традиционные обводненные глыбы и пещерные коррозийные оползни
12	Кубышевское	1967	Волга	В - известняк (песч., аргилит), известняк в (песчаный), известняк в (доломит, мергель)	выщелачивание, переработка барана	плотные обводненные глыбы, сезонная
13	Куньинское	1960	Куньин	М - глина в (песч., сугилит)	обводнение, эрозия	традиционные обводненные глыбы, многолетнее
14	Курьинское	1975-2002	Курья	В - известняк (сугилит), М - глина в (песч., сугилит)	мелкая, подтопление, паводки, термокарст	плотные обводненные глыбы, сезонная
15	Курьинское	1978	Кама	В - известняк в (сугилит), М - глина в (песч., сугилит)	выщелачивание, оползневания, деформация	плотные обводненные глыбы, многолетнее
16	Курьинское	1960	Обь	М - глина в (сугилит, сугилит, песок)	выщелачивание, переработка барана, провала	традиционные обводненные глыбы, сезонная
17	Курьинское	1964	Иртыш	М - глина в (песч., сугилит, песок)	провала, эрозия	плотные обводненные глыбы, многолетнее
18	Рыбинское	1941	Волга	В - известняк в (песч.), М - глина в (сугилит, песок)	обводнение, переработка барана	плотные обводненные глыбы, сезонная, многолетнее
19	Саратовское	1968	Волга	В - известняк (песч., сугилит), М - глина в (песч., сугилит)	выщелачивание, оползневания, деформация	плотные обводненные глыбы, сезонная
20	Самое-Шуваловское	1976	Волга	В - известняк (апатитовый, песчаный), глина в (аргилит)	абразия, выщелачивание	традиционные обводненные глыбы и оползневания коррозийные, многолетнее
21	Саратовское	1967	Сарга	В - известняк в (апатитовый, сугилит, аргилит), М - глина в (песч., сугилит, аргилит)	обводнение, оползневания, эрозия	традиционные обводненные глыбы, многолетнее
22	Саратовское	1972	Волга	В - известняк в (апатитовый, песч., известняк)	выщелачивание, оползневания, деформация	традиционные обводненные глыбы, сезонная
23	Усть-Минское	1977	Ангара	В - известняк (апатитовый), В - известняк (апатитовый), известняк в (аргилит)	выщелачивание, оползневания, эрозия, термокарст, солификация	плотные обводненные глыбы, сезонная
24	Цивильское	1962	Дон	М - глина в (сугилит, песок)	локальные деформации, солификация, эрозия	плотные обводненные глыбы, многолетнее
25	Человское	1980	Волга	М - глина в (песч., сугилит, сугилит, песок)	выщелачивание, эрозия	плотные обводненные глыбы, сезонная

Рис. 1. Таблица анализа данных 25 крупнейших водохранилищ России

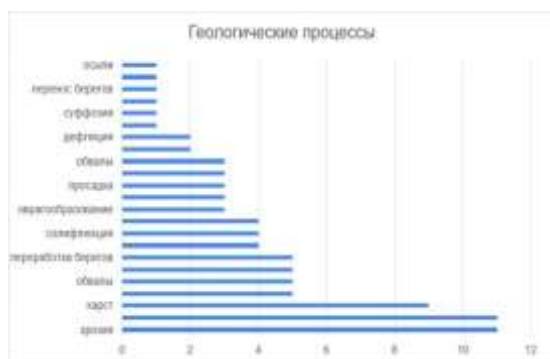


Рис. 2. Геологические процессы

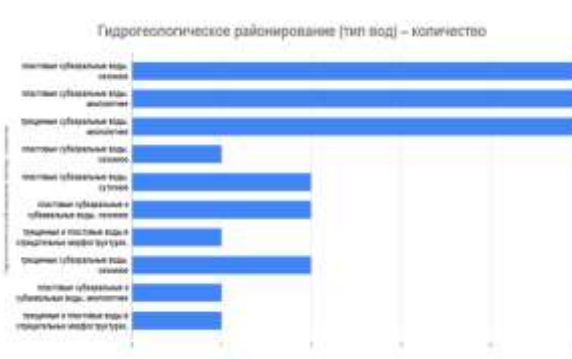


Рис. 3. Гидрогеологическое районирование

Для оценки перспектив дальнейшего использования рассматриваемых гидротехнических сооружений целесообразно обозначить ряд актуальных проблем эксплуатации, в качестве которых прежде всего выступает негативное воздействие вышеуказанных геологических процессов. Помимо этого, достаточно серьёзное влияние имеет комплекс особых внутриводоемных процессов, проявляющихся в качестве таких факторов, как: подпор подземных вод, изменение уровней в бьефах и связанные с ним затопления и подтопления, заиливание, изменение ихтиофауны, ограничение навигации, возникновение крупных мелководий, фильтрация в близлежащие окрестности и мн.др. Наряду с перечисленным, не менее значительной и, возможно, главной проблемой современных водохранилищ России является несоразмерное превышение срока их эксплуатации – большая часть построена в середине XX века и зачастую нуждается не только в капитальном ремонте, но и в полноценной технической модернизации [3].

В целом, несмотря на выявление ряда существенных проблем эксплуатации водохранилищ России и отсутствие чётких и реализуемых в короткие сроки способов их решения, проведённое исследование позволило получить обобщённое представление об основных инженерно-геологических условиях строительства данных гидротехнических сооружений и наметить тенденции их корреляции с другими эксплуатационными особенностями.

На основании всего вышеизложенного анализа инженерно-геологических условий строительства водохранилищ России, может быть дана следующая оценка перспектив эксплуатации данных гидротехнических сооружений: так как возведение рассматриваемых объектов сопряжено с разработкой конкретных вышеуказанных горных пород, обеспечивающей их качественное функционирование, несмотря на подверженность различным геологическим процессам и значительное превышение срока эксплуатации, для отечественных водохранилищ может быть актуально сохранение существующего комплекса мер по управлению гидрорежимом при условии допущения возможности как можно более оперативной и качественной модернизации. В то же время обнаружение зависимости особенностей эксплуатации водохранилищ и повышения их качества от совокупности ключевых инженерно-геологических условий и других факторов даёт основание для продолжения и расширения научных исследований по данной тематике.

Литература

1. Авакян А.Б. Водохранилища мира – М.: Наука, 1979 – 288 с.
2. Авакян А.Б. Водохранилища – М.: Мысль, 1987 – 325 с.
3. Корпачёв В.П. Водохранилища ГЭС Сибири. Проблемы проектирования, создания и эксплуатации – Красноярск: СибГТУ, 2015 – 205с.
4. Официальный сайт института геоэкологии РАН [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hge.spbu.ru/mapgis/subekt/obzorniye/obzorniye.html>

АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ ТУВА

Ондар С.О., Кара-Сал Л.В., Ооржак А.А.

Научный руководитель доцент Кашкак Е.С.

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Россия

Минеральные (лечебные) воды – природные подземные воды, оказывающие на организм человека лечебное действие, обусловленное повышенным содержанием компонентов, особенностями газового состава или общим ионно-солевым составом воды [2].

На территории Тувы находится большое количество различных по химическому составу и бальнеологическим свойствам источников минеральной воды, называемые местным населением «аржаанами». Аржааны – это не просто природное богатство нашей республики, но и объекты, связанные с культурно-историческими традициями, культовыми обрядами, с философским мировоззрением, в основе которого лежит единство природы и человека. Для того чтобы установить, к какому типу относится вода аржаанов, определить их лечебные свойства необходимо исследовать химический состав источников [3]. Поэтому их изучение не теряет актуальности и в настоящее время.

Целью работы было исследование физико-химического состава минеральных источников Центральной и Западной Тувы. Объектами исследования являлись минеральные источники Кызыл-Дуруг и Сенек, расположенные в Центральной Туве, и Шивилиг, Бел, Улаатай и Аксы-Туруг, расположенные в Западной Туве.

Для определения физико-химических параметров исследуемых вод проводилось согласно нормативным документам с использованием титриметрического, потенциометрического и спектрофотометрического методов исследования в лаборатории физико-химических методов исследования Тувинского государственного университета.

Пресный аржаан Кызыл-Дуруг (или Торгалыг) расположен в нескольких километрах к северо-западу от села Торгалыг. Здесь лечатся при суставных заболеваниях, при ангине, а особо отмечают, что он помогает при заболеваниях почек.

Аржаан Сенек – один из популярных и посещаемых питьевых аржаанов среди населения Республики Тыва. Минеральный источник Сенек используется населением в лечебных целях с 80-х годов. К аржаану Сенек ведет грунтовая дорога в южном направлении от трассы Кызыл – Шагонар, напротив села Хайыракан. Источник находится в 8 км от трассы. Этот аржаан имеет 4 скважины воды с повышенной минерализацией и родственным химическим составом [1].

Результаты исследования физических характеристик исследованных проб воды источников Улуг-Хемского района показали, что они имеют холодные воды: их температура составляет 3°C (аржаан Кызыл-Дуруг) и 9°C (аржаан Сенек). По органолептическим свойствам все исследованные воды были без вкуса и запаха. По цветности и мутности воды источников относились к прозрачным водам. По кислотности воды имели нейтральную реакцию среды. Сухой остаток воды в аржаанах Кызыл-Дуруг и Сенек составляет от 136 до 256 мг/л.

По величине общей жесткости вода источника Кызыл-Дуруг относится к мягким водам, а источника Сенек – к жестким водам. Содержание тяжелых металлов в воде аржаанов Улуг-Хемского района очень низкое. Перманганатная окисляемость воды тоже очень низкая.

Среди катионов в воде исследуемых источников преобладали ионы кальция и натрия, содержание других катионов было меньше. Вода исследуемых источников содержала до 56,11 мг/л ионов натрия и до 54,40 мг/л ионов кальция. Натрий, как и кальций, содержится во всех поверхностных и подземных водах. Содержание ионов калия в воде аржаанов незначительно.

Содержание гидрокарбонат-ионов достигала до 94,53 мг/л (источник Сенек). Концентрация сульфат-ионов достигала 104,4 мг/л, хлорид-ионов – 131,91 мг/л.

Количество нитрат-ионов в исследуемых водах было незначительным и достигало 5,22 мг/л. Нитрит-ионы и ионы аммония присутствовали в меньшем количестве.

В результате исследований выявлено, что вода аржаана Кызыл-Дуруг является хлоридно-гидрокарбонатной натриево-кальциевой. Вода аржаана Сенек имеет сульфатно-хлоридный натриево-кальциевый состав.

Минеральный источник Шивилиг расположен в Бай-Тайгинском районе и оснащен туристической базой. Минеральный источник популярен не только среди жителей Тувы, но и за пределами республики. Каждое лето в Туву приезжают туристы из других регионов России, чтобы принять оздоровительные процедуры в минеральных источниках. Минеральный источник Бел находится на возвышенной, холмистой местности отметкой 1250 м. На территории минерального источника растет степная растительность. Местные жители отмечают, что после принятия оздоровительных процедур с водой минерального источника бывали случаи излечения от частичного паралича. На водный родник чаще всего приезжают при заболеваниях суставов, костной и мышечной систем. Содержание кальция достигало 22,05 до 63,09 мг/л, а магния – от 24,7 до 74,0 мг/л. Ионы аммония и общее железо присутствовали в меньшем количестве. Концентрация достигала 0,12 мг/л, а общего железа 0,02 до 0,09 мг/л и не превышало значение предельно-допустимой концентрации.

При определении органолептических характеристик было выявлено, что вода источников Шивилиг и Бел прозрачна, не имеет осязаемого запаха, вкуса и привкуса. По общей жесткости исследуемая вода относится к мягким водам. Концентрация магния в источнике достигала 38,91 мг/л, кальция – 36,07 мг/л, аммония – 0,12 мг/л, общего железа – 0,09 мг/л. В результате исследований было установлено, что содержание хлорид-ионов в водах минерального источника Шивилиг равняется 0,85 мг/л, сульфат-ионов – 39,5 мг/л, гидрокарбонат-ионов – 36,6 мг/л.

Минеральные источники Бел (правый и левый выходы) – холодные, средняя температура 6,5°C. Состав гидрокарбонатный магниевый, вода ультрапресная, общая минерализация – 0,20 г/л, имеет слабощелочную реакцию (рН 8). Общая жесткость равна 2,3 мг-экв/л, т.е. вода мягкая. Радон – 21-22 Бк/л, (лечебная норма радона – 200 Бк/л и выше). Содержание кремнекислоты достигало 16,6 мг/л. По лечебным показателям норма кремнекислоты – не менее 50 мг/л, однако противовоспалительное действие оказывает уже при содержании 20 мг/л.

Воды минерального источника Бел относятся к питьевым водам приоритетного качества. По химическому составу вода минерального источника является гидрокарбонатной магниевый-натриево-кальциевой. Кремнекислота и органический углерод содержатся в нормах, близких к бальнеологическим. Вода также обладает противовоспалительным свойством, поскольку в ней содержится достаточное количество кремнекислоты.

Минеральный источник Улаатай (или Уерлиг) расположен в нескольких километрах от села Хандагайты Овюрского района Западной Тувы. Вода из источника Улаатай используется для лечения заболеваний пищеварительной этиологии, дополнительно при дисфункциях печени. Источник Аксы-Туруг расположен в 15 километрах от села Хандагайты в межгорных понижениях макросклона хребта Западного Танну-Ола. Воду минерального источника Аксы-Туруг используют в основном при гипертонии, суставных заболеваниях и дисфункциях опорно-двигательного аппарата. При исследовании общей жесткости воды источников относились к водам средней жесткости (°Ж = 4,1-4,2 мг-экв/л). Наибольшее содержание кальция выявлено в источнике Аксы-Туруг (63,09 мг/л), а магния – в источнике Улаатай (74,0 мг/л).

Таким образом, температура исследуемых вод колебалась в пределах 3 – 9°C и относились к холодным водам. По органолептическим свойствам все исследованные воды были без вкуса и запаха. По цветности и мутности

воды источников относились к прозрачным водам. По кислотности исследуемые воды источников Шивилиг и Сенек относились к водам с нейтральной средой. Среда вод источников Кызыл-Туруг, Аксы-Туруг и Улаатай была слабощелочной. Ионы аммония присутствовали в меньшем количестве, концентрация которых достигала 0,12 мг/л в источнике Шивилиг. Содержание общего железа колебалось в пределах от 0,02 до 0,09 мг/л и не превышало значение предельно-допустимой концентрации.

В источниках Сенек и Кызыл-Туруг среди анионов преобладали хлорид-ионы, содержание которых достигало 132 мг/л. Содержание сульфат-ионов варьировалось в широких пределах от 16,0 до 104,4 мг/дм³, содержание сульфат-ионов в минеральном источнике Аксы-Туруг выявилось меньше всего. Содержание гидрокарбонат-ионов преобладало в минеральном источнике Сенек и Кызыл-Туруг, концентрацией равной 94,53 мг/л.

Литература

1. Аракчаа К. Д. Слово об аржаанах Тыва [Текст] / К. Д. Аракчаа. – М: ПолиКом, 1995. 25 с.
2. Официальный сайт. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Электронный ресурс]. – СанПиН <http://gptek.spb.ru/static/uploads/files/fea5b330e1.pdf>
3. Физико-химический обзор аржаанов Овюрского района [Текст] / Соднам Н. И., Кашкак Е. С., Ооржак У. С. Вестник Тувинского государственного университета. Выпуск 2. Естественные и сельскохозяйственные науки. – 2019. – № 4. – С. 52-58.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ "ТЕПЛЫЙ КЛЮЧ" (АМГИНСКАЯ ГРУППА, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Павлов А.А.^{1,2}

Научный руководитель заведующий научно-исследовательским отделом Брагин И.В.²

¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Месторождение термоминеральных подземных вод «Теплый ключ» приурочено к восточной части горной системы Сихотэ-Алинь, к долине р. Амгу, впадающей в Японское море. Источник расположен в 18 км на север от ближайшего населенного пункта – пос. Амгу, и в 220 км от районного центра – пгт. Терней. В настоящее время источник находится в ванном корпусе, каптирован колодезем. Колодец стоит на коренном, скальном основании. Дно колодца неровное, максимальная глубина колодца 1,7 м, слой воды 1,2 м. Вода в колодце прозрачная с голубоватым оттенком. На дне видна зияющая трещина, из которой периодически поднимаются пузырьки газа. Непосредственно источник имеет координаты: 45,89701° с.ш. 137,5258° в.д. с абсолютной отметкой 108м [1].

Особенностью геологического развития территории является многообразие типов водовмещающих пород, наличие разноплановой разломной тектоники, которые обусловили очень сложные гидрогеологические условия, геотермическую и гидрохимическую обстановку.

Жильные термоминеральные воды месторождения Теплый ключ. Термоминеральные жильные воды являются обособленными и имеют локальное распространение. В пределах месторождения они выходят на поверхность по активной (раскрытой) зоне разлома на контакте вулканогенных и интрузивных образований верхнего мела, перекрытых с поверхности аллювиальными четвертичными отложениями. Разлом не имеет сопутствующей проработанной трещиноватой зоны. Регулирующие резервуары трещинных вод большой емкости отсутствуют. Также не наблюдается значительный прогрев массива горных пород вблизи источника. В водоносном горизонте аллювиальных четвертичных отложений термальные воды частично растекаются, купол растекания не превышает первые десятки метров. Источник восходящий. Первоначально, в естественных условиях, термоминеральные воды источника Теплый Ключ пробивали толщу четвертичных аллювиальных отложений и выходили на поверхность. Когда источник каптировали, уровень воды в колодце установился на отметке не выше 0,4-0,5 м от поверхности земли. Следовательно, когда колодец не эксплуатируется, наблюдается разгрузка термоминеральных вод в водоносный горизонт четвертичных аллювиальных отложений.

Водоносная зона вулканогенных образований верхнего мела. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми риолитами, перлитами, дацитами, риодацитами, игнимбритами, андезитами, андезито-базальтами, лавобрекчиями, их туфами, туффитами, туфоконгломератами. Зона содержит напорные и безнапорные воды. Подземные воды, приуроченные к верхней трещиноватой зоне, залегают первыми от поверхности, питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и за счет разгрузки вод других горизонтов. Разгрузка идет многочисленными родниками в эрозионных врезках. По химическому составу воды пресные, гидрокарбонатные натриевые.

Водозона интрузивных образований верхнего мела. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми гранитами, гранодиоритами. Мощность верхней трещиноватой зоны, обусловленной процессами выветривания, составляет до 30 м, ниже трещиноватость связана с разломами. Воды напорные в пониженных частях рельефа, безнапорные на возвышенностях и водоразделах. Питание подземные воды получают за счет инфильтрации атмосферных осадков на водоразделах и перетока из перекрывающих горизонтов. Разгрузка идет родниками, на заболачивание распадков, испарением. По химическому составу воды в основном пресные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.

По результатам многолетних наблюдений за изменением химического состава, вода характеризуется как теплая, пресная (M – 0,137-0,208 г/дм³), гидрокарбонатная (НСО₃ – 57–77 мг/экв%) натриевая (Na+K – 90-96

мг/экв%), кремнистая, щелочная (pH = 6,25-9,71) [Рис. 1]. Термальный источник Теплый ключ имеет температуру (Т = +34 - +37°C), Дебит источника составляет 0,65 л/с. Наблюдается незначительное выделение сопутствующего газа. Вода источника богата микрокомпонентами: Al – 0,02-0,092 мг/дм³; Ba – 0,001 мг/дм³; Be – 0,00005-0,00008 мг/дм³; B – 0,05 мг/дм³; Bi – 0,05 мг/дм³; V – 0,001 мг/дм³; W – 0,05 мг/дм³; Fe^{2+ 3+} – 0,05-0,1 мг/дм³; Cd – 0,0001 мг/дм³; Co – 0,005 мг/дм³; Li – 0,0064 мг/дм³; Mn – 0,01 мг/дм³; Cu – 0,018 мг/дм³; Mo – 0,04 мг/дм³; As – 0,01 мг/дм³; Ni – 0,0002 мг/дм³; PO₄ – 0,05 мг/дм³; Ag – 0,01 мг/дм³; Se – 0,0001 мг/дм³; Pb – 0,001 мг/дм³; Sr – 0,5-1,82 мг/дм³; F – 0,55 мг/дм³; Sb – 0,005 мг/дм³; Cr – 0,01 мг/дм³; U – 0,002 мг/дм³; Hg – 0,00002 мг/дм³; CN – 0,01 мг/дм³; Zn – 0,0016-0,026 мг/дм³; окисляемость – 0,64-2,04 мг/дм³; Сорг. – 1,08 мг/дм³; фенолы – 0,0005-0,0032 мг/дм³; I – 0,02-0,1 мг/дм³; нефтепродукты – 0,005-0,09 мг/дм³; АПАВ – 0,01-0,025 мг/дм³.

Вода источника «Теплый ключ» обладает бальнеологическими компонентами: температура (Т = +34 - +37°C), фтор (F – 0,5-1,2 мг/дм³), метакремниевая кислота, (H₂SiO₃ – 51,5-81 мг/дм³) и относится к группе минеральных кремнистых термальных вод различного ионного состава, является близким аналогом термальных вод Кульдурского (Чистоводненского) типа, рекомендуется для лечебно-профилактического наружного применения в виде ванн, бассейновых купаний и также для внутреннего применения как лечебно-столовую воду [2,3].

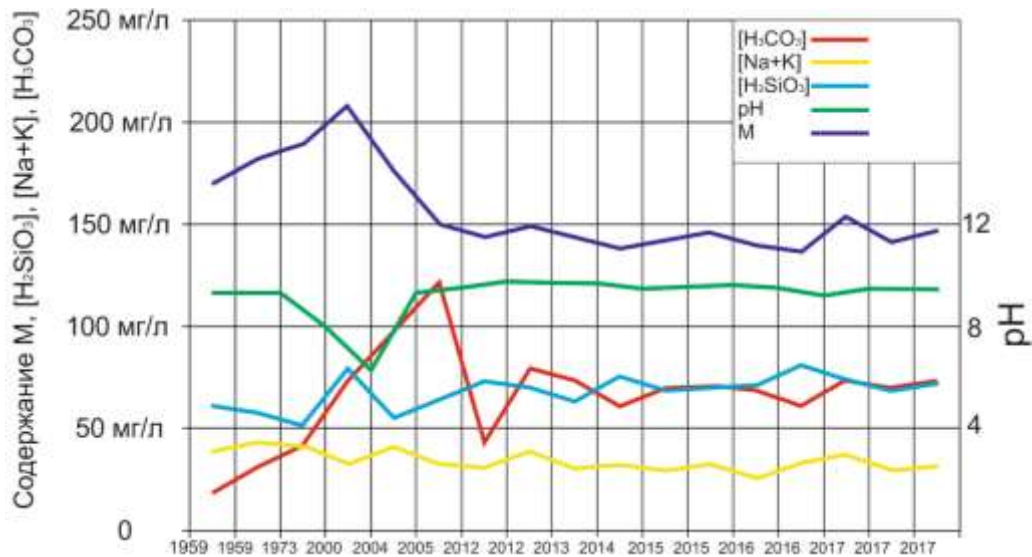


Рис 1. Изменение химического состава термоминеральных подземных вод месторождения Теплый ключ

Азотные термальные воды месторождения Теплый ключ контролируются активной частью зоны тектонического дробления на контакте вулканогенных и интрузивных образований верхнего мела, перекрытых с поверхности аллювиальными четвертичными отложениями. Относятся к пресным гидрокарбонатным натриевым, кремнистым, слаботермальным, щелочным, имеют незначительный дебит газа и являются близким аналогом вод Кульдурского (Чистоводненского) типа.

Работа выполнена в рамках реализации проекта Российского научного фонда № 22-27-00664 «Геохимия и условия формирования термальных вод вне современных вулканических районов Востока Евразии».

Литература

1. Авдеева А.Б. Основные типы минеральных вод юга Дальнего Востока (Приморский, Хабаровский края) и их ресурсы. //Вопросы изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата: Сб. науч. тр. ЦНИИКиФ. М., 1976. т.31, с. 19-30.
2. Минеральные воды Дальнего востока / НИИ мед. климатолог. и восстановит. леч. – Владивосток. Филиал ДНЦ физиолог. и патолог. дыхания СО РАМН; Под ред. Е.М. Иванова, Э.А. Эдаковой, М.В. Антонюк. – Владивосток, 1999. – Ч. 1 - 2. – 457 с.
3. Минеральные воды и лечебные грязи Дальнего Востока: справочник / сост. Б.И. Челнокова, Т.А. Гвозденко. – 3-е издание, доп. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2017. – 220с

ПРИМЕНЕНИЕ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВ

Палилкин А.А.

Научные руководители доценты Бракоренко Н.Н., Никитенков А.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На территории Российской Федерации широко распространены многолетнемёрзлые грунты.

Для определения температуры грунтов, возможны расчёты согласно СП 25.13330.2020, в которых температуры земной поверхности берутся по ближайшей метеостанции. В связи с малонаселённостью северных регионов эти станции могут находиться достаточно далеко от площадок строительства и эксплуатации сооружений.

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

Таким образом, целью работы является – оценка использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов, что является очень актуальным вопросом.

Актуальность данного исследования ещё заключается в достаточно широком распространении многолетнемёрзлых грунтов на территории Российской Федерации.

Для выполнения поставленной цели – нами выполнено определение температуры земной поверхности по данным космоснимков, расчетного значения температуры грунтов и сравнение полученных данных с реальными замерами температур воздуха и грунтов, для выявления связи между этими данными.

Собственно исходными данными и будут являться: спутниковые снимки, данные с метеостанции и данные реальных замеров температур.

За основу были взяты пока ещё доступные спутниковые снимки программы Landsat, конкретно Landsat 8. Спутник выведен на орбиту Национальным управлением космонавтики США и Геологической службой США. Данный спутник выполняет до 400 мультиспектральных снимков в сутки с разрешением до от 100 до 15 м на точку.

Путём комбинации снимков различных каналов и их обработки можно получать различные данные, которые потом можно интерпретировать в удобоваримый формат.

Для этого была проведена следующая работа:

Взяв за основу настоящие данные полевых измерений, чтобы было потом с чем сравнивать был произведён их анализ и отбраковка по тем или иным причинам скважин термокаротажа. Были отсеяны выработки с явными грубыми ошибками.

Затем был осуществлён перевод плоских координат в WGS-84 (систему координат, в которой сохраняются снимки Landsat 8).

Данные скважины, вернее крайние из них были нанесены на общедоступные карты Планеты Земля Google, и там же были подобраны ближайшие метеостанции и определены их координаты.

Такой метеостанцией стала Ныда на берегу Обской губы, а сама площадка наблюдений находится в 190 км восточнее на той же широте.

На сайте Геологической службы США был выбран интересующий нас регион, чтобы захватывать и места полевых измерений и площадь метеостанции. Там уже указали граничные условия, для отбора снимков, такие как: период, за который нас они интересуют – это с 21 марта 2018 г. по 8 мая 2018 г., облачность менее 10% – так как облака достаточно хорошо экранируют и вносят искажения в снимки. После этого были скачаны соответственно снимки, которые попадают в нашу область интересов.

Так мы получили 5 снимков захватывающие метеостанцию Ныда и 7 снимков по площадке полевых измерений.

Далее снимки были загружены в программный комплекс ArcGIS и на основе документации NASA была произведена их обработка:

- 1 Сначала было посчитано спектральное излучение на верхней границе атмосферы;
- 2 Затем была рассчитана яркостная температура с использованием метаданных спутника;
- 3 После этого был рассчитан пересечённый коэффициент на основе нормализованного относительного индекса растительности;
- 4 И в конечном итоге мы получили температуру поверхности.

Возле каждой скважины были построены буферные зоны по 100 м для захвата 3 соседних ячеек для получения локальной оценки, чтобы исключить локальные экстремальные термические отклонения, такие как тепло от работающих механизмов, возможных костров и т.д. То есть внутри этой буферной зоны за каждый доступный день наблюдения данные по температуре усреднялись.

Затем вокруг каждой скважины и метеостанции Ныда снимались показания температур поверхности со получившихся расчётным путём слоёв.

Все данные заносились в электронную таблицу на основе Microsoft Excel, в которой и проводились



Рис.1. Исходные данные для проведения исследований (данные дистанционного зондирования Земли, наблюдения на метеостанции и полевые измерения грунтов)

Таблица
Результаты проверки и корреляции температур

Дата	Метеостанция Ныда			Снимок
	миним.	средняя	максим.	
24.03.2018	-36,9	-31	-23,5	-28,2
26.03.2018	-31,4	-22,6	-13,3	-32,9
02.04.2018	-29	-23,5	-18,1	-24,4
27.04.2018	-7,2	-1,1	4,6	-1,8
06.05.2018	-15,9	-10,1	-5,1	-10,4
Коэффициент корреляции				0,925

дальнейшие расчёты.

С сайта meteo.ru был скачан архив доступных данных по температуре воздуха и толщине снежного покрова по метеостанции.

Для проверки принципиальной гипотезы о возможности использования такого способа оценки температур поверхности была проведена обработка 5 пар данных по метеостанции. Получившиеся данные статобработки признаны хорошими и по итогу коэффициент корреляции составил 0,925, что говорит о хорошей, устойчивой и вероятно прямой связи между этими наборами данных.

Затем данные по измерениям в скважинах были отсортированы и критически оценены, отбракованы либо откорректированы. В итоге получилось два массива температур:

- 1 температуры по снимкам
- 2 температуры по данным метеостанции Ныда.

Выборка составила 143 пары. Используя высказанное ранее предположение, что связь между наборами данных прямая, была произведена статистическая обработка отношения температуры со снимка к измеренной температуре на метеостанции согласно ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

В итоге осталось 100 пар данных. Были отбракованы резко выделяющиеся отклонения, связанные с инертностью термодинамических процессов.

По этим данным была произведена попытка расчёта коэффициента корреляции, который составил 0,872, что опять же говорит об устойчивой связи этих температур. То есть на конкретном примере мы получили связь между температурой некой ближайшей метеостанции и данными спутниковых снимков, что позволяет нам использовать более точные значения температур окружающего воздуха для дальнейшего этапа работ. В производственном, прикладном плане это может иметь значение при выборе теплоизолирующих материалов, что позволит уменьшить расходы на них, либо наоборот предусмотреть дополнительную защиту окружающей среды от отепляющего воздействия сооружения, что в конечном итоге так или иначе всё равно связано с экономической составляющей для ликвидации негативных последствий процессов оттаивания.

Далее в связи с большим объёмом обрабатываемых данных была произведена выборка термометрических скважин по возможности с разными грунтами, слагающими разрез.

Согласно СП 25.13330.2020 были рассчитаны теплофизические характеристики грунтов, и как итог – расчётные температуры грунтов на различных глубинах.

Затем была проверена гипотеза о связи теоретических, расчётных данных с данными полевых измерений, произведена их статистическая обработка и анализ получившихся результатов.

В итоге после обработки данных из 11 пар температур – расчётной и измеренной осталось по 7-8, по которым статистическая обработка укладывается в допустимые пределы. При графическом отображении результатов прослеживается зависимость, про которую, конечно, пока ещё сложно говорить уверенно, что её можно описать некими формулами, так как необходимо проводить более детальные и длительные расчёты, связанные с большим объёмом данных. А от этих данных как раз и не хватает, так как в настоящее время это большая проблема в получении достоверных данных что от изыскательских организаций (их в принципе достать проблематично, но и и другой момент: для более правильной, точной оценки необходимы именно достоверные данные, а не «подрисованные», «по аналогии» и т.п.), что от государственных организаций, таких как станции Гидрометеослужбы Российской Федерации (здесь считая, что их данные «условно достоверные», хотя тоже встречаются явные вылеты значений например, большую часть проблемы составляют экономические затраты на получение исходников).

Таким образом, получив уже такие зависимости, можно сделать выводы о том, что для оценки температуры грунтов вполне можно использовать данные дистанционного зондирования Земли.

Литература

1. Официальный сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового центра данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteo.ru/>.
2. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/573659326>.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕЖИМНОЙ СЕТИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «ТИМОХОВО»

Сигеев И.А.

Научный руководитель профессор Черепанский М.М.
**Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия**

Полигон твердых коммунальных отходов «Тимохово» расположен в Ногинском районе Московской области, в 14 км юго-западнее г. Ногинска, в 0,8 км к югу от деревни Тимохово. Западнее и юго-западнее полигона расположены дачные садовые участки, ближайшие - на расстоянии около 300 м от полигона. С востока, запада и севера полигон граничит с землями Ногинского межлесхоза. Полигон был организован в 1977 году в отработанном карьере керамических глин. На полигоне осуществляется захоронение твердых коммунальных и приравненных к

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

ним промышленных отходов города Москвы и населенных пунктов Ногинского района. В настоящее время площадь полигона и хоздвора составляет 108,56 гектар. Полигон является крупнейшим объектом размещения твердых коммунальных отходов в Европе, мощность залегания слоя отходов около 20–25 м (местами до 30 м).[1]

Из-за опасности загрязнения необходимо производить мониторинг состояния эксплуатируемых подземных вод, находящихся в пределах зоны влияния полигона.

С 1977 года по настоящее время на территории полигона и на прилегающих участках проводились инженерно-геологические и геоэкологические работы, под строительство специальных сооружений, для оценки загрязнения грунтов и грунтовых вод на территории полигона и на примыкающих территориях; а также работы по геоэкологической оценке участка размещения полигона «Тимохово», для разработки экономического обоснования рекультивации и использования полигона «Тимохово», различные мониторинговые работы (сеть наблюдательных скважин и др.). В период 1989-1997г.г. исследования по геоэкологической оценке участка размещения полигона «Тимохово», по оценке воздействия полигона на окружающую среду, изыскания для расширения полигона проводились Мосoblгеотрест, институт «Союзгипроводхоз», ПИИ «Гипрокоммунстрой», ООО «Экосервис», ЗАО «Геополис». В 2017-2018 гг. ООО «Терра Сервис» выполнялись обширные исследования территории полигона для проекта реконструкции и рекультивации полигона захоронения «Тимохово».

В результате выполнения работ по геоэкологической оценке участка размещения полигона «Тимохово» оценивалось качество воды водоносных горизонтов; в пределах участка было выполнено гидрохимическое опробование, заложена сеть режимных скважин для контроля качества подземных вод; была проведена оценка теплового, газового и радиационного воздействия полигона на окружающую среду. В итоге выполненных работ было выяснено, что поверхностные и грунтовые воды района загрязнены повсеместно в той или иной мере. Напорные воды отложений карбона также широко загрязнены. Разгрузка происходит в виде высачивания вдоль северного, северо-восточного и южного склона свалки; вдоль южного склона происходит в виде серии зон высачивания в дренажную канаву. Направление потока радиальное - от центра к периферии с преобладанием западного и северо-западного. Водоупором служат среднеюрские глины кудиновской толщи, местами – глины верхнего карбона. Минерализация фильтрата по результатам опробования достигает ~ 19 мг/л. Фильтрат представляет собой уникальный по своей токсичности раствор, являющийся основным фактором воздействия полигонов захоронения отходов на подземные и поверхностные воды. Обнаружены нефтепродукты, СПАВ, свинец, галлий и формальдегид в концентрациях выше предельно допустимой концентрации.[2]



Рис. Схема расположения действующих гидрогеологических скважин

Ближайшим к полигону населенным пунктом с постоянно проживающим населением является деревня Тимохово. Северная граница деревни проходит вдоль реки Бизяевка. Централизованное водоснабжение деревни отсутствует. Местным населением для хозяйственно-питьевых нужд используются колодцы и частные мелкие скважины на московский и турабьевский водоносные горизонты, имеющиеся во многих домах. Канализация отсутствует, поверхностный сток по рельефу и придорожным канавам осуществляется в ближайший водоток – р. Бизяевку.

Гидрографическая сеть участка представлена р. Бизяевкой и множеством дренажных каналов. Вблизи полигона захоронения ТКО так же расположено более 10 водоемов, образовавшихся на месте отработанных карьеров по добыче глинистых и песчаных материалов. Вода части водоемов представляет собой в той или иной форме разбавленный фильтрат.

Постоянный мониторинг окружающей среды проводился с 1989 года силами различных организаций, с 2001 г. осуществляется совместно Центром Госсанэпиднадзора в Ногинском районе и ЗАО «Спецгеоэкология».

На уровень 2000 года режимная сеть составляла порядка 100 скважин, однако на настоящее время их количество значительно сократилось. Причины закрытия скважин различны: обвал ствола, запечатывание из-за непригодности или по причине строительства на территории скважины. В то же время на полигоне проходит процесс его реконструкции и рекультивации, согласно проекту, срок эксплуатации которого 25 лет (2044 год).

Анализ показывает, что действующих скважин недостаточно для мониторинга эксплуатируемых водоносных горизонтов. В большинстве населенных пунктов факт загрязнения водоносных горизонтов может быть установлен только непосредственно в водозаборе. Рекомендуется провести работы по восстановлению и дополнению режимной сети.

Литература

1. Экологический паспорт Ногинского района <https://docplayer.com/69077385-Ekologicheskiy-pasport-noginskogo-rayona.html> дата обращения 09.01.2022
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/573500115>.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИСТОЧНИКА СУЛЛАР (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)

Солдатова Е.А.¹, Максимов П.Н.², Тананаев Н.И.³

¹Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

³Институт мерзлотоведения имени П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

Источник Суллар расположен в Мегино-Кангаласском улусе (районе) Республики Саха (Якутия), в 32 км к северо-северо-востоку от г. Якутск, на правом берегу р. Лена (рис. 1А). Источник и долина, в которой он разгружается, относятся к памятникам природы, имеющим региональное значение. Район исследований, согласно почвенно-географическому районированию Якутии, расположен в пределах среднетаежной подзоны умеренно холодного (бореального) пояса Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области.

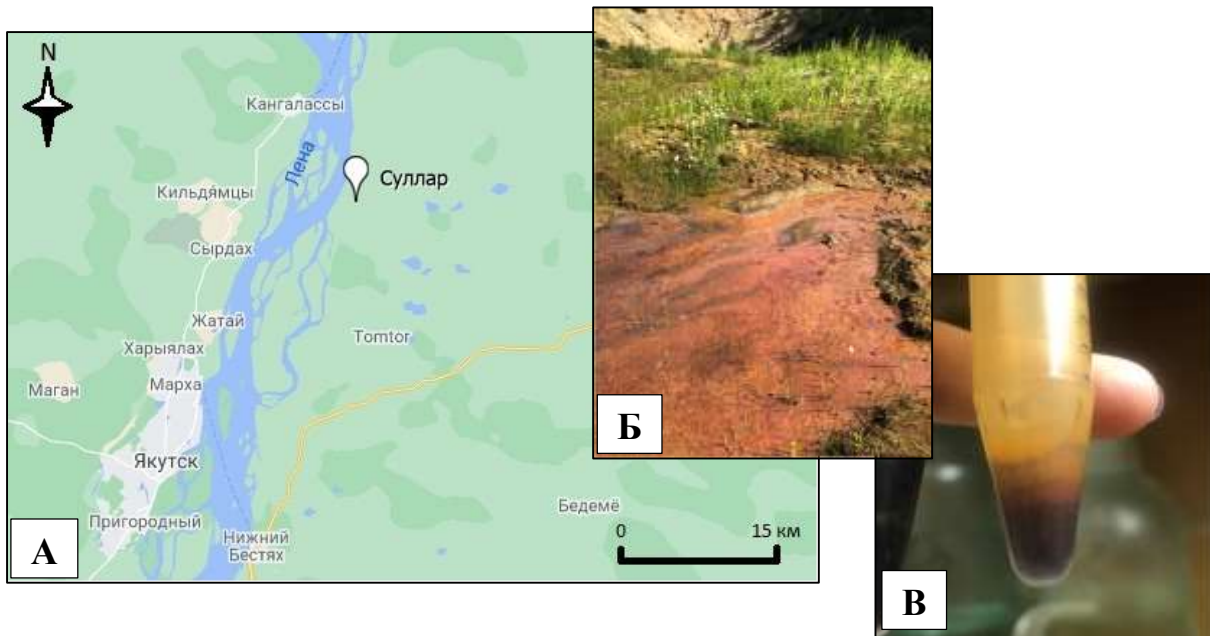


Рис 1. Схема расположения источника Суллар (А), фото корок вторичных минералов, отобранных для анализа (Б), и гидротенных минералов, высадившихся из отобранной пробы воды (В)

Верхняя часть долины Суллар врезана в отложения IV надпойменной (Бестяхской) террасы р. Лена на глубину порядка 30 м. Нижняя часть открывается в современную высокую пойму р. Лена, укрытую элювием,

выносимым из долины. Бестяхская терраса – область распространения уникальных межмерзлотных водоносных таликов, генезис которых к настоящему времени достоверно не установлен. Межмерзлотные воды образуют здесь постоянно-действующие выходы напорных межмерзлотных вод. Один из таких выходов – источник в долине Суллар. В пределах долины выделяются две зоны: (1) привершинная, или собственно зона разгрузки межмерзлотных вод, длиной около 100 м и шириной в нижней части порядка 60–65 м; (2) транзитная, протяженностью около 300 м и шириной от 120 м в верхней части до 170 м в примыкании к пойме р. Лена. Ежегодно в долине образуются сезонные наледи подземных вод.

Суммарный дебит источника Суллар составляет порядка 10 л/с; выходы межмерзлотных вод в зоне разгрузки представлены грифонами. Основная область разгрузки приурочена к правому борту долины Суллар. Воды источника ультрапресные, средняя удельная электропроводность (УЭП) составляет 347 мкСм/см. Значение рН в зоне разгрузки 7,63, температура воды (Т) порядка 1°C. Вниз по течению рН и температура воды растут и достигают значений 7,83 и 12°C, соответственно. Таким же образом изменяется и содержание кислорода: в зоне разгрузки концентрация кислорода (DO) составляет 1,89 мг/л, в нижнем течении – 10,04 мг/л (насыщение 94%). Вторичные минеральные образования осаждаются из воды источника в зоне разгрузки межмерзлотных вод и транзитной зоне, покрывая дно водотока и растительные остатки в тех местах, где скорость течения замедляется, а также наблюдаются на участках пересохшего русла.

Предметом научных изысканий послужили корки вторичных минералов, отлагающиеся на позднеплиоцен-эоплейстоценовых осадках Бестяхской террасы, отобранные авторами в ходе летней экспедиции 2021 г. (рис. 1Б), а также осадок вторичных гидрогенных минералов, высадившийся из воды источника Суллар в течение 2 месяцев после отбора пробы (рис. 1В). Отбор корок вторичных минералов производился из хемогенно-осадочного чехла. Вместе с вторичными образованиями также был отобран первичный элювиальный материал, представленный мелкообломочными рыхлыми отложениями (песком) серого и желтовато-серого цвета. Из них были изготовлены препараты (шлифы и шашки). Осадок, высадившийся из пробы воды, был высушен до воздушно-сухого состояния и разделен на образцы согласно четырем визуально выделенным слоям (рис. 1В, 2Б): Слой 1 – верхний, светло-желтый; Слой 2 – средний, красновато-бурый; Слой 3 – ядро, светло-бурый; Слой 4 – нижний, темно-бордовый (рис. 2Б). Проба воды, из которой происходило осаждение гидрогенных минералов, характеризовалась следующими параметрами: рН 7,78, Т 1,2 °С, УЭП 362 мкСм/см, DO 4,69 мг/л (насыщение 36%). Корки вторичных минералов были отобраны в непосредственной близости от места отбора пробы воды.

Для определения минералогических особенностей проводился комплекс макро-микроструктурных исследований с сопровождением химического анализа хемогенного и терригенного материала. Характеристика текстурно-структурных особенностей проводилась с помощью петрографического микроскопа. Химический состав отдельных минеральных фаз оценивался с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega 3 SBU, оснащенного детектором для энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа OXFORD X-Max 50 в Томском политехническом университете.

Бестяхскую террасу слагают однородные по разрезу тонко- и среднезернистые желтовато-серые пески [1]. Эти песчаные отложения, вероятно, имеют изначально аллювиальное происхождение, но с момента аккумуляции они подвергались интенсивной эоловой переработке. Согласно проведенному анализу, в состав терригенных минералов входит кварц, полевые шпаты, магнетит, ильменит, циркон и рутил. Акцессорные минералы встречаются в виде микровключений в порообразующих минералах. Отмечаются также микровключения фосфатов редкоземельных элементов (РЗЭ), преимущественно с калиевыми полевыми шпатами (КПШ). Особого внимания заслуживают железо-карбонатные пленки вокруг первичного терригенного материала. Мощность пленок не превышает 10 мкм (рис. 2А), определить форму нахождения в них железа не представляется возможным. Осадок, выпавший непосредственно из воды источника Суллар, в соответствии с результатами макро-микроструктурного и химического анализа, состоит преимущественно из окислов и/или гидроокислов железа (рис. 2В). Слой 4 содержит практически исключительно минералы железа, в то время как в Слое 2 и ядре возрастает количество кварца, в Слое 1 – КПШ. Наличие кварца и минералов класса алюмосиликатов, возможно, связано со сносом исходного обломочного материала с близлежащих отложений, и сопровождается их гидрогенной модификацией.

Из особенностей структуры и химического состава гидрогенно-минеральных образований источника Суллар и физико-химических характеристик воды можно заключить, что в области разгрузки межмерзлотных вод формируется окислительный (кислородный) геохимический барьер, в результате чего железо из хорошо растворимой восстановленной формы переходит в менее растворимую окисленную [2] и осаждается из воды в виде окислов и гидроокислов. Возможно также функционирование сорбционного карбонатного барьера при формировании железо-карбонатных пленок вокруг обломков терригенного материала: в связи с малым значением произведения растворимости многих карбонатов двухвалентных элементов эти элементы еще до образования своих карбонатов соосаждаются с карбонатом кальция.

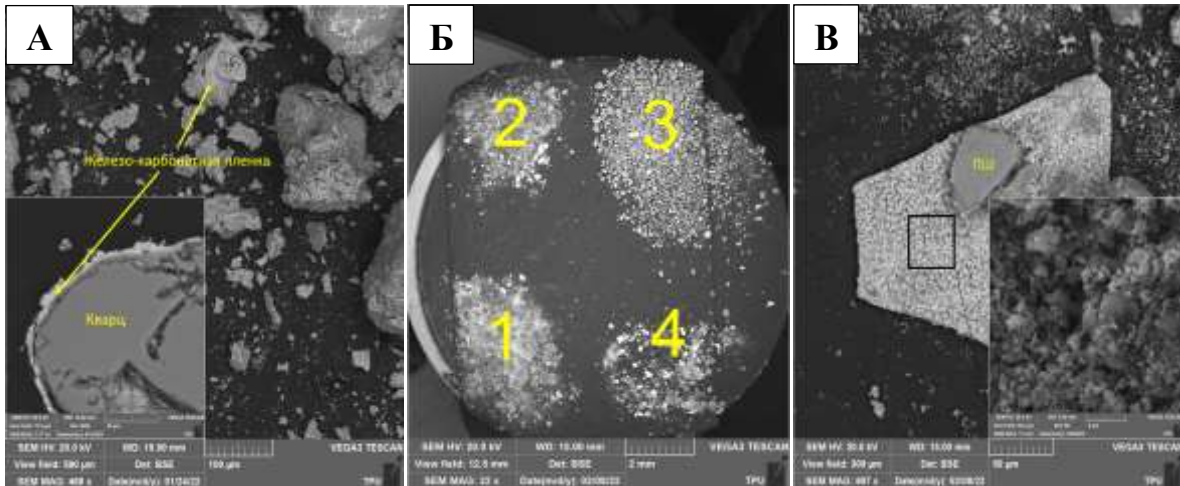


Рис. 2. СЭМ - изображения донных отложений источника Суллар: А) железо-карбонатная пленка вокруг терригенного материала; Б) осадок, высадившегося из пробы воды с пронумерованными слоями (описание слоев приведено в тексте); В) аморфная структура окисла и/или гидроокисла железа из Слоя 4.

Минеральный состав терригенного материала, а также морфология и состав гидрогенно-минеральных образований могут быть использованы в качестве исходных данных при равновесно-кинетическом моделировании миграции химических элементов и растворения-осаждения минералов при взаимодействии с межмерзлотными водами, а также для анализа результатов моделирования. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 21-55-75004.

Литература

1. Камалетдинов, В. А., Минюк, П. С. Строение и характеристика отложений Бестяхской террасы // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. №60. – М.: Наука, 1991. – С. 68–78.
2. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМ МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ОБСКОГО БОЛОТА И СТОЧНЫХ ВОДАХ, СБРАСЫВАЕМЫХ НА ЕГО УЧАСТОК

Солдатов Е.А.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизика СО РАН, г. Томск, Россия

Болота являются не только местом обитания разнообразных видов растений и животных, в том числе редких, но и служат регуляторами климатических условий, по крайней мере на местном уровне. В то же время при близости хозяйственных объектов болота зачастую становятся приемниками бытовых и промышленных стоков. Современные методы и подходы в геохимических исследованиях, в частности термодинамическое моделирование, помогают более полно изучить геохимические условия болотных экосистемы, в том числе под влияние сброса сточных вод. Так, например, моделирование форм нахождения и осаждения химических элементов дает возможность количественно оценить токсичные формы элементов. Целью настоящего исследования является создание численной модели миграции химических элементов в водах Обского болота и сточных водах, сбрасываемых на его участок, с учетом возможности комплексообразования металлов с органическими лигандами. Учет возможности образования органоминеральных комплексов имеет особое значение для болотных экосистем и сточных вод, где содержание органического вещества может быть относительно высоким.

Обское болота расположено в Томской области в долине р. Обь. Характеристика данного района, в частности химического состава болотных вод и геоботанических условий, дана в публикациях [3, 9]. Важной особенностью участка Обского болота, выбранного в качестве объекта исследований, является факт многолетнего сброса коммунально-бытовых сточных вод ЖКХ с. Мельниково. В качестве фонового был принят участок Обского болота близ с. Нашеково, расположенный выше по уклону р. Обь от с. Мельникова и приблизительно в 2 км от места сброса сточных вод. Химический состав сточных вод ЖКХ с. Мельниково и фоновых вод Обского болота были приняты по данным работы [3], поскольку эти данные имеют однородную структуру (единые время опробования, перечень изученных химических элементов и соединений, методы аналитических исследований), расположение точек опробования также приведено в работе [3]. Болотные воды у с. Нашеково характеризуются рН 7,3, по химическому составу являются гидрокарбонатными кальциевыми. Значение общей минерализации составляет 581 мг/л. В сточных водах значение минерализации достигает 1419 мг/л. По химическому составу сточные воды являются хлоридно-гидрокарбонатными кальциево-натриевыми, значение рН составляет 7,54 [3].

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

Моделирование осуществлялось в программном комплексе HCh [10]. Для оценки форм нахождения химических элементов рассчитывался равновесный состав многокомпонентных систем, соответствующих химическому составу изучаемых вод (сточных и природных болотных) при стандартных температуре и давлении (298.15 К, 1 бар). В число ассоциатов, введенных в модель, входили органоминеральные комплексы металлов с фульвовыми (ФК) и гуминовыми (ГК) кислотами. Для их внесения в состав модели база данных ПК HCh была дополнена свободными энергиями образования этих комплексов. Методика внесения их в базу данных и константы устойчивости, использованные для расчета свободных энергий образования органоминеральных комплексов приведены в работах [4, 11].

Моделирование форм нахождения металлов показало, что щелочные и щелочноземельные металлы (Ca, Mg, Na, K) мигрируют преимущественно форме простых ионов [5]. Это связано с особенностями строения их электронных оболочек, а также с достаточно низкой минерализацией исследуемых вод. Сравнение природных вод Обского болота и сточных вод показывает, что в сточных водах увеличивается доля комплексов указанных металлов с SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , а для кальция и магния – комплексов с Cl^- (Табл.). Для сточных вод также характерна более высокая доля комплекса кальция с ГК (CaHu^+), поскольку концентрация ГК в сточных водах на порядок выше, чем в природных.

Для карбонатной системы исследуемых вод характерно преобладание гидрокарбонат-иона. В сточных водах его доля выше по сравнению с природными болотными водами ввиду повышенных значений pH. За счет этого также увеличивается и доля карбонат-иона, однако его содержание в карбонатной системе сточных вод достигает лишь 0,1%.

Тяжелые металлы в силу своих физико-химических параметров относятся к группе сильных комплексообразователей, что обуславливает разнообразие форм их миграции [2]. Медь и свинец в исследуемых водных растворах мигрирует преимущественно в форме карбонатных комплексов, в болотных водах несколько выше доля гидроксокомплексов и простых ионов в связи с меньшим значением pH. Основной формой миграции цинка является простой ион. В сточных водах увеличивается доля карбонатного и гидроксокомплекса при уменьшении доли простого иона Zn^{2+} . Ионная форма цинка характерна также и для природных вод других регионов [1]. В незначительном количестве присутствуют также комплексы цинка и свинца с сульфат-ионом, а также свинца с хлорид-ионом. Однако сера и хлор преимущественно мигрируют в форме анионов, не связанных с катионами металлов. Содержание Cl^- в сточных водах составляет 0,004 моль/кг, в болотных водах – 0,0001 моль/кг. Содержание SO_4^{2-} в сточных и болотных водах составляет 1,02E-04 и 1,87E-05 моль/кг, соответственно. Основной формой миграции железа является $\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Fu}^-$ (99,9% от валового содержания форм железа), лишь небольшая доля приходится на гидроксокомплекс $\text{Fe}(\text{OH})_3^0$. Способность железа образовывать устойчивые комплексы с природным органическим веществом была обнаружена для различных типов природных вод, в конкурентном ряду комплексообразования с органическими лигандами железо обычно занимает лидирующие позиции [6–8].

Таблица

Формы нахождения химических элементов в сточных и болотных водах, моль/кг

Форма нахождения	Сточные воды	Болотные воды	Форма нахождения	Сточные воды	Болотные воды	Форма нахождения	Сточные воды	Болотные воды
H^+	6.8E-08	1.17E-07	Fe^{2+}	1.27E-13	1.03E-13	NaHCO_3^0	6E-05	1.5E-06
OH^-	1.92E-07	1.04E-07	Fe^{3+}	3.64E-21	1.44E-20	Pb^{2+}	7.34E-11	8.36E-11
CO_3^{2-}	1.52E-05	3.57E-06	$\text{Fe}(\text{OH})_3^0$	6.31E-10	6.31E-10	PbOH^+	5.26E-10	3.79E-10
HCO_3^-	0.013119	0.006087	$\text{Fe}(\text{OH})_2\text{Fu}^-$	7.82E-06	4.29E-06	PbCl^+	4.7E-12	1.57E-13
CO_2^0	0.001513	0.001288	K^+	0.000526	3.96E-05	PbSO_4^0	1.05E-12	2.96E-13
Ca^{2+}	0.000624	0.002003	KSO_4^-	1.94E-07	3.12E-09	PbCO_3^0	3.78E-09	1.36E-09
CaCl^+	7.66E-07	7.1E-08	KHCO_3^0	2.33E-06	8.8E-08	PbHCO_3^+	2.08E-12	1.27E-12
CaSO_4^0	2.85E-06	2.23E-06	Mg^{2+}	0.000988	0.000805	SO_4^{2-}	0.000102	1.87E-05
CaHCO_3^+	5.45E-05	9.3E-05	MgCl^+	1.81E-06	4.18E-08	HSiO_3^-	4.11E-06	7.77E-07
CaHu^+	1.77E-07	8.77E-09	MgSO_4^0	8.01E-06	1.56E-06	SiO_2^0	0.000828	0.000287
Cl^-	0.004049	0.000102	MgCO_3^0	5.17E-06	1.29E-06	Zn^{2+}	2.72E-07	2.62E-07
Cu^{2+}	1.7E-09	1.46E-09	MgHCO_3^+	8.71E-05	3.71E-05	ZnOH^+	4.49E-08	2.7E-08
CuOH^+	2.32E-10	1.24E-10	Na^+	0.009309	0.000466	ZnSO_4^0	2.31E-09	5.41E-10
CuCO_3^0	5.09E-08	1.36E-08	NaSO_4^-	4.59E-06	4.9E-08	ZnCO_3^0	8.11E-08	2.43E-08
CuHCO_3^+	9.91E-11	4.53E-11	NaCO_3^-	6.52E-07	8.91E-09	ZnHCO_3^+	5.36E-08	2.74E-08

Различия форм нахождения химических элементов в болотных и сточных водах обусловлены, главным образом, некоторым повышением pH сточных вод относительно вод фонового участка Обского болота. Они выражаются в уменьшении доли гидроксокомплексов и свободных ионов металлов при повышении доли карбонатных комплексов в сточных водах. Также в сточных водах незначительно увеличивается доля сульфатных и хлоридных комплексов, что связано с повышенными концентрациями этих загрязнителей. Сродство с органическими кислотами среди изученных металлов демонстрируют кальций и железо. При этом, фульвокислоты

связывают в изучаемых условиях почти все железо. Это в равной степени характерно как для природных вод, так и для сточных, где повышение концентрации железа компенсируется повышением содержания фульвокислот.

Работа выполнена в рамках программы развития Тюменского государственного университета (программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030») и гранта Президента РФ МК-1684.2022.1.5.

Литература

1. Конышев, А. А., Сидкина, Е. С., Солдатова, Е. А., Догадкин, Д. Н., Громяк, И. Н. Особенности поведения химических элементов в системе вода-порода района разрабатываемого карьера бутового камня в Питкярантском рудном районе (Карелия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 3. – С. 7–19.
2. Крайнов, С. Р., Рыженко, Б. Н., Швец, В. М. Геохимия Подземных Вод. Теоретические, Прикладные и Экологические Аспекты. – Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
3. 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.
4. Солдатова Е. А., Сидкина Е. С., Савичев О. Г. Моделирование изменения геохимической обстановки под влиянием сброса коммунально-бытовых сточных вод на примере Обского болота (Западная Сибирь) // Геосферные исследования. – 2022 [принята к публикации]
5. Солдатова Е. А., Сидкина Е. С., Савичев О. Г., Иванова И.С. Формы миграции и осаждения химических элементов в водах Обского болота (Западная Сибирь) // Актуальные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии. Материалы XXXI молодежной научной школы-конференции, посвящённой памяти член-корреспондента АН СССР К.О. Кратца (Санкт-Петербург, 5–9 октября 2020 г.). – Санкт-Петербург: Своё издательство, 2020. – С. 268–272.
6. Jin, P. K., She, J. J., Liu, L., Wang, X. C. Characterization of Al-humic complexation at typical pH // Journal of Xi'an University of Architecture and Technology. – 2011. – Vol. 43, Iss. 2. – Pp. 215–219.
7. Moiseenko, T. I., Dinu, M. I., Gashkina, N. A., Kremleva, T. A. Occurrence forms of metals in natural waters depending on water chemistry // Water Resources. – 2013. – Vol. 40, Iss. 4. – Pp. 407–416.
8. Rose, A. L., Waite, T. D. Kinetics of iron complexation by dissolved natural organic matter in coastal waters // Marine Chemistry. – 2003. – Vol. 84, Iss. 1–2. – Pp. 85–103.
9. Schipper, A. M., Zeefat, R., Tanneberger, F., Van Zuidam, J. P., Hahne, W., Schep, S. A., Loos, S., Bleuten, W., Joosten, H., Lapshina, E. D., Wassen, M. J. Vegetation characteristics and eco-hydrological processes in a pristine mire in the Ob River valley (Western Siberia) // Plant Ecology. – 2007. – Vol. 193, Iss. 1. – Pp. 131–145.
10. Shvarov, Yu. V. HCh: New Potentialities for the thermodynamic simulation of geochemical systems offered by Windows // Geochemistry International. – 2008. – Vol. 46, Iss. 8. – Pp. 834–839.
11. Soldatova, E., Sidkina, E., Sun, Zh. Thermodynamic modeling of aqueous migration of chemical elements in irrigation water // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 222. – [05022].

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУБАКВАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ

Тимошина В.А.

Научный руководитель доцент Любимова Т.В.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Проблема водоснабжения городов-курортов Черноморского побережья Краснодарского края с каждым годом становится все более значимой, что вызывает необходимость поиска дополнительных источников водоснабжения. Первые проблемы с водоснабжением в г. Геленджике возникли еще в советское время. Для их разрешения было проведено изучение гидрогеологического строения территории. Так в 1966-67 гг. в долинах рек Мезыб и Адерба проводились поиски на пресные подземные воды для целей водоснабжения с оценкой эксплуатационных запасов. В 1979-81 гг. проводилась детальная разведка Мезыбского месторождения подземных вод с подсчетом эксплуатационных запасов на неограниченный срок водопотребления. Суммарное количество запасов по действующему водозабору и по новым участкам на 1982 г. составило 20 тыс. м³/сут. [3].

За последние 15 лет техногенная нагрузка на подземные воды в прибрежной части Геленджикской бухты выросла. При “скупенном” нерациональном размещении одиночных скважин частной и коттеджной застройки, за счет активного взаимовлияния увеличивается глубина динамического уровня, уменьшается дебит скважин. Происходит уменьшение инфильтрационного питания и усиление плоскостного смыва за счет роста городской территории с твердым покрытием. В межень отмечаются малые расходы на водозаборах, обустроенных на речном аллювии, что не обеспечивает требуемой производительности и создает гидрогеологические “колодцы”. Решить данную проблему можно за счет актуализации состояния ресурсной базы и поиска новых источников водоснабжения, например, привлечение подземных вод, разгружающихся в прилегающие акватории (субаквальная разгрузка). В нашей стране, и за рубежом уже имеется опыт использования вод крупных субмаринных источников, имеющих выходы в прибрежной литорали, а также опыт эксплуатации гидрогеологических скважин, расположенных на шельфе [5].

Для определения мест локализации субаквальной разгрузки подземных вод в Геленджикской бухте были выполнены аналитические исследования, включающие оценку рельефа и поверхностного стока прилегающей суши, анализ геологического и неотектонического строения территории, ее гидрогеологии, а также были проведены полевые исследования методом резистивиметрии.

Геленджикская бухта расположена на северо-восточном берегу Чёрного моря. Со всех сторон окружена отрогами хребта Маркхот, состоит из двух мысов: левый «Толстый», высокий скалистый и правый «Тонкий», пологий и низкий. Расстояние между ними одна морская миля (1852 м). Сама бухта занимает площадь 20 км². Климат изучаемой территории субтропический, средиземноморского типа. Гидрографическая сеть принадлежит бассейну Черного моря и представлена многочисленными реками и балками (щелями), располагающимися неравномерно по территории побережья, реки относятся к третьему типу, их отличает паводочный режим стока в течение всего года. В геологическом строении территории принимают участие породы флишевой формации мелового возраста. Осадочные толщи сильно дислоцированы, обладают выдержанной специфической ритмичностью строения. В районе Геленджикской бухты развит преимущественно известняковый флиш, который представлен среднеритмичным переслаиванием светло-серых известняков, мергелей, алевролитов, реже песчаников.

Согласно схеме гидрогеологического районирования Северного Кавказа, исследуемая территория относится к Кавказскому гидрогеологическому району, к провинции Кавказского сложного бассейна пластово-трещинных вод, к подпровинции Восточно-Черноморского бассейна пластовых напорных вод, в пределах Новороссийско-Лазаревского гидрогеологического подрайона. В целом территория характеризуется низкой степенью гидрогеологической изученности. В силу своего литологического состава и строения вся исследуемая площадь является зоной свободного водообмена. Развиты воды трещинного типа, которые приурочены к верхней части массивов пород флиша. Водоносность отложений контролируется степенью их трещиноватости. Питание вод осуществляется за счет атмосферных осадков. Мощность верхней зоны интенсивной трещиноватости составляет 25–50 м. Верхняя часть 10–15 м характеризуется самой высокой проницаемостью трещиноватых пород. Нередко в этой же части разреза проницаемость пород снижается за счет кольматации трещинного пространства сульфидным материалом. Средняя и нижняя часть разреза относительно уровня моря в связи с «затуханием» экзогенной трещиноватости имеет низкую проницаемость пород. В таких условиях слабопроницаемой подошвой водоносного горизонта служат породы того же состава и возраста, но не нарушенные экзогенной трещиноватостью. Движение грунтовых вод связано с рельефом. Разгрузка грунтовых вод формируется, как открыто (в виде источников вдоль склонов), так и «скрыто» в гидрографическую сеть [4]. Таким образом, природная обстановка (климатические, геологические, тектонические, геоморфологические факторы) способствует формированию многообразия режимов грунтовых вод, которое выражается в изменении уровня, расходов, гидравлического уклона, скорости, температуры, химического состава подземных вод во времени и пространстве.

Как известно, рельеф оказывает прямое влияние на водообмен, для его оценки был построен ряд карт (карты вертикальной, горизонтальной расчлененности рельефа, карта уклонов и карта экспозиции склонов). Проведя их комплексную оценку можно сделать вывод, что рельеф центральной части бухты представляет собой сочетание разноглубинных поверхностей, выделяются морфоструктуры кавказского и антикавказского простираения, линейные и изометричные структуры, которые могут быть отражением, как геологического строения, наличие речных палеоврезов, так и особенностей осадконакопления в бухте.

Анализ водосборных площадей постоянных и временных водотоков был осложнен частичной техногенной переработкой рельефа в пределах городской застройки. Тем не менее, самая большая водосборная площадь принадлежит долине реки Су-Айран – 7,8 км². Таким образом, особенности рельефа способствуют с одной стороны быстрому дренированию поверхностного и подземного стока, а с другой стороны определенному застою в прибрежной части из-за уклонов, близких к горизонтали. Частично, высачивание подземных вод уже возможно в пределах данной территории. Это подтверждается тем, что в районе объекта изучения расположены родники.

Гидрогеологическая роль разломов достаточно велика, как правило, это область разгрузки, по которой происходит вертикальное и горизонтальное движение подземных вод, а сами разломы, имеют гидравлическую связь с областью питания трещинных вод и, таким образом, являются естественными дренами, осуществляющими субмаринную разгрузку подземных вод прибрежно-шельфовых гидрогеологических структур в конечные водоемы стока.

В основу изучения тектонических нарушений была взята карта неоструктурного районирования территории С.А. Несмеянова [2] и карта разновысотных блоков Т.Н. Куропаткиной [1]. Была выполнена оценка локальных разрывных нарушений, их трассировка в Геленджикскую бухту. Проведена заверка разломов полевыми наблюдениями. Согласно неоструктурному районированию рассматриваемая территория представляет собой Геленджикский грабен, окруженный разновозрастными дизъюнктивами, которые разбивают ее на серию блоков, образующих приподнятые или опущенные ступени. Выделенные при районировании локальные разрывные структуры в определенных случаях являются зонами разгрузки подземных вод, что было подтверждено в ходе полевой заверки материалов. Наиболее крупный продольный разлом у подножья Маркотхского хребта может служить перехватом поверхностного и подземного стока, изменяя тем самым направление движения подземных вод в этой части к Геленджикской бухте, как конечному водоему стока.

Для установления субмаринной разгрузки грунтового водоносного горизонта был применен метод «волочения» по дну бухты электродной части бронированного геофизического кабеля с выступающими электродами, что позволило, для скорости судна не более 5 узлов и волнения не более 2-х баллов выдерживать измерительные электроды на расстоянии 50–70 мм от дна. Дискретность измерений определялась периодом обновления измерений и задавалась таймером измерительного моста переменного тока, что соответствовало примерно 1 м между точками измерения по профилю. Данная схема измерений с учетом предварительной калибровки аппаратуры позволила определить вариации солености морских вод. Полученные результаты показали, что для глубин 2,5 м характерны близкие показатели солености, что может быть связано с перемешиванием морской воды под воздействием волнового процесса и вдольберегового течения и/или с сезоном проведения замеров (10.08.2021 г.). В юго-западной части бухты наблюдалось увеличение солености на глубине до 5 м, а в северо-западной отмечались кратковременные колебания в сторону понижения солености. Таким образом именно северо-западная часть выбрана как наиболее перспективная для дальнейшей детальной съемки с пересекающимися

профилями, поскольку к ней приурочены донные отложения песчаной размерности, вероятно принадлежащие палеоруслу р. Су-Аран. Данные работы будут продолжены за счет анализа данных многоспектральной съемки, сезонной периодичности измерения солености морских вод.

Выполненная работа показала, что на изучаемой территории возможно наличие субмаринных источников как тектонического происхождения, так и формирующихся в результате разгрузки подрусловых потоков. Особенностью и тех и других является тесная связь с климатическими факторами и ярко выраженная сезонность. Кроме того, на характер функционирования субмаринных источников существенное влияние оказывают геолого-гидрогеологические факторы. Вероятно, каждый отдельный тип субмариной разгрузки потребует своих специальных методов их обнаружения и картирования. Геофизические методы при этом в любом случае должны применяться в комплексе с другими геологическими методами для получения более достоверных результатов.

Литература

1. Куропаткина, Т.Н. Структурно-геоморфологический анализ Черноморского побережья Северо-Западного Кавказа [Текст] / Т. Н. Куропаткина // Региональные географические исследования: сборник научных трудов. Под общ. ред. А.В. Погорелова. – Краснодар, 2019. – С. 15–17.
2. Несмеянов, С.А. Неоструктурное районирование Северо-Западного Кавказа: Опережающие исследования для инженерных изысканий [Текст] / С.А. Несмеянов. – Москва: Недра, 1992. – 253 с.
3. Отчет о региональной оценке современного состояния ресурсного потенциала питьевых подземных вод Черноморского побережья России и обоснование перспектив их использования [Текст] / ОАО «Кавказгидрогеология», автор Р. Н. Лизогубова, Северо-Кавказский Территориальный уровень, №28986. – п. Иноземцево: 2006. – 836 л.
4. Тимошина В. А. Ресурсный потенциал питьевых подземных вод в долинах малых рек Черноморского побережья окрестностей г. Геленджика [Текст] // Предложения, исследования и проекты в области рекреационной географии прибрежно-шельфовых зон Юга России: сб. докладов «Первой Черноморской школы-семинара филиала Краснодарского отделения РГО в г. Геленджике» 17-18 ноября 2021 г., филиал ЮФУ, г. Геленджик, 2021.
5. Юровский Ю. Г. Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения. [Текст] / Ю. Г. Юровский. – Симферополь: ДИАИПИ, 2013. – 260 с.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РУСЛОВОЙ ЧАСТИ РЕК, В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Филимонова О.М.^{1,2}, Филимонов А.А.^{1,2}

Научный руководитель профессор Строкова Л.А.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

В настоящее время развитие нефтегазовой отрасли напрямую связано с освоением территорий, расположенных в пределах криолитозоны, где сосредоточены основные разведанные запасы природного газа и нефти.

Одним из основных элементов инфраструктуры нефтегазовых промыслов являются трубопроводы, особое внимание при проектировании которых следует уделять обеспечению требований экологической безопасности и надежности переходов через водные преграды. В Сибири расположены одни из крупнейших рек России - Енисей, Лена, Обь, протяженность переходов трубопроводов через которые может достигать нескольких километров, а проектная глубина укладки может быть более 25 метров от поверхности водной глади. Переход через такие крупные реки наиболее часто устраивается подземным способом. Основными методами укладки являются траншейный и микротоннелирование, однако в данной статье будут рассмотрены проблемы, возникающие вне зависимости от способа прокладки трубопровода.

Проектирование подземных переходов трубопроводов через водные преграды в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов должно производиться с учетом повышенных требований, так как они находятся в специфических условиях и обладают рядом особенностей:

- подводное размещение трубопровода;
- наличие ледяного покрова значительной толщины;
- воздействие русловых процессов;
- сложный рельеф дна и особые геокриологические условия;
- затрудненные условия выполнения строительно-монтажных работ;
- невозможность реализации стандартного регламента обслуживания и ремонтов;
- отсутствие установленных методов по наблюдению за состоянием трубопровода.

Поскольку отказы трубопроводов приводят как к прямым потерям, связанным со снижением объемов транспортировки, так и к возникновению аварийных ситуаций с тяжелыми финансово-экономическими, материально-техническими, экологическими и социальными последствиями, проектирование таких переходов требует высокой квалификации специалистов, а выполняемые расчеты должны обладать высокой степенью точности, поскольку их качество напрямую влияет на безопасность эксплуатации.

В зависимости от геокриологических, гидрологических и гидрометеорологических особенностей расположения объекта, основание русловой части реки может быть осложнено многолетнемерзлыми породами

разных типов. Их наличие под руслом реки осложняет проектирование, и требует, помимо прочностных расчетов трубопровода, выполнения комплекса прогнозных теплотехнических расчетов, которые, в свою очередь, требовательны к качеству и объему инженерных изысканий.

Основной целью проведения теплотехнических расчетов является прогнозирование совместного воздействия климатических, гидрогеологических условий и теплового воздействия трубопровода на геологическую среду за период эксплуатации сооружения. Для корректного моделирования, по результатам которого можно принять обоснованные технические решения, обеспечивающие безопасность в течение всего периода эксплуатации, необходимо восстановить в расчетной модели все природные условия максимально близко к реальным фактическим. Численное моделирование природных условий требует серьезного технического анализа исходных данных, при котором необходимо оценить степень воздействия каждого природного фактора на результаты теплотехнических расчетов.

Задачей инженерно-геологических изысканий для строительства подземных переходов является комплексное изучение инженерно-геологических условий участков перехода для разработки наиболее надежных и экономически целесообразных решений при проектировании и строительстве. При этом, основной проблемой выполнения достаточного объема изысканий для качественного проектирования является их трудоемкость.

Во-первых, количество инженерно-геологических выработок, установленных нормами для линейных объектов, в том числе и подземных переходов, не является достаточным и исчерпывающим для полноценного описания геологического строения оснований по причине наличия неисследованных областей между геологическими скважинами, которые приводят к необходимости в обследовании дна русла реки в месте прокладки трассы трубопровода для выявления крупных валунов, а также для изучения рельефа дна [3].

Учитывая уровень ответственности подводного перехода трубопровода, а также наличие многолетнемерзлых пород, исходные данные не должны иметь геологической неопределенности между выработками, поскольку они могут привести к неучету различных криогенных форм и образований – подземных льдов, каверн, неисследованных типов грунтов, которые могут привести к возникновению непроектных деформаций тела трубопровода.

Во-вторых, при наличии многолетнемерзлых грунтов, для проведения качественного теплотехнического расчета, требуется исследовать еще одну характеристику – температуру мерзлых грунтов. Определение температур грунтов оснований требуется проводить во всех инженерно-геологических выработках для исключения непредвиденного изменения температуры. При этом, увеличение точек измерений увеличивает точность прогнозирования теплотехнических расчетов.

Сложность при проведении данных изысканий приводит к необходимости привлечения высококвалифицированных организаций с высокой степенью технической оснащенности строительными машинами и механизмами.

В-третьих, в области гидрологических изысканий существует основная проблема, связанная с недостаточной изученностью режимов русловых и пойменных деформаций, а именно с отсутствием сведений об интенсивности смещения морфологических образований русла в зависимости от гидрологического режима реки.

Ввиду того, что речное русло под действием текучей воды подвержено изменениям или деформациям, данное изменение геологической среды необходимо учитывать при выполнении расчетов. Однако, в отчетах инженерно-геологических изысканий предоставляется только нормативная расчетная линия размыва за предполагаемый период эксплуатации, без отражения реальной интенсивности размыва, а информация по боковой эрозии русла и меандрированию отсутствует. При проведении расчетов, специалист должен уделить особое внимание возможному изменению границ реки и принимать технические решения с данной предпосылкой.

Согласно имеющимся данным по анализу дефектов подводных переходов, практически 95% аварий располагаются в пойменной части реки [1]. Вероятно, это связано с тем, что пойменные участки трубопроводов находятся в изменяющихся условиях влажности грунта, в пойменных грунтах происходит сезонная инфильтрация разливающейся реки, из-за чего могут происходить постоянные просадки и перемещения грунта. В пойме также находятся участки с различными влажностными характеристиками грунтов, в зависимости от удаленности от русла реки и частоты подъема уровня воды в пойме, что приводит к изменению профиля грунтов в пойме и напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Также в пойме существует ряд проблем, связанных с отсутствием исчерпывающих данных по ледовому режиму на участке перехода, отсутствием описания процессов замерзания и вскрытия реки, и возможности образования опасных гидрометеорологических процессов и явлений с характеристикой, продолжительностью, частотой и границами распределения.

Рассматривая проблему деформаций русла и поймы, как геологической среды, возникает вопрос необходимости учета данных деформаций при проведении прогнозных долгосрочных расчетов, поскольку данные процессы имеют высокое влияние на теплообмен в грунте. Наряду с этим возникает проблема повышения трудоемкости выполнения теплотехнических расчетов с изменением геологической среды. Поскольку на данный момент, на рынке отсутствуют программы для прогнозирования теплового состояния грунтов с изменяющейся геологической средой. Выходом из сложившейся ситуации является итеративный подход с созданием расчетных моделей, исходными данными для которых является результат предыдущего расчета, что приводит к значительному увеличению их трудоемкости. Однако, при данном подходе возникает вопрос об определении длительности временного промежутка каждой итерации, при которой допускается пренебрегать отсутствием изменения геологии внутри каждой итерации.

Река имеет не только механическое воздействие, приводящее к деформациям русла, но также оказывает тепловое воздействие, изменяющее схему теплового обмена между рекой и основанием. При наличии многолетнемерзлых грунтов под руслом реки, температура воды является отепляющим фактором, приводящим к оттаиванию мерзлого грунта. При этом, значительной проблемой является отсутствие данных по годовому

термическому режиму реки. Для задания воздействия атмосферного влияния на грунты под рекой, а также, для учета влияния текучей воды на грунты, требуется рассмотреть два условия теплообмена: «атмосфера-вода» и «вода-грунт». Но, начиная с определенных глубин реки, воздействие атмосферы на температуру реки уменьшается и постепенно «затухает» по мере проникновения к нижним слоям. То есть, при больших глубинах рек, условием теплообмена «атмосфера-вода» можно пренебречь, а теплообмен «вода-грунт» задается в виде граничного условия, для которого необходимы данные по температуре воды на дне водоема. Однако на гидрометеостанциях не ведут подобных замеров, ввиду значительной глубины водоемов.

В связи с развитием вычислительной техники, появилась возможность выполнять самые сложные инженерные вычисления, однако, остается проблема отсутствия стандартизации требований на проектирование подземных переходов, расположенных в русле рек при наличии в основании многолетнемерзлых грунтов [2].

Сегодня, для соблюдения условий безопасности строительства и эксплуатационной надежности промышленных объектов, расположенных в зоне многолетнемерзлых грунтов, существует ряд федеральных нормативных документов. Однако, область применения этих документов не распространяется на гидротехнические сооружения и трубопроводы, поэтому возникает необходимость не только в стандартизации требований к проектированию подземных переходов, но и к разработке требований и условий по контролю за состоянием трубопровода и оснащению трубопроводных систем специальными методами мониторинга.

Литература

1. Информационный бюллетень Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2008 [Текст] / Ростехнадзор; НТЦ «Промышленная безопасность». – М., 2008. – Вып. 5(38). – 80 с.
2. СП 410.1325800.2018 «Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Строительство в условиях вечной мерзлоты и контроль выполнения работ»
3. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОДЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ (САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ РЕГИОН)

Ходус В.Р.

Научный руководитель: профессор Дашко Р.Э.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Анализ обеспечения безопасного освоения подземного пространства должен базироваться на рассмотрении его многокомпонентности. Вмещающей средой служат грунты, включающие подземные воды, микробиоту, газы различного генезиса (биохимические и глубинные), подземные конструкции, которые взаимодействуют с вышеуказанными компонентами. В настоящее время можно говорить о начальном этапе изучения деятельности микроорганизмов в подземном пространстве для решения инженерно-геологических, гидрогеологических и геотехнических проблем. Начиная с 80-х годов XX века под руководством проф. Дашко Р.Э. были начаты исследования влияния микроорганизмов на компоненты подземного пространства [1,2]

Источники микробиоты в подземной среде необходимо рассматривать как природные и природно-техногенные на региональном, локальном и точечном уровнях. В Санкт-Петербурге к региональным природным источникам следует относить болота и торфяные отложения, влияющие на подстилающие грунты на глубину до 50,0 м и более путем обогащения их микробиотой за счет инфильтрации болотных вод, которое сопровождается привнесом в подземное пространство продуктов их метаболизма: энзимов, кислот и газов. Наибольшая численность и разнообразие микроорганизмов характерна для анаэробных условий, в которых развиваются следующие физиологические группы: аммонифицирующие, сульфатредуцирующие, железоредуцирующие, метанобразующие бактерии, целлюлозоразлагающие, а также факультативные таксоны и др. К региональным источникам поступления микроорганизмов в подземное пространство также можно отнести высоконапорный вендский водоносный комплекс, залегающий на глубине более 100 м, восходящее перетекание вод которого происходит через трещиноватую толщу верхнекотлинских глин. Физико-химическая обстановка и химический состав подземных вод благоприятствует деятельности анаэробных и факультативных форм микроорганизмов, поскольку величина Eh, замеренная *in situ*, составляет -35 mV, pH = 7,2 -7,4. Кроме того, в водах присутствуют биогенные элементы – калий, азот; микрокомпоненты - селен, бром [3,4].

К природным локальным источникам поступления анаэробных микроорганизмов в подземное пространство можно отнести межморенные микулинские (mШпмк) отложения с битуминозной органикой, распространенные на севере, востоке и юго-востоке города, в которых происходит генерация метана, азота, диоксида углерода; а также незагрязненные воды полостровского водоносного горизонта. К природно-техногенным региональным источникам следует относить подземные воды, загрязненные промышленными стоками и утечками из систем водоотведения. Как известно, канализационные стоки имеют высокое содержание органики: белки, жиры, углеводы составляют 52 %, 48% приходится на неорганические соединения – хлориды, сульфаты, соединения азота. Их жидкая фаза характеризуется высоким содержанием микроорганизмов: 10^7 - 10^8 клеток микроорганизмов на 1 мл. Стоит отметить, что утечки из систем водоотведения активизируют деятельность аборигенных форм микробиоты [1].

К техногенным локальным источникам необходимо относить хозяйственно-бытовые отходы, а также ликвидированные и действующие кладбища, привносящие в подземное пространство микроорганизмы, соединения

**СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И
ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ**

серы, азота. На территории Санкт-Петербурга были обнаружены 65 ликвидированных кладбищ. В верхней части разреза исторической зоны города прослеживается от 2000 до 3000 т отходов хозяйственно-бытового типа XVIII-XIX вв. 1 км² площади. Подземные воды в районах такого типа загрязнения характеризуются отрицательными значениями окислительно-восстановительного потенциала вод ($E_h = -100$ мВ и ниже). Величина химического потребления кислорода подземных вод, определяющая общее количество органических соединений, может достигать сотен мгО₂/дм³. При загрязнении грунтов канализационными стоками, в грунтовых водах и в подстилающих отложениях в условиях восстановительной среды возрастает содержание иона NH₄⁺, который вызывает рост содержания глинистой фракции с последующим возрастанием ее гидрофильности и влажности при отсутствии набухания грунтов [1,2].

Техногенными точечными источниками контаминации служат автозаправочные станции, автомойки, хранилища нефтепродуктов и др. Важно отметить, что большая доля нефтяных углеводородов попадает в безнапорные водоносные горизонты из ливневых и канализационных подземных коммуникаций. Работами на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Санкт-Петербургского горного университета было установлено, что богатые биоценозы в подземном пространстве города способны утилизировать нефтепродукты вплоть до образования газов [1].

Наибольший отрицательный эффект микробной деятельности по изменению состояния и свойств грунтов устанавливается для песков, наименьший – в грунтах с высоким содержанием глинистой фракции. Установлено, что в условиях тонкопористой среды отчетливо прослеживаются практически равномерное распределение биомассы в грунтах. Отмечена трансформация глинистых грунтов устойчивых консистенций в квазипластичные разности [3]. Абиотическое и биотическое органическое вещество формирует пленки различной толщины на минеральных частицах песчано-глинистых грунтов, что приводит к резкому снижению угла внутреннего трения грунта – ϕ° , при условии их испытания по схеме неконсолидированного недренированного испытания в условиях трехосного сжатия [1].

Таблица

Схематизация развития природных и природно-техногенных процессов под воздействием микроорганизмов в подземном пространстве

Компонент подземного пространства	Воздействие микроорганизмов на компонент	Практическая значимость
Грунты	Формирование биопленок на минеральных частицах песчано-глинистых грунтов	Переход глинистых грунтов в квазипластичное состояние за счет снижения угла внутреннего трения. Переход водонасыщенных песков в состояние пльвунов.
	Преобразование кислотно-щелочных и окислительно-восстановительных условий	
	Разрушение цементационных связей при участии железоредуцирующих бактерий, восстанавливающих соединения оксидов железа в анаэробных условиях	
Подземные воды (водоносные горизонты)	Изменение химического и газового состава	Повышение агрессивности подземных вод по отношению к конструкционным материалам
	Формирование окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий: понижение pH(<4,0) и E_h (-100 мВ и менее)	
Биохимические газы	Генерация малорастворимых газов (CH ₄ , N ₂ , H ₂)	Прорывы газов в горные выработки и/или подъем несущих подземных конструкций за счет депонирования газов и повышения напряженного состояния грунтовых толщ. Усиление пльвунных явлений в песках при накоплении твердых пузырьков газа в песках
	Генерация растворимых газов (H ₂ S, NH ₄ , CO ₂)	Негативно воздействует на черные металлы, за счет наличия атомарного и молекулярного водорода, приводящего к росту хрупкости конструкций.
Конструкции	Коррозионная способность метаболитов микроорганизмов (энзимы, кислоты, газы) и агрессивность биопленок на поверхности конструкций	Развитие биокоррозионных и электрохимических (в анаэробных условиях) процессов различной направленности вплоть до полного разрушения конструкций.

Полный цикл биохимического разложения органического вещества в анаэробных условиях приводит к образованию газов: малорастворимых (CH₄, N₂, H₂), среднерастворимых (CO₂ – продукт дыхания микроорганизмов) и хорошо растворимых (NH₃, H₂S). Депонирование газов (CH₄, N₂, H₂) вызывает рост напряженно-деформированного состояния грунтовых толщ, кроме того наблюдается обогащение водонасыщенных грунтов пузырьками этих газов, диаметр которых меньше диаметра пор грунта, что позволяет их рассматривать как твердые

пузыри с эффектом шарикоподшипника. Развитие газодинамического давления приводит к подъему подземных конструкций (пр. перегонные тоннели ст. м. Обухово-Рыбацкое) либо несущих конструкций подземных зданий. Часто возникают знакопеременные деформации, приводящие к развитию усталостных напряжений. Растворимые газы (H_2S и CO_2) увеличивают агрессивность подземной среды по отношению к конструкционным материалам, в первую очередь – бетонам, цементным и известковым строительным растворам. Подкисление подземных вод за счет сероводорода оказывает негативное влияние черные металлы, а наличие атомарного и молекулярного водорода повышает их хрупкость в процессе наводороживания конструкций [3].

Литература

1. Дашко, Р. Э. Геотехника и подземная микробиота [Текст] / Р. Э. Дашко, Д. Ю. Власов, А. В. Шидловская. – СПб.: Институт «ПИ Геореконструкция», 2014. – 279 с.
2. Дашко, Р. Э. Междисциплинарный подход к решению инженерно-геологических проблем при освоении и использовании подземного пространства городов [Текст] / Р. Э. Дашко // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии : Материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы, Томск, 23 – 27 ноября 2015 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 150–155.
3. Дашко, Р. Э. К вопросу о необходимости изучения влияния болот как биогеоценозов на изменение инженерно-геологических условий / Р. Э. Дашко, А. Г. Карпенко // Инженерная геология. – 2021. – Т. 16. – № 2. – С. 32-41. Dedysh, S. Phylogenetic Analysis and In Situ Identification of Bacteria Community Composition in an Acidic Sphagnum Peat Bog [Text] / S. Dedysh, T. Pankratov, S. Belova, I. Kulichevskaya, L. Werner // Applied and environmental microbiology. – 2006. – V. 3(72). – P. 2110–2117.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ РК

Ченсизбаев Д.Б.

Научный руководитель старший научный сотрудник Аденова Д.К.

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан

В статье приведены основные условия и факторы формирования промышленных вод в Шу-Сарысуйской провинции Республики Казахстан, в том числе и попутно добываемых при разработке месторождений нефти и газа пластовых рассолов в качестве гидроминерального сырья. Описывается значимость редких элементов, и перспектива освоения гидроминерального сырья куда входит добыча и переработка. Южно - Казахстанская область является одна из самых перспективных регионов куда входит Шу-Сарысуйская провинция промышленных вод. Приведены данные о содержании редких элементов в подземных водах провинции Шу-Сарысу. Экспертная оценка на текущее время содержания микроэлементов в природных водах.

Подземные воды всегда играли значительную роль в развитии экономики Казахстана. Особенно велика значимость, учитывая дефицит поверхностных вод на территории республики, пресных и слабо солоноватых подземных вод. Преимущественно они используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов. В последнее время, учитывая истощаемость месторождений твердых полезных ископаемых и редкость некоторых элементов, все большее внимание уделяется промышленным водам. К промышленным относят подземные воды и рассолы, содержащие полезные компоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих в пределах конкретных гидрогеологических районов (или их отдельных частей) рентабельную добычу и переработку этих вод с целью получения полезной продукции существующими техническими средствами и с использованием современных технологий извлечения [1-4].

Промышленное освоение уникальных пластовых рассолов целесообразно осуществлять и в комплексе с освоением ресурсов углеводородного сырья. Добыча и переработка рассолов, благодаря быстрой окупаемости капитальных вложений и высокой рентабельности производства, могут стать дополнительным источником инвестиций в освоении месторождений нефти и газа. При этом контроль при извлечении полезных компонентов из рассолов и дальнейшее утилизация и обратная закачка их в зависимости от физико-географических и геологоструктурных особенностей региона актуальны и при решении экологических задач.

В настоящее время на территории Казахстана выделено 4 провинции промышленных вод: Прикаспийская, Мангистау-Устюртская, Шу-Сарысуйская и Южно-Торгайская, а также 2 предположительных провинции: Тенизская и Зайсанская.

Промышленные подземные воды на территории Казахстана, в основном непосредственно связаны с зонами нефтегазоаккумуляции, и приурочены, как правило, к глубоким частям крупных артезианских бассейнов, которые в структурно-тектоническом отношении соответствуют впадинам, выделяемым в рельефе складчатого основания древних докембрийских и эпигерцинских платформ, крупным предгорным и межгорным впадинам.

Масштабы распространения, химический состав промышленных подземных вод и характер изменения в них концентраций редких элементов различны в разных районах и определяются общей гидрогеологической обстановкой, обусловленной геологической историей районов их распространения.

В пределах провинций выделяются области промышленных вод, являющиеся гидрогеологическими структурами второго порядка и характеризующиеся общностью гидрогеологических условий и определенным составом подземных вод, в котором содержание полезных элементов имеет соответствующий уровень

СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

концентраций. Далее в пределах областей выделяют промышленные районы и в них - месторождения промышленных вод.

Шу-Сарысуйский гидрогеологический район.

Шу-Сарысуйская впадина, выполненная осадками различного состава и возраста, содержит несколько напорных водоносных горизонтов и комплексов, образующих в совокупности крупный Муюнкум-Бетпакадалинский артезианский бассейн. Здесь выделяются напорные и безнапорные воды в допалеозойских, палеозойских, юрских, меловых, палеогеновых, неогеновых, четвертичных отложениях, отделенных друг от друга, более или менее выдержанными водоупорами (Ахмедсафин, 1961, 1965, 1968, Дмитровский 1970). Вышележащие горизонты получают питание в пределах их распространения и в краевых частях впадины – в горных и высокогорных сооружениях, а глубокозалегающие водоносные горизонты – в периферийной части впадины, где они выходят на поверхность, за счет инфильтрации атмосферных осадков и фильтрации поверхностных вод.

В наиболее погруженных частях впадины возможно присутствие седиментационных или отжатых из глин поровых вод.

Физико-географические условия территории впадины и ее геоструктурные особенности предопределяют формирование различных типов подземных вод, резко отличающихся как по площади распространения, так и по глубине.

В вертикальном разрезе бассейна выделяются следующие гидрохимические зоны:

1. Зона пресных и слабосоленых вод с минерализацией до 3 г/л,
2. Зона солоноватых вод с минерализацией 3-10 г/л,
3. Зона соленых вод с минерализацией 10-50 г/л,
4. Зона рассолов с минерализацией 50-350 г/л.

Промышленные подземные воды на территории Казахстана, в основном непосредственно связаны с зонами нефтегазоаккумуляции, и приурочены, как правило, к глубоким частям крупных артезианских бассейнов, которые в структурно-тектоническом отношении соответствуют впадинам, выделяемым в рельефе складчатого основания древних докембрийских и эпигерцинских платформ, крупным предгорным и межгорным впадинам. [5].

Территория Южного Казахстана, на которой расположена Шу-Сарысуйская депрессия (Муюнкум-Бетпакадалинский бассейн), ограничена на юге хребтами Киргизский и Таласский Алатау, на западе – хр. Каратау, на севере – Центрально-Казахстанским мелкосопочником. Восточной границей служат каменная Бетпак-Дала и Чу-Илийские горы.

В Шу-Сарысуйской провинции редкометалльных вод, пространственно совпадающей с одноименной тектонической впадиной и артезианским бассейном Южного Казахстана, выделяются три области:

1) Кокпансорская область редкометалльных вод представлена в основном рассолами с минерализацией 30-150 г/л, приуроченными к отложениям верхнего девона - нижнего карбона, залегающим на глубинах 570-3500 м. Здесь при испытании скважин на структурах Центральной, Придорожной, Орталык были получены притоки рассолов с минерализацией 55-305 г/л. Дебиты скважин составляют 0,03-0,4 л/с. Концентрации редких металлов достигают, мг/л: литий – 5-165; стронций – до 1500; рубидий – 0,2-12,5; цезий – 0,1-3,0; калий – до 3400; йод – 20-190; бром – 200-260; бор – до 270.

2) Моинкумская область редкометалльных вод приурочена к отложениям верхнего девона и нижнего карбона, залегающим на глубинах 870-2500 м, и представлена рассолами с минерализацией 130-230 г/л. При испытании скважин на площадях Амангельды, Айрақты, Саякпай, Колькудук дебиты скважин составили 0,02-0,3 л/с, содержание микрокомпонентов, мг/л: литий – 30-67; рубидий - до 3,2; цезий – 0,1-0,9; стронций – 540-3550; калий – 600-1750; йод – 6-90; бром – 345-2620; бор – 1,6-40.

Таблица

Содержание редких элементов в подземных водах в Шу-Сарысуйской провинции

Провинция, область промышленных вод	Глубина залегания промышленных вод, м	Минерализация, г/л	Дебит Скважины, л/с	Содержание микрокомпонентов, мг/л							
				Литий	Рубидий	Цезий	Стронций	Калий	Йод	Бром	Бор
3. Шу-Сарысуйская провинция											
3.1 Кокпансорская область редкометалльных вод	570-3500	30-150	0,03-0,4	5-165	0,2-12,5	0,1-3	до 1500	до 3400	20-190	200-260	до 270
3.2 Моинкумская область редкометалльных вод	870-2500	130-320	0,02-0,3	30-67	до 3,2	0,1-0,9	540-3500	600-1750	6-90	340-2620	1,6-40
3.3 Терсбулакская область редкометалльных вод	2900-3500	300-320	-	-	-	-	-	до 3500	19	до 3000	-
4. Южно-Торгайская провинция	500-2800	67-150	0,03-0,2	-	-	-	400-1200	-	-	250-370	-
5. Тенизская провинция	> 500	120-150	выделена по аналогии								

Примечание. Содержание редких элементов в подземных водах (Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина (г. Алматы))

3) Тесбулакская область редкометалльных вод слабо изучена по одиночным скважинам, вскрывшим на глубинах 2900-3500м верхнедевонские-нижнекарбоновые отложения с рассолами, минерализация которых достигает 130-320 г/л. Дебиты скважин низкие - сотые доли л/с. В водах отмечены повышенные концентрации калия до 3500; йода – 19; брома – до 3000 мг/л.

Закономерности распространения и условия накопления редких галогенных и щелочных элементов в промышленных подземных водах разнообразны и зависят от состава вод, физико-химических и геологических обстановок их формирования. Большое значение так же играют геохимические особенности самого элемента, положение его в периодической системе Д.И. Менделеева. Из всего разнообразия природных вод, которые могут содержать промышленные концентрации микроэлементов, рассмотрены пластовые хлоридные рассолы артезианских бассейнов, которые по масштабам концентрации редких элементов и своим потенциальным запасам представляют практический интерес. Именно они являются основным аккумулятором и мигрантом редких элементов.

Литература

1. Бондаренко С.С., Куликов Г.В. Подземные промышленные воды.– М.: Недра.–1984.– 385 с.
2. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические).– Л.: Недра,1977. – 240 с.
3. Зелинская Е.В., Воронина Е.Ю. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья. – М.: Академия Естествознания, 2009.–118 с.
4. <http://www.rae.ru/monographs/56>
5. Абсаметов М.К., Муртазин Е.Ж., Кан С.М., Исабеков Р.Б., Шагаровна Л.В. Промышленные воды и оценка загрязнения нефтегазоносной среды регионов Казахстана. Монография 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ Cl-) В ОБСКОМ БОЛОТЕ

Чжоу Д.

Научный руководитель профессор Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях бурного развития социальной экономики все более заметными становятся экологические проблемы, особенно в районах, расположенных вблизи воды, большое влияние на водную среду оказывают сбросы промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод, что приводит к ухудшению состояния окружающей среды. Поэтому для обеспечения согласованности между экономическим развитием и охраной водной среды необходимо проведение соответствующих исследований, среди которых важное значение имеют фундаментальные исследования переноса загрязняющих веществ. В Сибири распространено большое количество болот, которые обладают определенной способностью к самовосстановлению и являются хорошим носителем сброса природных и промышленных сточных вод. Поэтому вокруг этой темы в данной статье изучается математическая модель диффузии загрязняющих веществ в болотах.

Объектом исследования данной статьи является обское болото, которое находится в Томской области в юго-восточной части Западной Сибири. 19 марта 2021 г. в с. Нащекново (рис. 1) пробурено пять скважин (Н1-Н5) и отобраны пробы торфяной и болотной воды. Для изучения условий диффузии и способности к самоочищению загрязняющих веществ в болотной среде в середине площади (скважина Н3) на поверхность болота было выпущено 50 литров раствора NaCl с концентрацией 20 г/дм³. 16.10.2021 повторно проведено бурение и отбор проб болотной воды и торфа.



Рис. 1. Расположение скважин на Обском болоте у с. Нащекново

В результате было показано, что в течение периода с 19 марта по 16 октября 2021 г. только в скважине Н3 концентрация Cl⁻ увеличилась в интервале глубин 1,5-2,0 м, а остальные точки существенно не изменились. Это говорит о том, что болотная экосистема обладает замечательной способностью к самоочищению. Более подробно методика и результаты экспериментов описаны в [1].

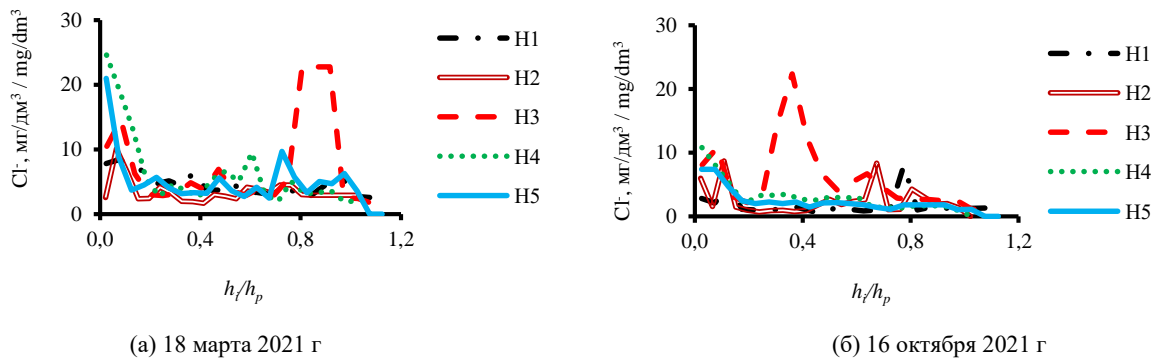


Рис. 2. Изменение концентраций Cl^- в водных вытяжках из торфов в скважинах Н1–Н5

Из рисунка 2(а) видно, что в скважине Н3 повышенных концентраций Cl^- в нижней части торфяной залежи до выпуска раствора. накопление хлоридов 18 марта 2021 г. приурочено к интервалу 3,50 – 4,25 м, сложенному низинным древесным переувлажненным торфом, очень низкая проницаемость. Здесь имеется линза болотных вод с повышенным содержанием Cl^- . По состоянию на 16 октября 2021 г. произошло формирование непосредственно в этом месте (скважина Н3, рис. 1) относительно повышенных содержаний Cl^- в деятельном горизонте торфяной залежи и в интервале глубин 1,50–1,75 м.

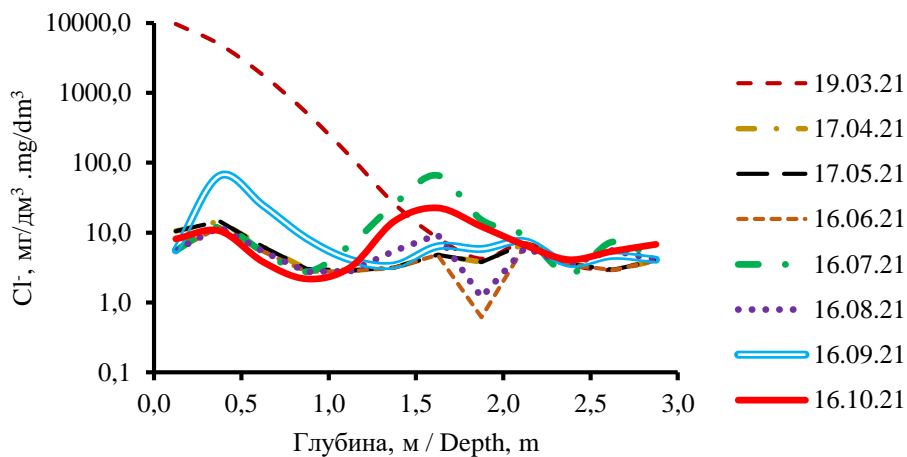


Рис. 3. Расчетные изменения концентраций Cl^- в водных вытяжках из торфов по глубине торфяной залежи с 19.03.2021 до 16.10.2021

На рис. 3 показано распределение индикаторного вещества (Cl^-) в водной вытяжке торфа в районе исследований с 19 марта 2021 г. по 16 октября 2021 г. с глубиной залегания торфяного слоя, причем видно, что концентрация Cl^- в апреле резко снижается, однако в последующие месяцы без дополнительного притока раствора наблюдаются значительные колебания, связанные с «подтягиванием» вверх водной массы при увеличении дождевых осадков и «опусканием» вниз при преобладании испарения.

В нижней части торфяной залежи на исследуемом участке сформировался локальный водоотталкивающий слой в виде слоя осоки с относительно низкими фильтрующими характеристиками (по сравнению с другими слоями), что препятствовало диффузии индикаторного раствора $NaCl$. Конечно, распределение индикатора (Cl^-) в торфяных отложениях в значительной степени зависит не только от исходного объема и концентрации $NaCl$ и наличия водоносных горизонтов, но и от смачивающих свойств болота. Поэтому перспективным природоохранным мероприятием по предотвращению загрязнения подземных вод на заболоченных территориях является организация локальных водоупоров в торфяных залежах путем уплотнения торфа или внесения глинистых растворов.

Литература

1. Эксперимент по оценке самоочищения Обского болота (Западная Сибирь, Томская область) / О.Г. Савичев, Н.В. Гусева, А.А. Хвацевская, А.Ю. Иванов, Ян Хэн, Чжоу Дань // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 1. – С. 73-84. DOI: 10.18799/24131830/2022/1/3514.

**КАРТИРОВАНИЕ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА
Шеходанов В.О.^{1,2}**

Научный руководитель профессор Дутова Е.М.³

¹ООО «ТЦ «Эвенкиягеомониторинг», г. Красноярск, Россия

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время, вновь становятся актуальными и востребованными гидрогеологические исследования на участках разведки и добычи твердых полезных ископаемых. Для получения достоверных данных для будущего расчета или моделирования водопритоков в горные выработки, будь то вентиляционные шахтные стволы, штольни или карьеры открытой добычи, необходимо на всех стадиях геологоразведочных работ уделять особое внимание изучению гидрогеологических условий месторождения. Недостаточная изученность может приводить в дальнейшем к экономическим потерям или даже к полной невозможности или не рентабельности проведения добычи.

В данной статье мы бы хотели остановиться на таком важном аспекте гидрогеологического изучения территории, как картирование разгрузки подземных вод – поиск выходов подземных вод (родников).

Актуальность данного аспекта связана с тем, что этот метод необходим при проведении гидрогеологических работ различной направленности. При разведке месторождений - внедрение гидрогеохимического метода способствует повышению их эффективности [1]. При гидрогеологическом картировании территории, а также при моделировании водопритоков на месторождениях твердых полезных ископаемых - позволяет выделять зоны разгрузки подземных вод и описывать их химический состав, без бурения дополнительных гидрогеологических скважин

Таким образом, важной задачей является получения информации о наличии и месторасположении выходов подземных вод на участке работ. А также важным является максимально быстрой и экономичный способ получения данной информации.

Одним из методов определения зон разгрузки – дешифрирование космоснимков. Например, использование весенних космоснимков может позволить выявить зоны выходов подземных вод [2]. Этот метод был применен автором на объекте в Шарыповском районе Красноярского края. Однако, существенный недостаток данного метода в том, что в свободном доступе могут отсутствовать необходимые снимки на исследуемую территорию.

В связи с развитием технологий в сравнительной доступности появилось множество беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в том числе квадрокоптеров. Использование БПЛА для съёмки местности не является чем-то новым, однако актуальным и новым является сама доступность их использования.

Сами по себе фотоснимки с камеры встроенной в квадрокоптер являются хорошим материалом для дешифрирования, которые на участке работ можно получить в необходимое время года.

В нашей работе мы решили использовать не только фотоснимки в видимом диапазоне, а использовать комбинацию со снимками в инфракрасном диапазоне, которые получены с помощью тепловизора. Авторы использовали портативный тепловизор Seek Thermal, который подключается к смартфону и в специальном приложении позволяет делать фото- и видеоснимки и квадрокоптер DJI Phantom 3 SE. Для установки на него тепловизора со смартфоном, был разработан легкий тканевый чехол, общая конструкция показана на рисунке.

В основе данной методики лежит разница температуры различных объектов в разное время года. Например, в весенний период при отрицательных температурах, будем получать более холодные участки земли и более теплые открытых водных объектов. В летний период наоборот. Для апробации данной методики в летний период был выбран солнечный день, для того чтобы разница температур водных объектов и остальных объектов была максимальна. Результаты съемки в обоих спектрах показаны на рисунке. Стрелками показаны как отображаются соответствующие объекты в видимом и ИК спектрах (вода, растительность, дорога).

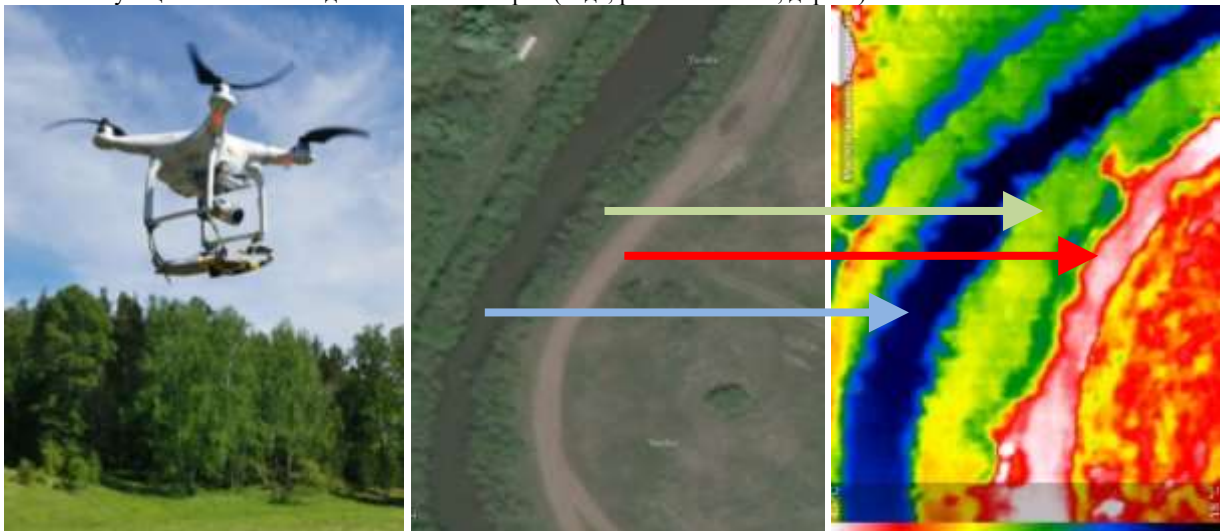


Рис. Конструкция крепления, космоснимок и фрагмент съемки тепловизором данной территории

Анализируя полученные снимки, определено, что основные объекты, которые могут попадать в объектив: дороги без растительности, заросшие участки различного состава и густоты, а также интересующие нас водные объекты. При полученных кадрах дороги имеют максимальную температуру, до 40 °С в жаркий день, растительность 25-30 °С, а водные объекты, в данном случае река, прогретая до температуры 18-20 °С.

Во время использования такой сборной конструкции были определены основные трудности. Для получения непрерывных снимков земной поверхности пришлось использовать видео режим, так как при такой сборке системы, нет возможности выполнения дистанционных фотографий с тепловизора. Чехол в полученном исполнении, с одной стороны хорошо отцентрирован и даже с дополнительным весом в виде смартфона и тепловизора, квадрокоптер летает стабильно, но с другой стороны перекрывает часть обзора камеры квадрокоптера и не позволяет делать снимки одновременно с одной и той же точки. В продаже существуют модели квадрокоптеров со встроенным тепловизором, которые бы лучше подошли для целей таких поисков, но их цена намного превышает собранную авторами конструкцию.

Таким образом, в процессе съемки и дешифрирования была определена потенциальная возможность использования снимков даже с любительского тепловизора для выявления водных объектов. В дальнейшем планируются конструкторские улучшения данной сборки, для получения одновременной съемки как с камеры видимого, так и инфракрасного спектров. А также апробации методики на территориях с заведомо известным расположением родников в разные времена года.

Литература

1. Удодов, П. А. Методическое руководство по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений [Текст] / П. А. Удодов. – М.: Недра, 1973. – 184 с.
2. Шеходанов, В. О. Гидрогеохимические исследования в составе поисково-разведочных работ на Печищенской площади / В. О. Шеходанов ; науч. рук. Е. М. Дутова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2021. — Т. 1. — [С. 283-285].

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ РЕКИ ЯМУНА (ДЕЛИ, ИНДИЯ)

Ядав Б.

Научный руководитель доцент Токаренко О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Река Ямуна берет начало с ледника Ямунотри в Гималаях и является крупнейшим притоком реки Ганг в Индии. При всей протяженности пути около 1380 км она проходит через несколько штатов, таких как Химачал-Прадеш, Уттар-Прадеш, Уттаракханд, Харьяна и Дели. Порядка 60 млн человек зависят от состояния ресурсов рассматриваемой реки. Однако река Ямуна, протекающая через Дели от плотины Вазирабад вниз по течению до плотины Охла, считается самой загрязненной частью реки. Со временем произошло радикальное изменение качества воды реки Ямуна в районе плотин Вазирабад и Охла по причине сброса неочищенных сточных вод из 17 мелких и крупных канализационных стоков. Промышленная зона Наджафгарх осуществляет сброс сточных вод напрямую в реку. Кроме того, р. Ямуна сильно подвержена влиянию сезона дождей [1], что привносит в реку дополнительное загрязнение с прилегающих территорий. В первые дни муссона (с июля по сентябрь) расход воды высокий с полным спектром почвенных частиц в речных отложениях, и в этот период река также достигает уровня паводка. В период отсутствия муссонов (с октября по июнь) река находится в естественном течении, где происходит рост водных водорослей и поддерживается речное биоразнообразие [2].

Целью настоящего исследования было изучение основных параметров химического состава воды для дальнейшей оценки качества реки Ямуна в районе г. Дели (Индия), где вода р. Ямуна используется для хозяйственно-бытового водоснабжения населения города, а также для целей орошения сельскохозяйственных угодий в различных штатах Северной Индии. Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач: 1. Произвести отбор проб из реки Ямуна с своевременной доставкой проб в лабораторию; 2. Проанализировать химический состав и сопоставить полученные данные с действующими на территории Российской Федерации нормативами предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рбх}).

Район исследования охватывает 22-километровый участок реки Ямуна, протекающей через г. Дели, втекающей в плотину Вазирабад и вытекающей из плотины Охла (рис.1а). Непосредственно г. Дели занимает площадь 1483 км² между 28°34' северной широты и 77°07' восточной долготы, находится на высоте 213 м над уровнем моря.

В процессе исследования всего было отобрано 4 пробы воды из 4 точек опробования в объеме, необходимом для анализа макро- и микрокомпонентного состава вод (рис.1б, табл.1). Пробы воды были отобраны автором 11 февраля 2022 г. (рис.1б).

Определение химического состава вод выполнено в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (Россия). Показатели воды анализировались методами титриметрии, атомной адсорбции, дурбидиметрии, масспектрометрии с индуктивно связанной плазмой и др.

В соответствии с результатами исследования (табл. 2), воды реки Ямуна по значениям минерализации являются умеренно и собственно пресными, околонейтральными и слабощелочными, по значениям жесткости – умеренно жесткие. По химическому типу воды не однокатионные, состав катионной и анионной составляющей по мере направления течения меняется. Так, например, в точках 1 и 2 воды гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-магниево-магниево (точка 2), тогда как в точках 3 и 4, которые расположены ниже по течению, воды меняют свой

химический типа на более «пестрый» и становятся гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатными (точка 3) и гидрокарбонатно-сульфатными (точка 4). В катионной составляющей в этих точках начинает превалировать натрий и воды становятся кальциево-натриево-магниевыми и даже натриево-кальциево-магниевыми (точка 3).



Рис. 1. Карта района исследования (а) и расположение точек пробоотбора (б)

При сравнении требований к питьевой воде стран РФ и Индии [3] видны различия. Так, например, более высокий порог концентраций предъявляется в Индии по таким элементам, как цинк, медь, стронций, но в то же время более жесткие требования в отношении свинца. В целом, выше нормы только концентрации железа в точках исследования 1 и 2.

Таблица 1

Данные по точкам пробоотбора реки Ямуна

№ точки	Название	Местоположение	Координаты	Описание точки отбора
1	Шьям Гхат	Вазирабад, Нью-Дели	28.738439, 77.229793	Расположена выше по течению по отношению к г. Дели. Пробоотбор со стороны левого берега
2	Ямуна Гхат	Вазирабадский мост	28.711706, 77.231288	Расположена в районе плотины Вазирабад. Течение реки интенсивное, уровень воды высокий
3	Ямуна Гхат II	Мост Кашмирские ворота, ISBT	28.664235, 77.239377	Находится рядом с храмом, где происходит кремация. На месте пробоотбора обнаружено много бытового мусора и пластика
4	Лесной массив Ямуна-Бэнк	Ямуна Банк, Нью-Дели	28.616368, 77.256597	Сток воды в точке пробоотбора стабильный. Место сброса в реку сточных вод.

Анализ соответствия установленных концентраций речной воды с ПДК_{рбх} с действующими нормами показал наличие превышения норм по 13 веществам с различными лимитирующими показателями вредности, в том числе и токсикологическим, оказывающих прямое токсическое действие на водные биологические ресурсы. Так, многократные превышения нормативов отмечены по нитритам – в 20-43 ПДК_{рбх}, фосфатам – 3-64 ПДК_{рбх}, молибдена – 5-8 ПДК_{рбх}, фтору – 4-8 ПДК_{рбх}, меди – 3-4 ПДК_{рбх}, ванадия – 2 ПДК_{рбх}, магния – 1,5 ПДК_{рбх}, сульфатам – 1,3 ПДК_{рбх}. Также отмечены незначительные превышения бора в точках отбора 3 и 4. Особенно обращает на себя внимание превышения таких компонентов, как алюминий и фосфор элементарный, которые для первого составляют 11 ПДК_{рбх}, а для второго – сотни тысяч раз. Тысячекратные превышения фосфора элементарного может говорить о активно развивающихся процессах эвтрофикации и повышенном содержании органического вещества в водах р. Ямуна. Этот показатель особенно высок в точке 3, в районе которой происходит кремация. Превышение алюминия, вероятно, связано с захватом иловых частиц донных отложений, что требует постановки дополнительного пробоотбора для перепроверки полученных данных исследования.

Несмотря на то, что рН исследуемых вод является наиболее подходящей для существования речной фауны, превышение многих компонентов, таких как фтор, алюминий и др., является токсичным для водных организмов. Повышенное содержание магния, алюминия, меди может отразиться на жизнедеятельности рыб. Накопление на поверхности жабр алюминия может привести к дыхательной дисфункции и смерти. Возможно, именно по этой причине в ноябре 2018 г. в Ямуне в Матхуре (185 км от Дели) были обнаружены тысячи мертвых рыб и может быть связано со сбросом токсичных отходов в реку.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Вода в реке Ямуна пригодна для использования населением города Дели в качестве источника водоснабжения только после предварительной водоподготовки. Воду Ямуны не рекомендуется пить без предварительной обработки;

2. Вода небезопасна для рыбохозяйственной деятельности в связи с многократным превышением концентраций по ряду токсичных компонентов;

**СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И
ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ**

3. Во время полевых работ было обнаружено наличие большого количества пластика, что может приводить к наличию в водах высоких концентраций микропластика, что требует постановки дополнительных исследований.

Таблица 2
Химический состав реки Ямуна (по данным опробования в феврале 2022 г.), мг/дм³

Показатели	Номер точки опробования				ПДК _{рбх} [5]
	1	2	3	4	
УЭП $\mu\text{s/cm}$	349	353	1143	836	–
pH, ед. pH	7.82	7.81	7.32	6.8	–
Жесткость об., мг-экв/л	3.04	3.02	5.48	4.38	–
Минерализация	296	313	639	517	–
CO ₂	<2	3.56	3.52	3.52	–
CO ₃ ²⁻	<2	<2	<2	<2	–
HCO ₃ ⁻	156	177	229	220	–
SO ₄ ²⁻	50	51	132	104	100
Cl ⁻	20	19	100	63.4	300
Na ⁺	11.24	11.46	78.57	49.36	120
K ⁺	2.57	2.8	8.09	6.81	50
Ca ²⁺	44	33.6	57.6	52	180
Mg ²⁺	10.2	16.3	31.7	21.7	40
NH ₄ ⁺	<0.05	<0.05	0.17	0.12	0.5
NO ₂ ⁻	2.05	3.48	1.89	1.75	0.08
NO ₃ ⁻	6.11	6.59	1.72	2.02	40
PO ₄ ³⁻	0.19	0.19	3.2	2.89	0.05
F ⁻	0.19	0.18	0.42	0.3	0.05
Li	0.005	0.01	0.012	0.01	0.08
Be	0.00005	0	0	0.0001	0.0003
B	0.06	0.03	0.13	0.12	0.1
Al	0.48	0.44	0.03	0.07	0.04
Si	3.54	3.68	3.16	3.49	–
P	0.102	0.14	1.16	0.79	0.00001
Cr	0.0022	0.002	0.0061	0.0037	0.07
Mn	0.01	0.01	0.03	0.04	0.1
Fe	0.61	0.4	0.14	0.15	0.1
Ni	0.001	0.002	0.01	0.008	0.01
Cu	0.003	0	0.004	0.003	0.001
Zn	0.001	0	0.007	0.0072	0.01
As	0.003	0.0031	0.003	0.0033	0.05
Se	0	0	0.001	0.001	0.02
Sr	0.2	0.22	0.75	0.55	0.4
Mo	0.0057	0.0086	0.0072	0.0062	0.001
Cd	0.00002	0.00002	0.000022	0.000034	0.005
Ba	0.05	0.06	0.06	0.054	0.74
Pb	0.0006	0.0006	0.0003	0.0009	0.006
U	0.0019	0.0019	0.0036	0.0028	–

Примечание: **132** – превышение значений ПДК_{рбх} в пробах точек отбора.

По данным правительства Индии [4], к февралю 2025 г. в соответствии с планом действий по отношению к рекам Ганг и Ямуна будет предпринято множество действий по очистке и возрождению рек.

Автор выражает огромную благодарность волонтерам Риши Шарме и Хеманту Ядаву из организации «Tears of The Earth» в г. Дели, которые оказали безмерную помощь при пробоотборе.

Литература

1. Pollution mapping of Yamuna River segment passing through Delhi using high-resolution GeoEye-2 imagery by S. Said & A. Hussain published on 16 march 2019 on Springerlink.
2. Environmental flow for Monsoon Rivers in India: The Yamuna River as a case study by Vikram Soni, Shashank Shekhar, Diwan Singh published on arxiv.com
3. IS 10500 (2012): Standards of water Seconed Revision by BUREAU OF INDIAN STANDARDS, New Delhi
4. An article by Newsindiaexpress.com on Yamuna Cleaning Cell published on November 29, 2021.

5. Приказ от 13.02.2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года)
6. Новостной сайт www.NDTV.com

МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИФФУЗИИ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (НАПРИМЕР, ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД КРЭНКА-НИКОЛСОНА)

Ян Хэн

Научный руководитель профессор Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

Проблема диффузии загрязняющих веществ по существу является проблемой диффузии концентрации вещества. Различные методы расчета диффузии концентрации вещества имеют разную сферу применения [1].

Метод конечных разностей

Предполагая, например, что f является функцией независимой переменной x , ее частная производная в точке x_0 равна

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Если функция f определена в точке x_0 , то в точке $x_0 + \Delta x$, ее можно аппроксимировать рядом Тейлора следующим образом:

$$f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + \sum_1^n \frac{\Delta x^n \partial^n f}{n! \partial x^n} = f(x_0) + \Delta x \frac{\partial f}{\partial x} + \Delta x^2 \frac{\partial^2 f}{2 \partial x^2} + \dots \dots$$

Сохраняя только первый член правой части, последнее уравнение дает

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Основные понятия численного подхода

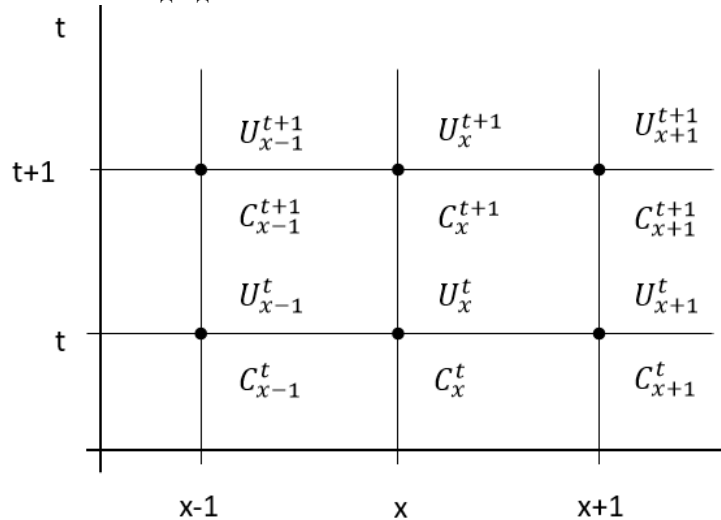


Рис.1. Сетка x, t для численной интерпретации

$$\begin{aligned} \frac{\partial CU}{\partial x} &\rightarrow \frac{1}{\Delta x} \left[\frac{C_{x+1}^t U_{x+1}^t + C_{x+1}^{t+1} U_{x+1}^{t+1}}{2} - \frac{C_x^t U_x^t + C_x^{t+1} U_x^{t+1}}{2} \right] \\ \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} &\rightarrow \frac{E}{2\Delta x^2} [C_{x+1}^t + C_{x+1}^{t+1} - 2(C_x^t + C_x^{t+1}) + C_{x-1}^t + C_{x-1}^{t+1}] \\ \frac{\partial C}{\partial t} &= E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - U \frac{\partial C}{\partial x} - kC \\ \omega_1 C_x^t + \omega_2 C_{x+1}^t + \omega_3 C_x^{t+1} + \omega_4 C_{x+1}^{t+1} + \omega_5 &= 0 \\ \omega_1 &= \left[\frac{1}{2\Delta t} + \frac{U_x^t}{2\Delta x} - \frac{E}{\Delta x^2} - \frac{k}{4} \right] & \omega_2 &= \left[\frac{1}{2\Delta t} - \frac{U_{x+1}^t}{2\Delta x} + \frac{E}{\Delta x^2} - \frac{k}{4} \right] \\ \omega_3 &= \left[-\frac{1}{2\Delta t} + \frac{U_{x+1}^{t+1}}{2\Delta x} - \frac{E}{\Delta x^2} - \frac{k}{4} \right] & \omega_4 &= \left[-\frac{1}{2\Delta t} - \frac{U_{x+1}^{t+1}}{2\Delta x} - \frac{E}{\Delta x^2} - \frac{k}{4} \right] & \omega_5 &= \left[\frac{E}{2\Delta x^2} (C_{x-1}^t - C_{x-1}^{t+1}) \right] \end{aligned}$$

Численная схема Крэнка-Николсона

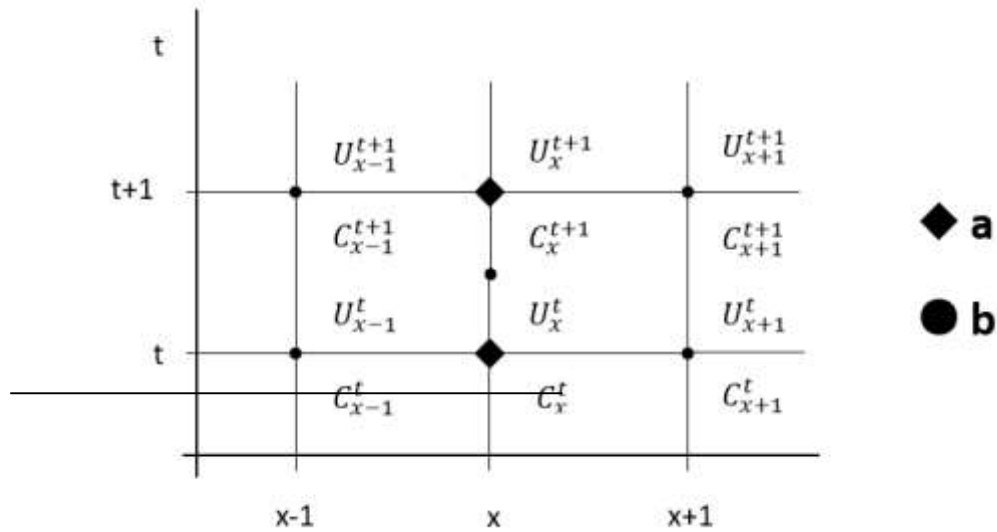


Рис.2. Упрощенная сетка схемы Кранка-Николсона: точки a содержат производную по времени и вторую производную по пространству, а точки b содержат как первую, так и вторую производную по пространству

В случае стационарного равномерного течения в потоке

$$U_x^t = U = \text{Постоянный}$$

Производная скорости по времени и пространству равна нулю

$$\frac{\partial U}{\partial t} = 0 \quad \frac{\partial U}{\partial x} = 0$$

И фундаментальное уравнение переноса в одномерной (1D) форме принимает вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial UC}{\partial x} &= E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - kC \rightarrow \frac{\partial C}{\partial t} + C \frac{\partial U}{\partial x} + U \frac{\partial C}{\partial x} = E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - kC \rightarrow \frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} \\ &= E \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - kC \end{aligned}$$

Чтобы преобразовать приведенное выше дифференциальное уравнение в дискретное выражение, производная по времени становится

$$\frac{\partial C}{\partial t} \rightarrow \frac{C_x^{t+1} - C_x^t}{\Delta t} \quad \frac{\partial C}{\partial x} \rightarrow \frac{\frac{C_{x+1}^{t+1} - C_{x-1}^{t+1}}{2\Delta x} + \frac{C_{x+1}^t - C_{x-1}^t}{2\Delta x}}{2} \quad \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \rightarrow \frac{\frac{C_{x+1}^t - 2C_x^t + C_{x-1}^t}{\Delta x^2} + \frac{C_{x+1}^{t+1} - 2C_x^{t+1} + C_{x-1}^{t+1}}{\Delta x^2}}{2}$$

Следовательно, основное дифференциальное уравнение заменяется на

$$\begin{aligned} \frac{C_x^t - C_x^{t+1}}{\Delta t} - \frac{U}{4\Delta x} (C_{x+1}^{t+1} - C_{x-1}^{t+1} + C_{x+1}^t - C_{x-1}^t) + \frac{E}{2\Delta x^2} [C_{x+1}^t + C_{x-1}^{t+1} - 2(C_x^t + C_x^{t+1}) + \\ C_{x-1}^t + C_{x-1}^{t+1}] - \frac{k}{2} (C_x^t + C_x^{t+1}) = 0 \end{aligned}$$

Обсуждение метода конечных разностей

Очевидно, что метод конечных разностей требует сетки постоянного и одинакового размера во всей расчетной области. Его главный недостаток — необходимость прямоугольного вычислительного поля, это может увеличить количество шагов и потребовать больше вычислительного времени. Тем не менее, метод конечных разностей является самым простым численным методом разработки алгоритмов, особенно в одномерных моделях.

Литература

1. Nuttawee Pengpom, Somsak Vongpradubchai, Phadungsak Rattanadecho. Numerical Analysis of Pollutant Concentration Dispersion and Convective Flow in a Two-dimensional Confluent River Model[J]. Mathematical Modelling of Engineering Problems, 2019, 6(2).

С Е К Ц И Я 7

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ЗА ПЕРИОД 2018-2020 ГОДА

Арутюнов Д.В., Аврунев Е.И.

Научный руководитель профессор Аврунев Е.И.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

На данный момент времени, одной из важнейших научно-технических задач при осуществлении кадастровых работ и ведении Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) является, к сожалению, наличие многочисленных реестровых ошибок [1, 2, 5]. Реестровые ошибки обуславливают искажение характеристик соответствующих объектов недвижимости (ОН), что оказывает отрицательное влияние на гражданско-правовые отношения на территории РФ, приводит к недостоверности налогооблагаемой базы и ставит под сомнение принцип достоверности сведений, содержащихся в ЕГРН, и, в конечном итоге, наносят ущерб по репутации Росреестра [3-5].

Отметим, что в соответствии с действующим земельно-имущественным законодательством [2, 3] реестровая ошибка, представляет собой ошибку, которая возникает на этапе выполнения кадастровых работ и, как правило, относится к определению местоположения ОН в территориальном образовании. Такая ошибка обнаруживается на этапе внесения кадастровой информации в существующую базу данных и обуславливает следующие негативные аспекты:

- наложение границ земельных участков (ЗУ) друг на друга;
- пересечение границ земельных участков с границами кадастровых кварталов и районов.

Природа возникновения таких ошибок обусловлена, на наш взгляд, следующими техническими и технологическими факторами:

- использование кадастровыми инженерами при координировании характерных точек, определяющих на местности границы ЗУ, не соответствующего по точности измерительного технологического оборудования;
- применение способа координирования несоответствующего по нормативной точности определения координат характерных точек;
- наличие реестровой ошибки при постановке на государственный кадастровый учет (ГКУ) смежного земельного участка;
- изменение системы координат в интервале времени между постановкой на ГКУ смежного земельного участка и вновь образуемого ЗУ.

Исходя из этих концептуальных положений был выполнен анализ наличия реестровых ошибок при осуществлении кадастровых работ на территории города Новосибирска в отношении территориальных зон (ТЗ) за период с 2018 по 2020 год. При этом анализировались результаты внесения информации о местоположении этих зон в реестр границ, что обуславливает анализ пересечения границ ТЗ с земельными участками, которые уже были поставлены на ГКУ по перечисленным выше параметрам.

В этом анализе использовались данные Федеральной кадастровой палаты Федеральной службы государственной регистрации по Новосибирской области, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические данные Федеральной кадастровой палаты по городу Новосибирску о выявленных реестровых ошибках за период 2018-2020 год

Год	Количество ошибок	Динамика
2018	102	-
2019	33	3,1
2020	23	4,4

Отметим при этом важный концептуальный момент: внесение информации о территориальных зонах осуществляется на территории населенных пунктов, следовательно, нормативная точность должна составлять $m=0,10$ м. В тоже время границы территориальных зон, как правило, кадастровыми инженерами устанавливаются с использованием картометрического способа, что принципиально недопустимо при установлении границ ТЗ в черте населенного пункта. Кроме этого, в ряде случаев, кадастровыми инженерами в соответствующих документах указывается аналитический способ определения координат, что так же является недопустимым с точки зрения технологии его применения. Отметим, что аналитический способ может применяться только в том случае, когда координируемая характерная точка находится в створе линии между двумя точками, координаты которых определены с требуемой точностью и уже имеются в ЕГРН. Имеет место и еще один технологический аспект: в базе данных ЕГРН заложено требование о миллиметровой точности совпадения координат смежных вновь образуемых ЗУ или ранее учтенных земельных участков и вносимых границ территориальных зон. Следовательно, расхождения в пределах нормативно определенной точности алгоритмически программой будут восприниматься как недопустимые пересечения или наложения.

Исходя из перечисленных выше принципиальных технологических аспектов предлагается реализовать следующие положения:

– учитывая большую трудоемкость при геодезическом определении координат характерных точек, закрепляющих в виртуальном пространстве границы территориальных зон, на законодательном уровне разрешить картометрический способ определения координат при условии наличия в территориальном образовании (населенном пункте) топографического плана масштаба 1:500;

– установить нормативную точность определения координат характерных точек $m_{\text{норм}}=1 \text{ мм} \cdot M=0,5 \text{ м}$ (для варианта, когда топографическая основа получается в результате сканирования имеющегося в наличии бумажного варианта топографического план), в том случае, когда топографический план создается непосредственно в цифровом варианте в результате использования электронного тахеометра – нормативную точность определения координат следует установить $m_{\text{норм}}=0,5 \text{ мм} \cdot M=0,25 \text{ м}$;

– обязать кадастровых инженеров выполнять контроль точности, используемой при картометрическом способе координирования топографической основы, путем измерения контрольных длин линий между четкими контурами местности и сравнении их со значениями, определенными по топографической основе [1];

– при несовпадении в пределах установленной нормативной точности границ ЗУ, ранее поставленных на ГКУ и границ территориальных зон, наделить сотрудников кадастровой палаты полномочиями по корректировке последних в пользу границ ЗУ, тем более если на них зарегистрированы права.

В том случае, когда расхождение между координатами ЗУ и границами ТЗ превосходит нормативный допуск и кадастровый инженер выполнил контроль точности исходной топографической основы, причиной будет являться реестровая ошибка, допущенная при постановке ЗУ на ГКУ. Причиной этому могут быть следующие отрицательные аспекты, отмеченные ранее.

При выявлении такого факта, по нашему мнению, целесообразно принимать решение об исправлении выявленной реестровой ошибки через повторное определение местоположение ЗУ и корректировкой, в случае необходимости, соответствующих правоустанавливающих документов.

Литература

1. Аврунев Е.И., Горобцов С.Р. Геодезическое обеспечение кадастровых работ. Новосибирск. СГУГиТ. – 2021 г. – 211с.
2. Батин П. С., Дубровский А. В., Рунковская Г. А. Классификация видов реестровых ошибок и причин их низкого выявления // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 3. – №. 2. – С. 82-86.
3. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О кадастровой деятельности [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Овчинникова А. Г. Классификация ошибок в сведениях государственного кадастра недвижимости о земельных участках // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – №. 2. – С. 90-95.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Бакулина А.А., Аврунев Е.И.

Научный руководитель профессор Аврунев Е.И.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

В настоящее время база Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН) недостаточно достоверная и полная. В результате чего муниципальные образования получают меньше налоговых поступлений в местные бюджеты, так как налог начисляется на основании значения кадастровой стоимости, которая рассчитывается на основании площадной характеристики объекта недвижимости. Поэтому без точных границ объектов недвижимости невозможно справедливое налогообложение. На сегодняшний день основной проблемой российского кадастра являются технические и реестровые ошибки. В результате имеющихся таких ошибок в кадастре возникают проблемы с постановкой на государственный кадастровый учет образуемых земельных участков (ЗУ), судебные земельные споры и, что очень важно, внесение сведений о территориальных зонах в ЕГРН, которые, в свою очередь, необходимы для установления правового режима объектов недвижимости [1].

Правительством Российской Федерации для решения отмеченных проблем принято решение о проведении комплексных кадастровых работ (ККР) [2]. Данный вид работ позволит исключить наличие в кадастре реестровых и технических ошибок и обеспечить наполнение актуальными и достоверными сведениями ЕГРН. Так как ККР являются новшеством в российском кадастре и введены в практику относительно недавно, то возникает ряд вопросов, касающихся реализации отдельных технологических аспектов, что обуславливают снижения качества работ и увеличения трудоемкости. На основании опыта проведения комплексных кадастровых работ рассматривается технологическая схема выполнения таких работ, которая приведет к решению некоторых научно-технических вопросов.

Выполнение ККР начинается со дня заключения муниципального/государственного контракта (за счет бюджетных средств, где заказчиками выступают уполномоченный орган местного самоуправления или муниципального (городского) округа) или договора подряда (за счет внебюджетных средств, где заказчиками выступают заинтересованные лица, являющиеся правообладателями объектов недвижимости). На этом этапе исполнитель (кадастровый инженер) анализирует территорию выполненных работ, выявляет объекты ККР, составляет техническое задание для проведения геодезической съемки и составляет список объектов недвижимости, которые не вошли в объекты

ККР для согласования с заказчиком. Также после заключения контракта заказчик обязан предоставить полный пакет исходных документов, так как исполнитель направляет в администрацию района информационные письма с запросами. Здесь возникает проблема в том, что заказчики зачастую не представляют необходимые документы в полном объеме, хотя заинтересованы в выполнении ККР, так как зачастую сотрудники администрации очень загружены и не успевают следить за законодательством. Рекомендуется с сотрудниками, ведущих сопровождение при проведении ККР, проводить семинары, на которых будут освещены следующие темы: особенности при выполнении ККР со сторон ведения исполнителя и заказчика; проработка технических аспектов при составлении контрактов, технических заданий и календарных планов, для того чтобы повысить качество проведения ККР.

Вторым этапом проведения ККР является сбор исходных данных. На данном этапе исполнитель запрашивает необходимые данные у заказчика и иных организациях. В качестве таких материалов используют: сведения ЕГРН; архивы органов местного самоуправления; адресный реестр; градостроительная документация (проекты планировки и межевания территории, правила землепользования и застройки и другие); данные электронной картографической основы; картографические материалы; материалы государственного фонда данных, полученных в результате проведения землеустройства; каталоги координат пунктов государственной геодезической сети; ситуационные планы, которые содержатся в технических паспортах объектов недвижимости, расположенных на ЗУ, подготовленных органами и организациями по государственному техническому учету и (или) технической инвентаризации и иные документы. Заказчик предоставляет необходимые материалы, которые у него имеются, в электронном виде исполнителю в течение 5 рабочих дней со дня заключения контракта. Иные необходимые документы, которые заказчик предоставить не может, исполнитель запрашивает самостоятельно. Зачастую у заказчика не хватает всей необходимой информации для образования объектов недвижимости или исправления реестровых и технических ошибок. Проблемой может выступать неполная информация в ЕГРН, так как на основании анализа кадастрового плана территории на кадастровый квартал, являющийся территорией работ по контракту, обнаружены сведения о ранее учтенных земельных участках, местоположение некоторых выявить невозможно. А также проблемой выступают устаревшие документы, например, основанием при проведении ККР может являться проект межевания территории, подготовленный в 2016 году, с учетом проведения ККР в 2021 году, документ устарел на 5 лет, за это время некоторые объекты недвижимости поставили на государственный кадастровый учет, не основываясь на проект межевания территории. Например, такие проблемы возникли у земельного участка, расположенного в городе Томске. У данного земельного участка выявлена ошибка, выраженная в смещении границы на 10 м. Со стороны смещения границы ЗУ правообладатель имеет хозяйственные постройки.

Третий этап проведения ККР – полевые измерения. Важным аспектом на данном этапе является знакомство с территорией и ее особенностью, а также информирование граждан и личные беседы при необходимости. Проблематикой этапа выступает незаинтересованность собственников объектов недвижимости в отношении защиты своих прав при проведении ККР. Собственники неохотно или вообще не пускают исполнителя на свои земельные участки для проведения замеров. Так как по результату геодезической съемки исполнитель предоставляет заказчику работ и надзорный орган схемы с координатами расположения не зарегистрированных объектов недвижимости, поэтому у собственника возникает необходимость регистрации таких объектов. В данном случае заказчик в лице органа местного самоуправления должен принимать активное участие при информировании собственников объектов недвижимости.

На следующем этапе собирают согласительную комиссию. К полномочиям согласительной комиссии относят: рассмотрение проекта карты-плана территории и возражений относительно границ объектов недвижимости, оформление акта согласования местоположения границ, подготовка заключения, разъяснение заинтересованным лицам во избежание земельных споров и оформление протокола заседания. На этом этапе проведения ККР явка собственников и иных заинтересованных лиц минимальна. Так происходит даже при дополнительном информировании собственников по средствам телефонной связи и электронным почтовым отправлением [4].

После проведения согласительной комиссии возражения могут приходиться в течение 35 календарных дней со дня заседания, после истечения срока возражений в течение 20 рабочих дней исполнитель направляет карта-план территории (документ, подготовленный в результате выполнения ККР) в окончательной редакции. Заказчик направляет в течение 3 рабочих дней в кадастровую палату утвержденный карта-план территории, который заверен усиленной квалификационной подписью кадастрового инженера. В связи с недостаточным опытом, связанным с проведением ККР со стороны всех участников этого процесса, вследствие возникают трудности при проверке карты-плана территории в кадастровой палате. Для облегчения этого процесса кадастровая палата предоставляет услугу предварительной проверки карты-плана территории, что очень удобно и эффективно, а также предоставляется возможность пройти процедуру кадастрового учета с первого раза. Но стоимость данной процедуры высока и составляет примерно 50% от стоимости контракта, что для исполнителя ККР является не рентабельным.

Так как комплексные кадастровые работы введены относительно недавно, имеются пробелы в понимании относительно нормативно-правовых документов. Например, в Федеральном законе №221-ФЗ «О кадастровой деятельности» в статье 42.1 в части 6 описаны особенности выполнения ККР, одной из которых является – «в отношении ЗУ, занятых зданиями, сооружениями (за исключением линейных объектов)». В данной трактовке закон говорит об особенностях проведения ККР, в таком случае их можно принимать как дополнительное условие при проведении ККР, а не прямую задачу. Например, ККР были выполнены в отношении кадастрового квартала, где основанием для проведения ККР был проект межевания территории. В границах кадастрового квартала некоторые земельные участки, предусмотренные для образования проектом межевания, не были расположены здания или сооружения. Таким образом, кадастровая палата исключила такие ЗУ из ККР, основываясь на федеральный закон №221-ФЗ. В таком случае некоторое количество земельных участков не образовались, карта-план территории содержал в себе неполноту сведений кадастрового квартала и такие сведения не внеслись в ЕГРН [2,3].

На данном этапе развития кадастрового учета, ККР является основным перспективным направлением систематизации и достоверности внесения сведений в ЕГРН. Для того чтобы мероприятия по выполнению комплексных кадастровых работ выполнялись в полном объеме и в короткие сроки необходима заинтересованность всех участников процесса. Если провести надлежащую подготовку по каждому этапу для каждого участника ККР возможно избежать трудности и сократить время подготовки карты-плана территории. При выполнении ККР повышения квалификации должны проходить не только кадастровые инженеры, но и сотрудники органов местного самоуправления. Филиалами Федеральной кадастровой палаты Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и Саморегулируемыми организациями проводятся различные семинары для повышения уровня квалификации кадастровых инженеров.

Литература

1. Аврунев Е. И., Каленицкий А. И., Ключниченко В. Н. Проблемы кадастровой деятельности // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – №. S5. – С. 99-103.
2. О кадастровой деятельности [Электронный ресурс]: федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Методические рекомендации по проведению комплексных кадастровых работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sokin.ru/01.01.05.03/1509.aspx>

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Белова Д.А.

Научный руководитель доцент Бугаевская В.В.
Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

К уровню и качеству знаний предъявляются высокие требования, которые позволяют перейти на новую ступень принятия землеустроительных решений на основе экономико-математических и экономико-статистических моделей. В связи со стремительным внедрением информационных технологий во все сферы деятельности математические методы получили в последнее время новый импульс развития. Основные математические методы являются основой формирования практических навыков моделирования социально-экономических, технических, землеустроительных процессов, используемых при выполнении землеустроительных работ. Экономико-статистические модели используются для выработки оптимальных управленческих решений в различных сферах экономики, в области эффективного управления территориями, агропромышленным комплексом, в природоохранной деятельности в области планирования рационального использования сельскохозяйственных угодий и их охраны. В настоящее время существует ряд обстоятельных руководств по методам стохастического моделирования, но ощущается потребность в простых и конкретных примерах, которые способны просто и доходчиво показать основные приёмы, методы, алгоритм построения и применения регрессионных моделей.

К основным методам решения землеустроительных задач относят методы стохастического программирования, математической обработки статистической информации с целью построения стохастических моделей, решения, оценки достоверности подобранных производственных функций, а также методы расчета и применения в экономике сельского хозяйства экономических характеристик производственных функций. Основным методом решения стохастических моделей являются производственные функции. Экономико-статистическое (стохастическое) моделирование предоставляет возможность получения навыков в области утверждения результативных координационных и экономических решений, рационального использования ресурсной базы, рассмотрения, анализа и обработки полученных результатов. Прогнозирование обстановки для хозяйствующего субъекта определяет возможность получения наиболее предпочтительных итогов и сокращение издержек.

Главный компонент экономического процесса представляет собой исследование и создание взаимных связей экономических переменных, не выступающих многофункциональными зависимостями, потому что сложно определить все главные условия, которые оказывают большое влияние на изучаемую переменную, многочисленные влияния включают случайную составляющую, спектр статистических исследований лимитирован, а также включает разнообразные погрешности. На основе экономико-статистических моделей рассчитываются ключевые показатели проектов землеустройства. Для внедрения стохастического моделирования в практику землеустроительных работ необходимо: освоить математические методы обработки статистической информации; процесс построения стохастической модели, который отражает переход от статистического ряда дискретных чисел к функциональному их представлению в виде регрессионной зависимости; процесс верификации уравнений регрессии; получить практические навыки и приемы применения производственных функций в практике землеустройства. Для построения уравнения регрессии необходимо определить [1]:

- 1) вид связи между зависимой переменной (y) и независимыми переменными ($x_1, x_2 \dots x_k$);
- 2) аналитический вид функции из класса наработанных производственных функций;
- 3) тесноту связи между двумя переменными;
- 4) значимость построенного уравнения регрессии $Y = f(a_1, a_2 \dots a_L; x_1 \dots x_k)$;
- 5) возможность использования полученной зависимости для вычисления прогнозных значений результативного показателя (y);

б) влияние вычисленных экономических характеристик производственных функций на экономику землеустроительного проектирования [1].

Общая схема решения задач стохастического программирования методом построения и оценки производственной функции проводится в следующей последовательности:

- моделирование социально-экономического явления, выбор результативного показателя (y) и выявление существенных факторов ($x_1, x_2 \dots x_k$);
- сбор n -пар выборки;
- определение связи между изучаемыми переменными;
- подбор уравнения регрессии из наработанного класса (G) производственных функций с помощью электронной таблицы Microsoft Excel строят точечную диаграмму и линию тренда к статистическому ряду в двумерной системе координат (x, y) (рис. 1);
- параметризация модели – расчёт параметров производственной функции, которые являются неизвестными в модели. Для уравнения прямой при парной линейной зависимости находят первые частные производные от суммы, система уравнений при этом выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ \sum xa_0 + a_1 \sum x^2 = \sum xy \end{cases}, \text{ где } n - \text{число эмпирических данных; } a_0, a_1 - \text{параметры уравнений;}$$

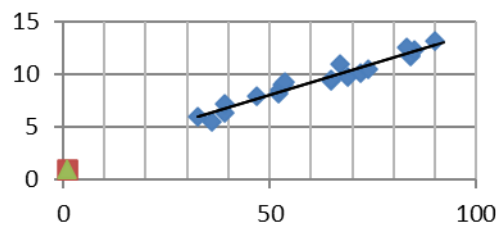


Рис. Графическое представление зависимости стоимости квартиры от общей площади квартиры линия тренда к статистическому ряду

- верификация стохастической модели – оценка адекватности модели статистическому ряду при помощи корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа;
- экономическая интерпретация модели, возможность использования построенного уравнения регрессии в практике землеустройства;
- расчёт экономических характеристик с использованием построенного уравнения регрессии в целях применения их в экономике сельского хозяйства.

На основе расчета различных статистических величин проводят экономическую интерпретацию стохастической модели и определяют ее значимость (рис.). Достоверность построенного уравнения регрессии оценивается по системе статистических характеристик, к которым относятся характеристики многомерного корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа. Парная корреляция подразумевает выявление наличия и формы корреляционной зависимости между результативным показателем (например, ценой объекта недвижимости) и одним из анализируемых факторов (характеристикой объекта). При этом предполагается условное равенство всех характеристик в сравниваемых объектах, а результативный показатель рассматривается как функция от значения анализируемой ценообразующей характеристики аналогичных объектов.

Коэффициент корреляции построенной регрессионной зависимости $\tilde{y}^j = a_0 + a_1 x^j$ характеризуют меру и тесноту связи между исследуемыми величинами. Для корреляционной связи значению факторного показателя (x) ставится в соответствие не единственное значение результативного показателя (y), как при функциональной связи, а некоторое распределение значений (y). Корреляционно-регрессионный анализ заключается в установлении степени тесноты связи (корреляционный анализ) и ее формы, т.е. аналитического выражения, связывающего переменные (регрессионный анализ). Область значений коэффициента корреляции $-r [-1; +1]$, чем ближе его значение к «1», тем сильнее и теснее связь.

Тесноту нелинейных связей характеризуют выборочным значением корреляционного отношения. При криволинейных связях корреляционное отношение рассчитывается по формуле: $R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{j=1}^N (y^j - \hat{y})^2_{\text{сглаж}}}{\sum_{j=1}^N (y^j - \bar{y})^2}}$, где \hat{y} –

сглаженное значение зависимой переменной, полученной по уравнению производственной функции при подстановке фактических значений; \bar{y} – среднее арифметическое значение; y^j – фактическое значение результативного показателя из выборки. Корреляционное отношение характеризует тесноту нелинейных связей, область значений $-R [0, +1]$, чем ближе его значение к единице, тем выше адекватность построенного уравнения регрессии. В случае малой выборки, когда n меньше 30, вычисляют коэффициент (r_0) в генеральной совокупности, используя соотношение: $r - t_p \sigma_r \leq r_0 < r + t_p \sigma_r$. Данное значение важно знать при использовании построенного уравнения регрессии при решения аналогичных практических землеустроительных задач для исследуемой территории.

Не менее важен коэффициент детерминации (D), который определяет оценку значимости построенной сглаженной зависимости, характеризует в процентном соотношении величину изменения результативного показателя (y), в зависимости от изменения исследуемого фактора (x). Среднеквадратическая ошибка модели $-S_y$ – важная статистическая характеристика, которая вычисляется по формуле: $S_y = \sqrt{D_{\text{ост}}}$. S_y - позволяет определить процентное

отклонение прогнозной величины результативного показателя от статистического отклонения путем вычисления коэффициента вариации (C_y), который показывает процент отклонения исследуемого результативного показателя (y^j) от линии регрессии. Диапазоне процентного отклонения 5 - 10% для типичных объектов показывает адекватность построенной модели реальной действительности. Построенную производственную функцию можно использовать для расчета прогнозных значений (y^j), результат моделирования можно рассматривать как хороший и использовать ее в экономике сельского хозяйства.

Литература

1. Волков С. Н., Бугаевская В. В. Экономико-математические методы и моделирование в землеустройстве. Построение и применение производственных функций в землеустройстве, кадастрах и управлении недвижимостью. – 2015. – 140 с.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ИЗ ЗЕМЕЛЬ, НАХОДЯЩИХСЯ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИЛИ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ ЧЕРЕЗ ТОРГИ В Г. ТОМСКЕ

Борисова А.Д.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Существенный вклад в развитие земельных отношений был вложен Земельной реформой в 1990 г., основной целью которой являлось разграничение государственной собственности, приватизация земель. Конституция РФ, принятая на референдуме 12 декабря 1993 г., закрепила все формы права собственности на землю: частную, государственную, муниципальную и, как сказано в Конституции, «иные формы».

Несмотря на то, что с времён Земельной реформы прошло 32 года, проблема разграничения государственной собственности остаётся актуальной. На 1 января 2021 г. в частной собственности граждан находилось 133 млн. га земельных участков, что составило 7,8 % земельного фонда страны [1].



Рис. 1. Структура площади земельных участков в Российской Федерации по формам собственности [1]

В структуре земельного фонда Томской области на 1 января 2021 г. (рис.1) частная собственность составляла всего 2,1% или 661,4 тыс. га земельных участков, в то время как государственная составляла 97,9% или 30777,7 тыс. га [5].

Для повышения эффективности использования государственных и муниципальных земель РФ существуют механизмы предоставления таких земельных участков в частную собственность. Такие механизмы регулируются земельным кодексом РФ, которые можно представить в виде схемы на рисунке 2.



Рис. 2. Схема механизма предоставления земельных участков

Одним из способов предоставления является процесс предоставления земельных участков на торгах, проводимых в форме аукционов. В рамках настоящего исследования был проведен анализ результатов предоставления земельных участков из земель, находящихся в государственной или муниципальной собственности через торги в г. Томске за период 2013-2021 гг.

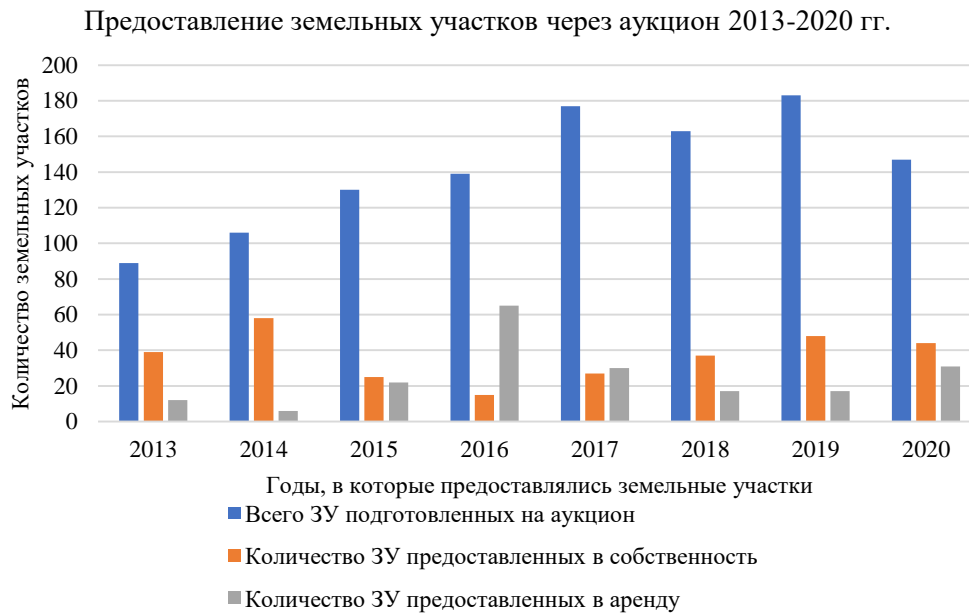


Рис.3. Анализ результатов предоставления земельных участков через аукцион 2013-2020 гг.

На рис.3 видно, что наибольшее количество земельных участков, а именно 183, было подготовлено в 2019 году, а наименьшее (89 земельных участков) было подготовлено в 2013 году. В 2014 году по результатам аукциона было предоставлено максимальное количество земельных участков на праве собственности в количестве 58, а на праве аренды в 2016 году в количестве 65. В целом можно сказать, что процент предоставленных земельных участков через аукцион от общего количества подготовленных варьируется от 32% до 60%.

Анализируя представленную информацию об основных характеристиках земельных участков, выставленных на аукцион, можно сказать, что земельные участки, на которые отсутствовали заявки в связи с чем аукцион не состоялся, в основном связано с их местоположением: расположение в посёлках, отдалённых частях муниципального образования. В частности, решение заявителей на участие в аукционе зависит от развитой инфраструктуры и престижности выбранного района. Также наблюдаются случаи отсутствия заявок в связи с нарушенным рельефом земельного участка, который выражается в перепадах высот. В основном участки предоставляются для индивидуального жилищного строительства, а перепады высот или отсутствие уклона поверхности свидетельствуют о том, что территория неблагоприятна для застройки. Также на территории Томского района распространены негативные процессы (заболоченность, подтопляемость), что тоже может служить фактором отсутствия заявок на выставленные на аукцион земельные участки.

Проведенный анализ результатов проведения аукционов по продаже земельных участков на право заключение договоров купли-продажи и аренды позволил сделать вывод о том, что несмотря на большое количество подготовленных земельных участков, выкупают далеко не все в связи с неудобным местоположением, и неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Чтобы увеличить темп роста разграничения государственной собственности, необходимо создавать благоприятные условия территории для застройки и тогда, процент выкупа земельных участков будет возрастать.

Литература

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/>.
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2020) [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. Муниципальные торги города Томска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://torgi.admin.tomsk.ru/>.
4. Официальный сайт Администрации города Томска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.admin.tomsk.ru/>.
5. Региональный доклад о состоянии и использовании земель Томской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/>

**АНАЛИЗ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ
ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН**

Иваненко П. Е., Стегниенко Е. С.

Научный руководитель старший преподаватель Стегниенко Е.С.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

Территориальное планирование в соответствии с законодательством Российской Федерации [2, 3, 6] основывается на установлении назначения земель исходя из социальных, экологических, экономических и иных факторов при сочетании интересов государства, муниципальных образований, граждан и юридических лиц. В части категории земель населенных пунктов первостепенное значение приобретает единство правового регулирования использования земельных участков и расположенных на них объектов капитального строительства. Процесс планировки и застройки территорий сопровождается необходимостью ее зонирования с установлением видов функционального использования и ограничений при осуществлении градостроительной деятельности [4, 5]. Существующая в Российской Федерации система зонирования территорий предполагает деление земель на семь категорий согласно их целевому назначению, в свою очередь, в части одной из них – земель населенных пунктов – устанавливаются территориальные зоны. Применительно к каждой территориальной зоне действуют градостроительные регламенты, предусматривающие предельные размеры образуемых земельных участков, максимальный процент и высота застройки, а также перечень основных, условно разрешенных и вспомогательных видов разрешенного использования [3, 7].

С целью совершенствования системы зонирования территории нашего государства полезно изучить не только российскую практику по описываемой теме, но и опыт правового регулирования зарубежных стран. В данной статье рассматриваются системы зонирования территорий США и стран Европы.

Законодательное установление особенностей зонирования США берет свое начало в 1822 году, когда в штате Массачусетс был принят Строительный закон для города Бостона, накладывающий ограничения на высоту возводимых зданий: не более 125 футов (около 38 метров), и не более чем 2,5 ширины улицы, на которой здание находится. В 1904 году Правительство штата поделило Бостон на два района: один предназначался в основном для жилья, и здесь высота зданий ограничивалась 80 футами (около 24 метров), а второй – в основном для деловых целей, допустимая высота составляла 125 футов [8]. Полный свод правил зонирования был принят лишь в 1920 году в штате Нью-Йорк.

Полномочия по зонированию территорий в Соединенных Штатах находятся у муниципалитетов. При этом зонирование касается лишь земель, находящихся в частной собственности. Использование федеральных земель контролируется различными министерствами и ведомствами (в зависимости от вида использования земли) [8]. На местном уровне правила землепользования регулируются так называемыми ордонансами зонирования. Данный документ состоит из двух частей: правил зонирования, включающих в себя общие положения, правила землепользования и застройки, применяемые к участкам в разных зонах и т. д. и карт зонирования.

При этом стоит отметить, что не всеми поселениями США принимаются законы о зонировании. Те, в которых подобные законы не утверждены, предоставляют жителям возможность использовать земли по своему усмотрению. Законы о зонировании утверждаются при положительном решении избранного представителя поселения – поэтому общественное участие при принятии таких законов очень велико.

Самые распространенные виды зон в США – жилая, коммерческая, промышленная и сельскохозяйственная. Внутри каждой зоны устанавливается единый правовой режим использования участков, и перечень их разрешенного использования. Помимо градостроительного зонирования, в Америке существуют также сельскохозяйственное и экологическое зонирование. Сельскохозяйственное зонирование заключается в разделении земель на группы по их свойствам: высокоплодородные земли используются только для нужд сельского хозяйства, менее плодородные допускаются использовать как для сельскохозяйственных, так и для иных целей. В третьей группе находятся земли с низким уровнем плодородия – они могут использоваться для целей промышленности, и прочих несельскохозяйственных целей, либо городской застройки.

Экологическое зонирование заключается в ограничениях использования земель в тех случаях, когда это может навредить окружающей среде [1, 8].

Таким образом, можно выделить следующие особенности системы территориального зонирования в США:

- зонирование осуществляется в отношении различных категорий земель, находящихся в частной собственности;
- большинство полномочий по зонированию принадлежит муниципальным властям;
- при принятии закона о зонировании на местном уровне приветствуются вовлеченность граждан и юридических лиц и их влияние на систему планирования.

Система зонирования стран Западной Европы существует также с XIX века. Считается, что первым зонирование территорий ввел Наполеон во Франции [1].

На сегодняшний день в странах Европы отмечается высокая самостоятельность органов местного самоуправления в описываемых вопросах. Зонирование в некоторых странах делится на два уровня: сначала разрабатываются общие схемы или планы территориального планирования (рекомендательного характера), а затем на их основе устанавливаются местные законы. Во Франции это директивные схемы, в Германии – планы застройки [8].

В системе зонирования Франции выделяются жилые, промышленные, транспортные, сельскохозяйственные и лесные зоны. Документация по зонированию, принимаемая на местном уровне, регламентирует целевое использование земельных участков, их минимальную и максимальную площадь, параметры зданий и сооружений, возводимых на этих участках.

В Германии основные положения, касающиеся зонирования территорий, содержатся в Федеральном законе о региональном планировании. Данный закон включает в себя лишь общие положения о территориальном планировании и установленные правовые рамки, в пределах которых осуществляют свою деятельность в области территориального планирования муниципальные органы власти. При этом не только местное планирование должно соответствовать федеральным законам, но и Правительство Германии обязано учитывать требования местных властей [10]. Стоит отметить, что все мероприятия по территориальному планированию проходят с участием граждан.

В современной Великобритании зонирование осуществляют комитеты по планированию и застройке местных органов власти. Их действия по планировке территорий координируются общим планом развития района.

Зонирование муниципальных образований Англии делится на четыре класса: коммерческие, промышленно-коммерческие, жилые и нежилые и рекреационные зоны. Каждый класс, в свою очередь, делится на подклассы, в зависимости от видов использования земель [1].

Проанализировав системы зонирования зарубежных стран, авторы сделали следующие выводы:

– в странах Западной Европы и США больший объем полномочий по правовому регулированию в области территориального планирования и зонирования территорий находится у муниципальных органов власти, в то время как в России основные законы принимаются на федеральном уровне;

– для рассмотренных в статье стран характерна высокая доля участия населения в вопросах принятия документов территориального планирования, в том числе через проведение общественных слушаний. Это может объясняться тем, что в странах Европы и Америке большая часть земель находится в частной собственности в отличие от России.

В результате анализа систем территориального планирования и градостроительного зонирования стран Европы и США следует отметить, что проведение рецепции зарубежного опыта в полной мере не представляется рациональным, ввиду значительных различий государственного устройства, исторического опыта, особенностей правовой системы Российской Федерации [9], соотношения форм собственности, из которых складываются подходы к регулированию землепользования. Однако изучение зарубежных систем зонирования может быть полезным для совершенствования отечественной системы территориального планирования и ее научного обоснования.

Литература

1. Варламов А. А., Антропов Д. В., Сеница Ю. С. Зонирование территорий в зарубежных странах // Московский экономический журнал. – 2018. – №. 4. – С. 117-128.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2020) [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
4. Стегниенко Е. С., Иваненко П. Е. Правовые аспекты процедуры установления территориальных зон в Российской Федерации // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения Учредители: Сибирский государственный университет геосистем и технологий. – №. 2. – С. 48-52.
5. Майоров Е. Г., Плахова Е. С., Митрофанова Н. О. Порядок установления и внесения в ЕГРН границ территориальных зон на примере РП Краснозерское Новосибирской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 7. – С. 239-244.
6. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Оформление документов в отношении территориальных зон: проблемы и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/rkc/oformlenie-dokumentov-v-otnoshenii-territorialnyh-zon-problemy-i-resheniia-5d91d07ce6cb9b00ad469d30>.
8. Правовое регулирование зонирования территорий в зарубежных странах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiselawyer.ru/poleznoe/62572-pravovoe-regulirovanie-zonirovaniya-territorij-zarubezhnykh-stranakh>.
9. Стегниенко Е. С., Иваненко П. Е., Антонов А. А. Анализ развития законодательства в части установления территориальных зон в РФ // Проблемы геологии и освоения недр. – 2021. – С. 328-330.
10. Сутягин М. Д. Системы планирования и развития территорий на примере зарубежных стран // Актуальные проблемы российского права. – 2021. – №. 9 (130). – С. 161-168.

ПРОБЛЕМЫ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Коваленко М.И.

Научный руководитель профессор Аврунев Е.И.

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

При выполнении кадастровых работ одним из важнейших технологических аспектов является определение местоположения объектов недвижимости в территориальном образовании и их линейных и площадных параметров [1]. Для этого геодезические измерения, выполняемые на физической поверхности Земли, должны быть редуцированы на математическую поверхность, позволяющую решить перечисленные выше научно-технические вопросы. Кроме этого, данная математическая поверхность должна создать координатное пространство территориального образования, в котором будет возможно решение многочисленных задач как кадастровой, так и градостроительной деятельности. В настоящее время известно достаточно много таких координатных систем, однако в каждой из них имеют место как свои достоинства, так и недостатки. Так дорожной картой развития Управления Росреестра в РФ предусматривался переход на пространственную прямоугольную геоцентрической системы координат ГСК-2011.

В отличие от используемой в настоящее время плоской прямоугольной координатной системы в проекции Гаусса-Крюгера, она лишена очень серьезного недостатка: увеличение длины линии в координатной системе по мере ее удаления от осевого меридиана зоны. Указанное обстоятельство приводит, в ряде случаев, к большому различию параметров объектов недвижимости от своих значений на физической поверхности Земли. Особенно это относится к линейным сооружениям значительной длины, вытянутых вдоль параллелей [1].

Однако при использовании ГСК-2011 возникает аналогичная проблема: необходимость редуцирования пространственных длин линий на горизонтальную поверхность для представления территориального образования в единой координатной системе.

Предположим, например, что в качестве такой поверхности выбрана плоскость экватора деятельности. При средней широте расположения города Новосибирска в 55^0 редуцированная длина линии будет иметь следующее значение

$$S_{M-L'} = L_{M-L} \cdot \cos 55^0 = 1000,000 \cdot 0,5735764 = 573,576\text{м}, \quad (1)$$

где $S_{M-L'}$ – редуцированная длина линии с физической поверхности Земли на плоскость экватора; L_{M-L} – измеренная длина линии на физической поверхности Земли.

В относительной мере расхождение между значениями длин линий будет составлять:

$$\Delta = L_{\text{ИСТ}} - L_{\text{РЕД}} = 1000,000 - 573,576 = 426,424\text{м} = 0,426\text{км}^2, \quad (2)$$

$$\frac{\Delta L}{L_{\text{ИСТ}}} = \frac{0,426\text{км}}{1\text{км}} = \frac{1}{2,33}, \quad (3)$$

где $L_{\text{ИСТ}}$ – площадь на физической поверхности Земли и $L_{\text{РЕД}}$ – ее редуцированное значение.

Предположив, что объект недвижимости имеет квадратную форму, сравним значения площадных параметров по следующей формуле

$$\Delta = P_{\text{ИСТ}} - P_{\text{РЕД}} = 1000,000 \cdot 1000,000 - 573,576 \cdot 573,576 = 671010\text{м}^2 = 0,671\text{км}^2, \quad (4)$$

где $P_{\text{ИСТ}}$ – площадь на физической поверхности Земли и $P_{\text{РЕД}}$ – ее редуцированное значение.

В относительной мере расхождения площадного параметра будут составлять следующее значение:

$$\frac{\Delta P}{P_{\text{ИСТ}}} = \frac{0,671\text{км}^2}{1\text{км}^2} = \frac{1}{1,5}, \quad (5)$$

Как видно из полученных результатов, при редуцировании на плоскость экватора, площадная характеристика объекта недвижимости недопустимо сильно искажается. Следовательно, производить редуцирование на плоскость экватора недопустимо и необходимо определить плоскость, при редуцировании на которую искажения будут допустимыми для ведения кадастровой деятельности.

Рассмотрим следующий вариант: редуцирование на среднюю плоскость Российской Федерации. Для примера возьмем объект недвижимости, расположенный на территории города Новосибирск.

$$S_{M-L'} = L_{M-L} \cdot \cos 6^0 = 1000,000 \cdot 0,9945218 = 994,521\text{м}, \quad (6)$$

$$\Delta = P_{\text{ИСТ}} - P_{\text{РЕД}} = 1000,000 \cdot 1000,000 - 994,521 \cdot 994,521 = 1000000 - 989072\text{м}^2 = 0,012\text{км}^2, \quad (7)$$

$$\frac{\Delta P}{P_{\text{ИСТ}}} = \frac{0,012\text{км}^2}{1\text{км}^2} = \frac{1}{84}, \quad (8)$$

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что редуцирование на среднюю плоскость РФ хоть и повышает адекватность математической модели, однако недостаточно для обеспечения ведения кадастра на территории города Новосибирск. Следовательно, искажения, возникающие при редуцировании, будут тем существеннее, чем дальше территория расположена от средней плоскости РФ.

Проработав другие возможные пути повышения адекватности математической модели, а следовательно, и точности, следует рассмотреть вариант редуцирования длин линий на среднюю плоскость отдельных территориальных образований или городов. Были выполнены вычисления по определению адекватности математической модели при редуцировании длин линий объекта недвижимости, который расположен на территории города Новосибирск на среднюю плоскость города Новосибирск.

$$S_{M-L'} = L_{M-L} \cdot \cos 0^0 10' = 1000,000 \cdot 0,999995 = 999,996\text{м}. \quad (9)$$

$$\Delta = P_{\text{ИСТ}} - P_{\text{РЕД}} = 1000,000 \cdot 1000,000 - 999,996 \cdot 999,996 = 1000000\text{м}^2 - 999991\text{м}^2 = 9\text{м}^2. \quad (10)$$

$$\frac{\Delta P}{P_{\text{ИСТ}}} = \frac{9\text{м}^2}{1000000\text{м}^2} = \frac{1}{110000}. \quad (11)$$

Как видно из полученных результатов, при редуцировании на среднюю плоскость города, в котором расположен объект недвижимости, точность определения характеристик объекта недвижимости заметно повышается.

Подводя итог, с полученной ошибкой хоть и можно обеспечивать ведение кадастровой деятельности, однако всё-таки далеко от идеала. Поэтому имеет место дальнейшее исследование данного вопроса с целью повышения адекватности математической модели.

Литература

1. Аврунев, Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости [Текст] : монография/ Е. И. Аврунев. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 144 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ВЫБОРЕ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ ПОКУПКИ

Коробицына Е.С.

Научный руководитель доцент Демидова П.М.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В век быстрого развития технологий во многие сферы жизни человечества тем или иным образом внедряется искусственный интеллект. Прежде всего это обосновано стремлением избавиться от рутинных, монотонных и однообразных операций для сокращения времени производства работ, а следовательно, и экономических затрат, а также избежать ошибки, вызываемые так называемым «человеческим фактором» [5].

Искусственный интеллект активно применяется в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, банках и сфере финансов, медицине, образовании и во многих других сферах [4]. В том числе и Росреестр в рамках цифровой трансформации на 2021 – 2023 годы намерен автоматизировать выполняемые процессы, собрать единую архитектуру, увеличить спектр и повысить качество предоставляемых услуг [7].

Сегодня перед покупкой земельных участков люди все чаще прибегают к помощи кадастровых инженеров для консультации и грамотного изучения особенностей конкретных земельных участков для предполагаемых целей [1]. Объясняется это тем, что рынок земли в наше время все чаще становится площадкой для мошенничества и обмана граждан, которые недостаточно осведомлены о нюансах, на которые стоит обращать внимание перед покупкой земельного участка. Процесс выбора осложняется разрозненностью сведений о земле, ограничениях в ее использовании, допустимых режимах использования и иных особенностях. При покупке земли часто рассматривают и анализируют несколько участков, далее представлены методы искусственного интеллекта, которые возможно использовать при подборе земельного участка.

1. Использование нейросетевых методов обработки естественного языка по принятым «маскам».

На первом этапе при выборе земельного участка необходимо убедиться в том, что сведения о координатах характерных точек границ земельного участка внесены в Единый государственный реестр недвижимости. Во-первых, отсутствие координат грозит покупкой земельного участка площадью меньшей, чем та, которая указана в Выписке из Единого государственного реестра недвижимости. Во-вторых, в случае приобретения земельного участка без координат характерных точек границ интересы собственника при посягательстве на его права, к примеру, при строительстве дороги или занятии земель для государственных или муниципальных нужд, не будут защищены даже в суде, так как границы такого земельного участка не сформированы должным образом в соответствии с действующим законодательством. В таком случае государство не станет возмещать убытки собственнику в связи со строительством линейного объекта. Необходимо использовать следующие маски: «без координат границ», «граница земельного участка не установлена».

Далее следует обращать внимание на вид разрешенного использования земельного участка, а с учетом анализа желаний покупателя предусматривать возможность изменения вида разрешенного использования или установления нескольких видов, что является возможным в соответствии с Федеральным законом от 30.12.2021 N 493-ФЗ [3]. Для этого необходимо использовать маску «вид разрешенного использования», а также автоматический анализ соответствия содержания документов Единого государственного реестра недвижимости Правилам землепользования и застройки, загруженным в систему поддержки и принятия решений.

2. Применение сценариев на основе SQL запросов для анализа близости объектов и анализа по пространственному положению.

Перед покупкой участка важно учесть накладываются на него зоны с особыми условиями использования территорий или могут ли такие зоны быть установлены в последствии. Так как ограничения, вызванные наличием зон с особыми условиями использования территорий, приводят к неудобствам в осуществлении хозяйственной деятельности, строительстве, а что самое главное – постановке на государственный кадастровый учет и государственной регистрации прав на объекты капитального строительства, расположенные или планируемые к возведению на земельных участках, находящихся или оказавшихся, в пределах зон с особыми условиями использования территорий. Стоит учесть, что сведения о наличии зон с особыми условиями использования территорий будут отображены в Выписке из Единого государственного реестра недвижимости на земельный участок только в случае, если с таким земельным участком произошли какие-либо изменения (например, объединение, раздел) после внесения сведений о соответствующей зоне с особыми условиями использования территорий в Единый государственный реестр недвижимости. Для применения указанного метода необходимо обратиться к геоинформационным системам для визуализации пространственной информации кадастрового плана территории, а

также написания сценария на языке Python для геоинформационной системы, позволяющего анализировать пространственное положение и площадь земельных участков и их частей в границы зон с особыми условиями использования территорий, а также устанавливать такие зоны относительно земельных участков и объектов капитального строительства по анализу их видов разрешенного использования и назначения соответственно [2, 6].

3. Использование метода компьютерного зрения для определения возможности доступа к земельному участку, а также возможности перераспределения с землями государственной собственности.

Возможность доступа к земельному участку, а также вероятность перераспределения с землями государственной собственности определяется на основании ортофотоснимков земельного участка и близлежащих территорий. Благодаря машинному обучению система идентифицирует земли общего пользования, через которые осуществляется доступ к участку (проход или проезд), либо их отсутствие, вследствие чего система уведомляет о необходимости установления сервитута, а также предлагает наиболее удобные варианты доступа к земельному участку.

Возможность перераспределения также определяется на основании ортофотоснимков и сведений кадастрового плана территории, системой поддержки и принятия решений также устанавливается площадь, на которую можно увеличить земельный участок, согласно предварительному добавлению соответствующих сведений о минимальном размере участка из Правил землепользования и застройки в систему, при этом площадь будет определяться по формуле 1.

$$S_{перерасп} = S_{исх} + S_{min} < S_{max}, \quad (1)$$

где $S_{перерасп}$ – площадь земельного участка после перераспределения, кв. м; $S_{исх}$ – площадь земельного участка до перераспределения; S_{min} – предельный минимальный размер земельного участка, кв. м, S_{max} – предельный максимальный размер земельного участка, кв. м.

В случае если Правилами землепользования и застройки не установлен предельный минимальный размер, то увеличить площадь земельного участка можно не более чем на 10 % от исходной площади.

4. Написание сценариев в геоинформационных системах для формирования зоны допустимой застройки земельного участка.

Для формирования зоны допустимой застройки земельного участка необходимо прописать сценарий, который посредством установления буферов будет создавать границы такой зоны в пределах земельного участка в соответствии с градостроительным регламентом территории, а также в зависимости от, красных линий, смежных землепользователей и наличия на их участках объектов капитального строительства.

Также с помощью автоматизированного сопоставления с Правилами землепользования и застройки в пределах созданной зоны подписываются виды объектов капитального строительства, которые могут быть возведены на земельном участке.

Каждый из представленных в статье методов искусственного интеллекта позволяет сократить время кадастрового инженера или пользователя, имеющего доступ к системе, на анализ земельного участка перед покупкой, а также избежать рисков, связанных с обманом и мошенничеством на рынке жилья.

Литература

1. Демидова П. М., Рыбкина А. М. Новое во взаимодействии кадастрового инженера с органом регистрации прав // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. – 2021. – С. 285-289.
2. Ковязин В. Ф., Демидова П. М., Нгуен Т. Т. Установление площади элементов садово-парковых ландшафтов с применением ГИС-технологий // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – №. 225. – С. 6-16.
3. О внесении изменений в статью 7 Земельного кодекса Российской Федерации и статью 8 Федерального закона «О государственной регистрации недвижимости» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.12.2021 N 493-ФЗ – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Солнцева О. Г. Аспекты применения технологий искусственного интеллекта // E-Management. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 43-51.
5. Алетдинова А. А. и др. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы. – 2017. – 807 с.
6. Kopylova N. S., Mustafin M. G., Mishina M. E. The functionality analysis of the quantum GIS Geo-information system as a part of the small-scale maps creation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2019. – Т. 698. – №. 4. – С. 044016.
7. Vasilenko N., Khaikin M., Lapinskas A. Ways of achieving the institutional equilibrium in the context of an emerging single digital space // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT. – Springer, Cham, 2019. – С. 559-567.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ГГС ТРАДИЦИОННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ЮГО-ЗАПАДА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Латин О.В.

Научный руководитель старший преподаватель Чилингер Л.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Из собственного опыта и многочисленных письменных источников геодезическому сообществу достоверно известно, что состояние пунктов традиционной геодезической основы, создание которой происходило в середине XX [1], постоянно ухудшается [2, 3]. Общее количество и качество пунктов государственной геодезической сети (ГГС) состоящей из астрономо-геодезической сети (АГС) 1 и 2 класса (АГС) и государственной сети сгущения (ГСС) 3 и 4

класса снижается ежегодно [4]. А вместе с тем снижаются и возможности использования традиционной ГГС для осуществления пространственной привязки. Различные регионы и вся территория РФ в целом демонстрируют различную динамику снижения количества пунктов сети. И для того, чтобы получить количественную оценку геодезической основы в пределах условного субъекта Федерации, необходимы полевые работы, направленные на обследование пунктов ГГС конкретной территории.

Для оценки количества традиционной геодезической основы в летний период полевого сезона 2021 г. были выполнены работы по обследованию и восстановлению пунктов ГГС юга Красноярского края.

Целью выполняемых работ являлось проведение обследования и восстановления пунктов ГГС для поддержания их в рабочем состоянии, фиксирование и описание состояния для последующей актуализации сведений в ФГБУ «Центр геодезии картографии и инфраструктуры пространственных данных».

Главной задачей работы было обследование 781 пункта, в том числе с восстановлением 469 пунктов ГГС, в первую очередь, пунктов АГС. Данное количество пунктов ГГС составляет соответственно 0,27% от общего количества пунктов традиционной ГГС РФ. Места расположения пунктов ГГС и проведения работ представлены на Обзорной схеме района работ (Рис.).



Рис. Обзорная схема района работ

В административном отношении район проводимых работ представлен юго-западной частью территории Красноярского края. В социально-экономическом смысле муниципальными районами, которые можно охарактеризовать, как обжитые с развитым сельскохозяйственным и промышленным производством. В географическом отношении работы проводились между параллелями 53°00' – 56°40' северной широты и меридианами 89°00' – 94°00' восточной долготы.

В процессе обследования ГГС производилось:

- отыскание пункта и вскрытие центра марки;
- осмотр пункта и выяснение состояния его наружного знака, центра, ориентирного пункта при его наличии, внешнего оформления;
- определение пригодности использования пункта для спутниковых измерений, то есть открытость радиогоризонта, отсутствие мощных источников радиоизлучений вблизи пункта, отсутствие экранирующих препятствий на местности.
- заполнение карточки обследования и восстановления геодезического пункта.

При передвижении по маршруту к пункту ГГС ориентирование на пункт осуществлялось с использованием смартфона с установленным ПО «Советские военные карты PRO» и подгруженными в формате KML файлом, содержащим координаты

(WGS84) и каталожные описания пунктов. По прибытию на место пункта, обозначенное в навигаторе, непосредственное обнаружения его центра (марки) осуществлялось по сохранившимся на местности внешним признакам: по наружному знаку, а при отсутствии знака – по следам окопки, кургану над центром или по выступающему над землей центру. В случае невозможности визуального обнаружения пункта непосредственное отыскание марки центра пункта производилось инструментальным методом с использованием спутникового GNSS оборудования в режиме RTK (real time kinematic). Инструментальный поиск центров пунктов, выполняемый GNSS оборудованием, осуществлялся в координатах СК-42 с использованием зональных параметров связи WGS84 – СК42 (ГОСТ 32453-2017) МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ Глобальная навигационная спутниковая Система координат. С передачей корректирующих данных от базового приемника, установленного на пункте ГГС с известными координатами на Rover в режиме реального времени. Передача поправок в зонах покрытия сети осуществлялась на расстоянии от 20 до 65 км через GSM модем по каналу GPRS в отсутствие доступных сетей с помощью радиомодема УКВ-диапазона 35кВт. В качестве приемников использовались двух системные (GPS, ГЛОНАСС), двухчастотные (L1, L2) приемники Leica GRX1230GG PRO GNSS.

Восстановительные работы на пунктах ГГС выполнялись по специальной программе и состояли из следующих процессов:

- расчистка площадки от растительности в пределах внешней границы окопки и вскрытие марки центра и выяснение её состояния на соответствие требованиям [5, 6];
- очистка марки центра и части трубы (для трубчатых центров) от коррозии и грязи, покрытие марки и части трубы (для трубчатых центров) антикоррозийным покрытием (битумным лаком);
- возобновление окопки (при частичной ее сохранности) либо окопка (при утрате ее) пункта прямоугольной формы, сторона которой по внутреннему краю 2.0x2.0 м, ширина по верхнему краю 1.2 м, по дну 0.2 м и глубина 0.5 м;
- покраска яркой краской сохранившихся опознавательных знаков;

– установка опознавательного знака около тех пунктов, где они не сохранились, или отсутствует наружный знак (сигнал, пирамида).

Важным и существенным элементом работы было соблюдение алгоритма её выполнения. Если при обследовании выявлялось отсутствие верхнего центра или утрата (повреждение) марки верхнего центра геодезический пункт считался разрушенным [7]. В этом случае, на основании сведений из каталога о типе центра данного пункта ГГС, путём сопоставления его конструкции с чертежами, представленными в альбоме [6] типов центров, уточнялось наличие нижнего центра. При условии, что для данного типа центра предусмотрена закладка нижнего центра производилось его вскрытие: если в результате вскрытия устанавливалось разрушение или повреждение марки нижнего центра или отсутствие монолита центра на заданной глубине, пункт признавался утраченным [7].

По итогу выполненных работ фактически установлена утрата 145 пунктов ГГС 9 (табл.1) из которых 24 пункта были пунктами АГС 1 и 2 класса, и 121 пункт ГСС 3 и 4 класса, что в процентном соотношении соответственно составляет $\approx 19\%$ от общего числа обследованных пунктов ГГС.

Таблица 1

Полученные по результатам полевого обследования данные [8]

Всего обследовано	АГС 1-2 класс	ГСС 3-4	Всего утрачено	АГС утрачено	ГСС утрачено
781 (шт)	171	610	145	24	121
100%	$\approx 22\%$	$\approx 78\%$	$\approx 19\%$	$\approx 14\%$	$\approx 20\%$

Процент утраты пунктов АГС для обследованной территории составляет $\approx 14\%$. Для цели сравнения был взят общероссийский показатель количества АГС по состоянию на 1995 год 164 306 пунктов АГС [9] и данные на 2021 год, приведенные в докладе [10]. Таким образом, общероссийский процент утраты пунктов АГС составляет $\approx 24\%$.

В отношении пунктов ГСС полученный опытный процент утраты пунктов на территории составляет 20 % от количества обследованных пунктов ГСС. Сравнивая общероссийские данные по количеству пунктов ГСС по состоянию на 1995 г. $\approx 300\ 000$ пунктов [11] с данными по их количеству в 2021 г. представленные в докладе [10]. Можно сделать вывод о том, что общий для территории РФ процент фактической утраты пунктов ГСС $\approx 46\%$, что в абсолютной цифре составляет 136 985 пунктов.

В связи с тем, что в РФ общее плановое количество пунктов ГГС для РФ устанавливается единым нормативом [12]: для векторных и традиционных ГГС. По сведениям Роскартографии [13] на начало 2022 г. государственная геодезическая сеть РФ должна иметь 74 пункта ФАГС, 376 пунктов ВГС и по самым жестким оценкам не менее 292 987 пунктов СГС-1, АГС и ГСС (табл. 2). Общее количество пунктов ГГС РФ в 2022 г. должно составляет приблизительно 293 437 пунктов, что в несколько раз превышает установленный для её территории РФ норматив количества пунктов ГГС.

Таблица 2

Общее количество плановое и фактическое пунктов ГГС в РФ на 2022 г.

План (шт.)	Название ГГС	Факт на 2020-2021 (шт.)
57	ФАГС	74
475	ВГС	376
100000	СГС-1, АГС, ГСС	292987

Процент общей утраты пунктов традиционной ГГС территории юго-западных районов Красноярского края составляет $\approx 19\%$, что не превышает значения общероссийских показателей снижения количества пунктов ГГС, составляющий $\approx 38\%$.

Процент утраты пунктов традиционной АГС территории юго-западных районов Красноярского края составляет $\approx 14\%$, что не превышает значения общероссийских показателей снижения количества пунктов АГС, составляющий $\approx 24\%$.

Процент утраты пунктов традиционной ГСС территории юго-западных районов Красноярского края составляет $\approx 20\%$, что более чем в два раза ниже общероссийских показателей снижения количества пунктов ГСС, составляющий $\approx 46\%$.

Литература

1. Шумаев К. Н., Миллер Т. Т., Сафонов А. Я. Астрономо-геодезические сети центральной Сибири середины XX века // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. – 2019. – С. 45-49.
2. Венчакова В. В., Лебедев Д. С. Анализ состояния и размещения пунктов гс в калининском районе тверской области // Modern Science. – 2020. – №. 1-2. – С. 110-115.
3. Ходаков П. А. Методика учета влияния глобальных изменений климата на стабильность геодезической основы в районах многолетней мерзлоты (на примере территории Якутии) : дис. – Моск. гос. ун-т геодезии и картографии, 2017.
4. Афонин К. Ф., Кинжигузинов С. М., Дрозд А. С. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН С УЧЕТОМ ПЕРСПЕКТИВ ЕЕ РАЗВИТИЯ // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2021. – Т. 26. – №. 1. – С. 6-15.
5. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1993– 104 с. [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293849/4293849532.pdf>.
6. Альбом центров и реперов ФГУП «Дальневосточное Аэрогеодезическое предприятие».

7. Об установлении структуры государственной геодезической сети и требований к созданию государственной геодезической сети, включая требования к геодезическим пунктам [Электронный ресурс] : Приказ Министерства экономического развития РФ от 29.03.2017 № 138. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант»
8. Том 1 Технического отчёта по результатам работ, выполненных во исполнение Государственного контракта (ГК) от 31.05.2021 № 321/0020-19-21, заключенного между Федеральной службой государственной регистрации и кадастра и картографии (Росреестр) и Акционерным обществом «Роскартография» (АО «Роскартография»).
9. Руководство пользователя по выполнению работ в системе координат 1995 года (СК-95) ГКИНП (ГНТА)-06-278-04 [Электронный ресурс] : Приказ руководителя Федеральной службы геодезии и картографии России от 01.03.2004 № 29-пр. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
10. Мазурова Е. М. Современное состояние государственных геодезических сетей [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://docplayer.com/179878325-Sovremennoe-sostoyanie-gosudarstvennyh-geodezicheskikh-setey-dok-teh-nauk-mazurova-e-m.html>
11. Геодезические сети сгущения (ГСС) 3 и 4 классов [Электронный ресурс] : Режим доступа: <http://spbgtgik.ru/book/2209.htm>.
12. Об утверждении норм плотности размещения на территории Российской Федерации геодезических пунктов государственной геодезической сети, нивелирных пунктов государственной нивелирной сети и гравиметрических пунктов государственной гравиметрической сети [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2016 N 2347-р. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
13. Роскартография и дочерние общества по заданию Росреестра приступили к работам 2021 года. Первые экипажи отправились в длительные командировки [Электронный ресурс] : Режим доступа: <https://istgeodez.com/roskartografiya-pristupila-k-geodezicheskim-rabotam-2021-goda/>.
14. Том 2 Технического отчёта по результатам работ, выполненных во исполнение Государственного контракта (ГК) от 31.05.2021 № 321/0020-19-21, заключенного между Федеральной службой государственной регистрации и кадастра и картографии (Росреестр) и Акционерным обществом «Роскартография» (АО «Роскартография»).

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОПИСАНИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ ЛЕСНИЧЕСТВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Лихач О.А.

Научный руководитель доцент Бракоренко Н.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день проблема описания местоположения границ лесничеств является актуальной, так как огромную территорию России (1 710 000 000 га) занимают земли лесного фонда (1 127 598 000 га), то есть 66% земель Российской Федерации заняты земельным фондом. При этом на площадь Томской области в 31 690 000 га приходится 91% земель лесного фонда (28 684 000 га) [4]. Ведущая лесоучетная организация России ФГБУ «Рослесинфорг» [5] на основании Государственных заданий, утверждённых Федеральным агентством лесного хозяйства с 2015 года, проводит работы по установлению местоположения границ лесничеств. На сегодняшний день в Томской области проведены работы в отношении 21 лесничества, приведенных в таблице 1. К землям лесного фонда относятся лесные земли и нелесные земли, границы которых определяются границами лесничеств [1, 2].

Причинами расхождения площадей могут являться:

- разные системы координат при определении площадей в рамках выполнения Государственного задания при установлении границ лесничеств и при выполнении работ по лесоустройству;
- сведения границ смежных лесничеств, участков лесничеств и урочищ;
- технические ошибки в сведения Государственного лесного реестра, связанные с несоответствием площадей лесничеств по данным формы 4-ГЛР «Характеристика лесничества (лесопарка)» и площадей на поквартальном уровне по материалам лесоустройства и таксационному описанию;
- использование разных методов при определении площадей, так как в 1990-х годах использовали ручной метод определения площадей, погрешность при автоматическом определении площади лесничества сокращается.

Вторая проблема, которая была выявлена – это расположение одного лесничества в разных зонах МСК-70 (относится к Асиновскому лесничеству Томской области). Часть лесничества, площадью 29 295,20 га расположилась в 4 зоне МСК-70, а вторая часть в 5 зоне (площадь 406 882,00 га), выходит, что в сведения ЕГРН внесена лишь 0,007 часть от всей площади лесничества.

Также не малую часть неудобств при описании местоположения границ лесничеств составляют топологические ошибки, совершающиеся исполнителями. К топологическим ошибкам можно отнести незамкнутые полигоны, щели между смежными границами полигонов или наложение полигонов, а также отсутствие правильного пересечения в узле.

Таким образом, выделены три основные проблемы, которые затрудняют и замедляют работу при формировании описания местоположения границ лесничеств.

Для решения данных проблем может послужить:

- выполнение актуального лесоустройства и внесение в Государственный лесной реестр векторной информации о границах лесничеств;
- использование других программных обеспечений. В данный момент векторизация осуществляется в программе MapInfo. Для векторизации предлагается использовать более точные программные обеспечения для векторизации растровых изображений. Например, Easy Trace Professional, ГИС Панорама, КРЕДО ВЕКТОРИЗАТОР 2.0, ArcGIS или Quantum GIS.

Таблица 1

Лесничества Томской области

№ п/п	Наименование лесничества	Площадь лесничества по данным ГЛР, га	Год описания местоположения границ ФГБУ «Рослесинфорг»	Внесены ли данные о границе лесничества в ЕГРН, реестровый номер
1	2	3	4	5
1	Александровское лесничество	2 592 674	2021	Нет
2	Асиновское лесничество	447 733	2018	Часть границы в 4 зоне МСК-70 70:10-15.1 (29 295,20 га)
3	Бакчарское лесничество	2 385 577	2018	Нет
4	Васюганское лесничество	2 983 376	2021	Нет
5	Верхнекетское лесничество	4 305 201	2020	Нет
6	Зырянское лесничество	258 315	2017	Нет
7	Каргасокское лесничество	5 422 797	2019	Нет
8	Кедровское лесничество	1 840 914	2015	Нет
9	Кожевниковское лесничество	169 930	2020	Нет
10	Колпашевское лесничество	1 511 604	2016	Нет
11	Корниловское лесничество	356 275	2018	Нет
12	Кривошеинское лесничество	468 597	2021	Нет
13	Молчановское лесничество	429 485	2018	Нет
14	Парабельское лесничество	1 652 051	2016	Нет
15	Первомайское лесничество	703 403	2021	Нет
16	Тегульдетское лесничество	1 187 185	2020	Нет
17	Тимирязевское лесничество	264 733	2018	Нет
18	Томское лесничество	54 184	2017	Нет
19	Улу-Юльское лесничество	862 708	2021	Нет
20	Чаинское лесничество	564 717	2015	Нет
21	Шегарское лесничество	310 545	2020	Нет
Итого:		28 772 004		

Таблица 2

Несоответствие площадей в лесничествах Томской области

№ п/п	Наименование лесничества	Площадь лесничества по данным ГЛР, га	Площадь лесничества по материалам лесоустройства, га	Площадь лесничества по вектору, сформированному на основе материалов лесоустройства, га
1	2	3	4	5
1	Александровское	2 592 671,00	2 592 256,00	2 594 906,00
2	Васюганское	2 983 376,00	2 983 322,00	5 986 329,00
3	Кривошеинское	461 152,00	458 584,00	461 264,00
4	Первомайское	694 794,00	695 042,00	694 365,00
5	Улу-Юльское	862 340,00	862 640,00	863 054,00
6	Шегарское	310 737,00	310,546,00	312 582,00

Литература

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 30.12.2020) [Электронный ресурс] – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»

2. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 31.07.2020) . – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Официальный сайт Росреестра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/wps/portal/>.
5. Официальный сайт ФГБУ «Рослесинфорг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roslesinforg.ru/>.

ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ Пальцева Д.Е.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Размер кадастровой стоимости является одним из основных параметров, определяющих экономическую эффективность использования земельного участка и затрат, связанных с его приобретением и использованием.

Полномочия по проведению государственной кадастровой оценки объектов недвижимости, в том числе земельных участков с 2016 года были переданы государственным бюджетным учреждениям субъектов Российской Федерации. Для целей установления единства методологии определения кадастровой стоимости в 2017 г. были разработаны и утверждены новые методические указания, регулирующие единый порядок определения кадастровой стоимости объектов недвижимого имущества на всей территории Российской Федерации. А в 2021 году Росреестром были утверждены обновленные методические указания о государственной кадастровой оценке, основные этапы и содержание которых можно представить в виде технологической схемы на рисунке 1 [3].

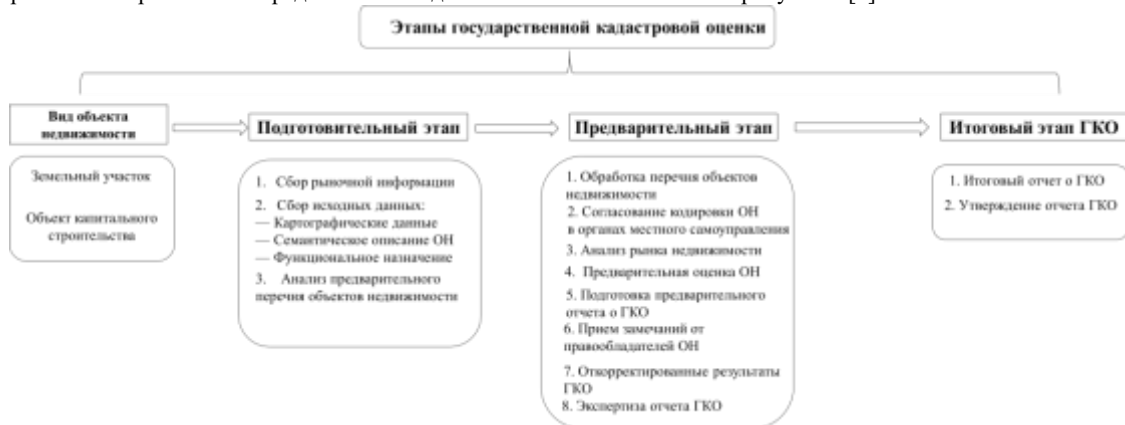


Рис. 1. Технологическая схема проведения государственной кадастровой оценки

Одним из значимых этапов действующей методики является определение ценообразующих факторов, согласно примерному перечню ценообразующих факторов. Действующая методика с 2021 года впервые содержит примерный перечень различных информационных ресурсов, которые могут служить источником значений основных ценообразующих факторов для целей определения кадастровой стоимости [3]. Однако практически, использование содержащейся в них информации возможно только через осуществление запросов таких сведений у органов государственной власти и местного самоуправления из имеющихся в их ведении информационных систем.

В связи с чем в настоящее время актуальным вопросом является эффективная организация межведомственного информационного взаимодействия государственных организаций для проведения кадастровой оценки объектов недвижимости, основанная на возможности интеграции необходимой информации в виде информационных слоев электронной картографической основы.

Решением поставленной научно-технической задачи может стать создаваемый сегодня Единый информационный ресурс о Земле и недвижимости, который подразумевает объединение сведений о земле и недвижимости, содержащихся в различных государственных информационных ресурсах.

Единый информационный ресурс о Земле и недвижимости призван решить задачи, связанные, в первую очередь, с созданием цифровой платформы, которая бы смогла объединить и сопоставить всю доступную информацию о территориальных образованиях и расположенных на них пространственных объектов в рамках межведомственного информационного взаимодействия. Объединение данных на платформе Единого информационного ресурса предусматривается из государственных информационных систем различных министерств и ведомств, таких как Минэкономразвития России, Росреестр, ФНС России, Росимущество, Госкорпорация «Роскосмос». В качестве базовых данных должны стать сведения единой электронной картографической основы, федерального фонда пространственных данных, Единого государственного реестра недвижимости, фонда данных государственной кадастровой оценки, федерального фонда данных дистанционного зондирования Земли из космоса и государственного адресного реестра [4].

В рамках проведенного исследования, для решения задач эффективного информационного обеспечения государственной кадастровой оценки были проанализированы научно-технические публикации следующих известных российских ученых: Е. Д. Подрядчикова, Е. А. Козочкина, М. В. Козина, А. А. Бырда, А.С. Акматалиева,

В.В. Чекулаева, Е. Д. Федяинова, которыми доказана необходимость учета таких ценообразующих факторов, как неблагоприятные инженерно-геологические процессы и явления, показатели социальной комфортности, географо-ландшафтные факторы, экологические показатели и другие.

Следующим этапом исследования стал поиск и анализ источников достоверной информации о значениях таких ценообразующих факторов, имеющих картографическое отображение в виде электронных карт. В результате чего, на рисунке 2 представлены значимые ценообразующие факторы и источники информации о их значениях, которые имеют свое отображение на картографической основе.

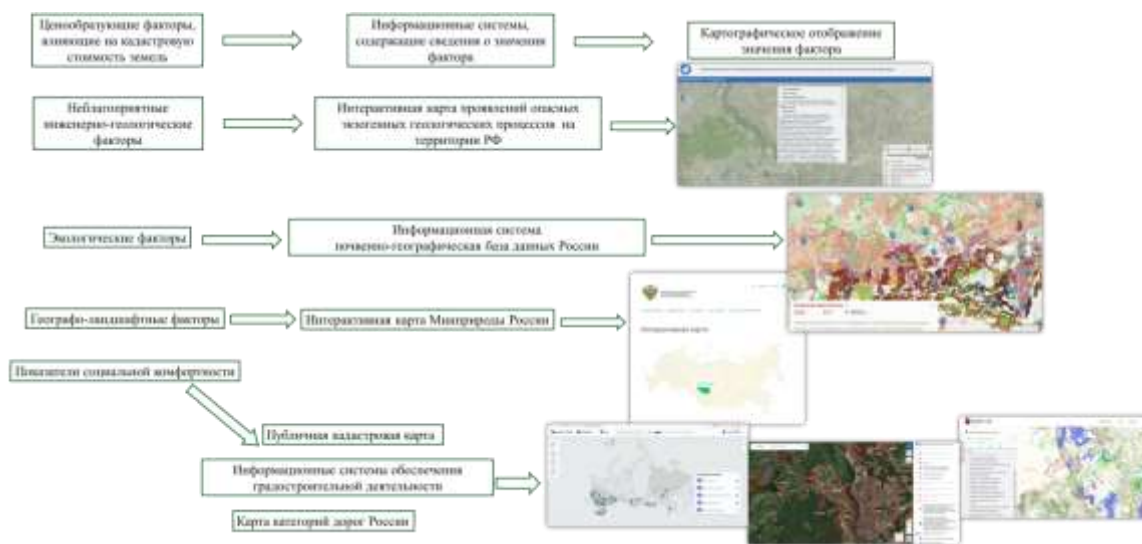


Рис. 2. Схема использования электронных карт при определении фактора, влияющего на кадастровую стоимость

Резюмируя выполненные теоретические исследования, представленные в настоящей статье, следует подчеркнуть, что реализация информационного обеспечения государственной кадастровой оценки по средствам создания единого информационного ресурса о Земле и недвижимости, расширения в нем перечня ведомственных информационных ресурсов способных к интегрированию значимой достоверной информации, необходимой для кадастровой оценки с ее картографическим отображением и возможностью сопоставления с ФГИС ЕГРН в едином геоинформационном пространстве, позволит решить многочисленные научно-технические и практические задачи, необходимые для определения достоверной и справедливой кадастровой стоимости.

Литература

1. Аврунев Е. и др. Исследование факторов стоимости земель урбанизированных территорий // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2018. – Т. 23. – №. 2. – С. 130-142.
2. Попов В. К., Козина М. В. Экологизация кадастровой оценки земель для устойчивого развития урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – №. 11. – С. 98-105.
3. Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке [Электронный ресурс]: Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс».
4. О проведении в 2021 году эксперимента по созданию Единого информационного ресурса о земле и недвижимости [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2429. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс».
5. Единый информационный ресурс о земле и недвижимости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eir.rosreestr.gov.ru/>.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В Г. МОСКВЕ Селезнев Г.И.

Научный руководитель профессор Сизов А.П.
Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва, Россия

В рамках современных демографических и урбанистических тенденций, а также экономических процессов, в крупных городах Российской Федерации за последние два десятилетия сформировалась практика проживания людей в нежилых помещениях. Новый вид недвижимости именуется «апартаменты».

Обращаясь к законодательству в поисках определения статуса, не обнаруживаем нормированных терминов. С юридической точки зрения толкование практически отсутствует: нет соответствующего упоминания ни в Гражданском кодексе, ни в Жилищном, ни в Градостроительном. Исключение составляют подзаконные акты, но, как

впоследствии увидим, присутствуют свои нюансы, не решающие вопроса. Таким образом, правовой статус в российских законодательных актах не определен.

Для понимания концепции нового вида недвижимости обратимся к истории появления и рассмотрим причины. Самые первые апартаменты начали появляться в начале 2000-х годов в результате редевелопмента старых особняков. Застройщики получали в реконструкцию старые особняки в центре города, но без возможности перевода в жилые помещения. К концу нулевых годов апартаменты стали выходить на рынок недвижимости более уверенно и массово. Учитывая закрытость рынка и скудность информации, достоверно точно нельзя сказать какие события стали катализатором роста популярности. Есть две версии. Первая связана со строительством Московского международного делового центра «Москва-Сити». Когда застройщики возводили комплекс зданий, то встал вопрос заселения. Возникла идея реализовывать площади так, как есть, а назвать не квартирами, а новомодным для российского слуха словом «апартаменты». Вторая версия – кризис 2008 г. После бурного строительства офисов в «золотые» нулевые, во время спада экономики они оказались невостребованными. И с целью отбития вложенных капиталов пришла идея заселить пустующие площади. По итогу, прослеживается общая схема: нежилые помещения подстраивались для постоянного пребывания граждан.

Предложение появляется на спрос: застройщики с потребителями распробовали и оценили результаты. Для первых это сократило количество необходимой для запуска проекта разрешительной документации, вывело из-под действия закона 214-ФЗ [1], а также сняло социальные обязательства, как при жилых объектах. Для вторых же изюминкой стала привлекательная цена (на 10-20% ниже стоимости квартир), а также местоположение (снимаются ограничения, как для квартир).

Но не все сложилось так хорошо, как хотелось бы. Законодательство не поспевало за настроениями: новые объекты создавались в условиях юридического пробела. Несмотря на все риски и затраты, строительство приобрело все более массовый характер, и к концу второго десятилетия апартаменты появились во всех потребительских классах, на любой вкус и цвет (первоначально предложения были представлены лишь в элитном секторе) практически во всех крупных городах России. Впоследствии это вылилось в ряд проблем, с которыми столкнулись владельцы; зачастую главной становилось непонимание, что они приобретали. Сложившуюся ситуацию, например, признали в Правительстве Москвы. В подтверждение привожу цитату Владимира Ефимова, бывшего в то время руководителем Департамента экономической политики и развития (сейчас – заместитель мэра Москвы):

«Это решение Правительства Москвы имеет социальную направленность. Реестр апартаментов позволяет обеспечить поддержку москвичей, которые купили нежилые помещения, внешне неотличимые от жилых, и используют их для постоянного проживания» [2].

Таким образом, апартаменты де-юре нежилое помещение, де-факто – используемое для проживания.

Говорить о какой-либо общепринятой и устойчивой классификации не приходится. Это понятно: апартаменты – неправомерное обобщающее понятие для пестрого набора нежилых объектов недвижимости, используемого с целью проживания граждан. При сложившемся правовом пробеле встречающиеся систематизации представляют собой не более чем мнение ряда авторов, основанные в основном на характере использования объектов [3]. В действующем российском законодательстве есть два документа, на основе которых можно провести классификацию.

Первый из них – приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.08.2014 № 440. Согласно приложению Б к этому документу выделяют два вида [4]:

- 1) *Апартаменты квартирного типа (полное соответствие стандартам проектирования жилых многоквартирных зданий);*
- 2) *Апартаменты гостиниц (не менее 2-х комнат, соблюдение требований к гардеробным помещениям, коридорам и санузлам).*

На рынке недвижимости первый тип зачастую встречается под термином «апартаменты в составе многофункциональных центров», второй – «сервисные апартаменты». К последнему типу подключается законодательство в сфере гостиничного дела, в частности, постановление Правительства РФ от 18.11.2020 № 1860 «Об утверждении Положения о классификации гостиниц» [5]. Согласно данному акту:

«Категория «апартамент»: номер в гостинице общей площадью не менее 40 кв. м, состоящий из 2 и более комнат (гостиной/столовой/и спальни), с 2-спальной кроватью размером 200 × 200 см, с мини-кухней (панель электроплиты/микроволновая печь, вытяжка, чайник, посудомойка/раковина для мытья посуды, комплект посуды, холодильник/минихолодильник)».

Внимательный читатель заметил, что ранее употреблялась систематизация применимая к квартирам. Следующая допустимая и применяющаяся классификация основывается на потребительских свойствах (проживание), которые предъявляются покупателями. Нежилые помещения делятся на «элитный класс», «бизнес-класс», «комфорт/эконом-класс», а не, например, А, В, С, D-класс, которые применимы в отношении офисов.

Современное российское законодательство старается успеть за веяниями нового времени. В мае 2021 года в Государственную Думу РФ внесен законопроект, в рамках которого планировалось урегулировать статус [6]. Авторы предлагали ввести многофункциональные здания (МФЗ) с жилыми и нежилыми площадями, которые можно возводить вне зон жилой застройки. Несмотря на одобрение профильных комитетов в необходимости закона, инициатива принесла больше вопросов, чем ответов.

Во-первых, отличие многофункциональных зданий от многоквартирных домов. Согласно тексту законопроекта под предлагаемое определение МФЗ может подпадать любой многоквартирный дом, в состав которого входят нежилые помещения, по мнению Комитета Государственной Думы по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству.

Во-вторых, обеспечение социальной инфраструктурой (поликлиники, школы, транспорт и т.д.). Если построенные объекты войдут в жилой фонд, то возрастает нагрузка на существующую инфраструктуру и возникает

необходимость в постройке новой. На фоне этого возникали идеи о создании жилой недвижимости второй категории, которую можно не обеспечивать инфраструктурой.

Подводя итоги, можно сказать, что концепция апарт-отелей как нежилых помещений, пригодных для проживания граждан, порождённая тенденциями экономики и урбанизации, заслужила право на жизнь. К сожалению, это также создало проблемы на всех уровнях: как для потребителей и застройщиков, так и для законодателей и градостроителей. Вовремя неурегулированный вопрос нового формата недвижимости более чем за десятилетие лишь усложнился, а предлагаемое решение не способно исправить ситуацию. В сложившихся обстоятельствах путь через принятие одного законопроекта является ошибочным. Изменения должны быть более продуманными и многоступенчатыми во избежание градостроительного кризиса.

Литература

1. Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 30.12.2004 № 214-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Рузана Малина. Скидка на роскошь: какие столичные апартаменты получают налоговые льготы. Финансово-экономический журнал Forbes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.forbes.ru/biznes/422211-skidka-na-roskosh-kakie-stolichnye-apartamenty-poluchayut-nalogovye-lgoty>
3. Ирина Рудевич «Апартаменты или квартира: что лучше и почему?» Информационное агентство «РБК» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realty.rbc.ru/news/5fc897769a7947df26e675e9>
4. Об утверждении свода правил «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования» [Электронный ресурс] : Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 07.08.2014 № 440. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
5. Об утверждении Положения о классификации гостиниц [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 18.11.2020 № 1860. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Система обеспечения законодательной деятельности/ законопроект № 1162929-7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/1162929-7>

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ

Сорокина Ю.С., Даниленко А.С.

Научные руководители доцент Скачкова М.Е., доцент Быкова Е.Н.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Признание оценочной деятельности в качестве официального вида услуг в Российской Федерации произошло с принятием 29 июля 1998 года Федерального закона № 135 – ФЗ «Об оценочной деятельности» [7].

Определение стоимости является ключевым этапом для построения и развития гражданских, налоговых, земельных, семейных и трудовых правоотношений. При этом очень важно, насколько объективно она определена, поскольку достоверная и профессионально проведенная оценка становится базисом современных правоотношений в экономике недвижимости.

В исследовании рассматриваются проблемы в сфере нормативно-правового регулирования оценки объектов недвижимости и возможные пути их решения. Данной темой в настоящее время занимаются такие российские ученые, как Баринов Н.П., Власов А.Д., Грибовский С.В., Дубовик Б.И., Павлова Е.Б., Быкова Е.Н. Проблемы, касающиеся недостоверности, разорванности и противоречивости рынка недвижимости рассматривает Власов А.Д. [2, 3]. О повышении достоверности оценки рыночной стоимости пишут Грибовский С.В. и Баринов Н.П. [4, 5]. Недостатки стандартных подходов, влияющие на результат расчета кадастровой оценки, выявляют Дубовик Б.И. и Павлова Е.Б. [6]. В своих работах Быкова Е.Н. проводит анализ оценки земельных ресурсов [1]. Это подтверждает актуальность темы исследования.

Зачастую они рассматривают проблемы нормативно-правового характера точечно, в то время как выявление полного спектра пробелов, по каждому из которых обозначен вектор их решения, позволит усовершенствовать систему действующего законодательства.

Целью работы является выявление проблем нормативно-правового регулирования оценочной деятельности и разработка рекомендаций по их решению для повышения качества оценки недвижимости. Для достижения цели необходимо решить ряд задач: изучение трудов современников по данной тематике; исследование и анализ нормативно-правовой документации по оценке объектов недвижимости; систематизация современных проблем в области нормативно-правового регулирования оценочной деятельности; разработка рекомендации по решению выявленных проблем.

Объектом исследования является оценочная деятельность (в контексте индивидуальной оценки недвижимости), под которой подразумевается профессиональная деятельность субъектов оценочной деятельности, направленная на установление в отношении объектов оценки рыночной, кадастровой, ликвидационной, инвестиционной или иной предусмотренной федеральными стандартами оценки стоимости [7].

К субъектам оценочной деятельности (оценщикам) относят физические лица, являющиеся членами одной из саморегулируемых организаций оценщиков и застраховавшие свою ответственность в соответствии с требованиями, содержащимися в Федеральном законе № 135 – ФЗ. Оценщиком является специалист, обладающий определенным уровнем знаний, и имеет документ о высшем образовании. Он может проводить оценку и подписывать отчет об оценке

недвижимости и иных объектов, имеет право заниматься оценочной деятельностью без участия других лиц, то есть работая в частном порядке, а также на основании договора между ним и юридическими лицами [7].

Обращаясь к понятию оценки недвижимости, можно сделать заключение о том, что это процесс, сутью которого является выявление наиболее эффективного использования объекта недвижимости. Цель оценки – исследование спроса и предложения на данный объект в обороте недвижимости с последующим прогнозированием наиболее вероятной цены объекта оценки [5].

Оценка недвижимости является трудоемким и уникальным для каждого объекта процессом, субъективность которого зависит от оценщика, учитывающего влияние факторов, по его мнению, влияющих на результат. В связи с этим возникает проблема неоднозначности. Кроме того, несовершенство законодательной базы оценки порождает ряд сложностей в процедурном характере оценочной деятельности (рис.).



Рис. Проблемы нормативно – правового регулирования оценки объектов недвижимости

Первой и основной проблемой оценочной деятельности является отсутствие достоверных исходных данных. Информационная база оценки – основа процесса оценки рыночной стоимости недвижимости. В настоящее время имеется ряд государственных и негосударственных структур, которые занимаются сбором данных по сделкам с оцениваемыми объектами. Эти данные неоднородны и ограничены по объему. По отдельным территориям, видам объектов недвижимости и сегментам рынка ценовые и стоимостные характеристики практически отсутствуют. В этих условиях крайне важно иметь однозначное соотношение экономической ценности объектов недвижимости по территории и видам разрешенного использования [3]. Имеется ряд трудностей при отборе актуальной информации на дату, близкую к оценке. Кроме того, затруднено официальное получение информации из соответствующих организаций об объектах недвижимости, их правообладателях и ценообразующих факторах. Поэтому актуальным становится вопрос систематизирования и приведения к единому стандартизованному порядку дальнейшего использования баз данных в качестве обоснованных источников [6].

Путем решения рассмотренной проблемы может служить создание единых открытых баз данных с применением облачных технологий о сделках с объектами недвижимости, которые позволяют эффективно проводить оценку для повышения качества предоставляемых услуг. Помимо этого, возможным путём решения данной проблемы является использование Смарт-контрактов (компьютерных протоколов, которые самостоятельно проводят сделки и контролируют их исполнение с помощью математических алгоритмов). Наиболее популярной и узнаваемой служит Смарт-контракт блокчейн. Он обеспечивает независимость, так как услуги посредников для заключения сделок не требуются, и безопасность посредством фиксирования договоров в зашифрованном виде. На практике Комитет Государственной думы по финансовому рынку уже принял проект Федерального закона №419059-7 «О цифровых финансовых активах» [8].

Вторая, не менее важная проблема – это отсутствие учета значимых ценообразующих факторов. Для проведения оценки осуществляется сбор и анализ данных о рынке недвижимости, а также информации, не относящейся к самим объектам, но влияющей на их стоимость. К ней относятся экономические, социальные, экологические факторы и условия совершения сделок с такими объектами. Российские стандарты оценки учитывают часть из них, которые не являются достаточными.

Важным шагом в решении данной проблемы является введение учета значимых ценообразующих факторов, которые приведены в методических рекомендациях, к современным реалиям и трендам.

Следующая проблема заключается в субъективности выбора значений коэффициентов при значительном их интервальном разбросе и отсутствии его регулирования. Это связано с процедурой расчета и выбором нормативных коэффициентов, которые оценщик определяет самостоятельно [4]. В таких условиях абсолютно исключить влияние субъективности оценщика невозможно, поэтому следует установить допустимые пределы изменения величины стоимости объекта оценки [2].

Решить указанную проблему можно путем принятия конкретных значений весовых коэффициентов, равномерно распределенных в определенном диапазоне в зависимости от значений учитываемых факторов по каждому подходу в оценке.

Проблема разрозненности терминологии связана с отсутствием ее четкого закрепления в нормативно-правовой документации или разной трактовке, что усложняет работу оценщика. Отсутствие конкретных определений негативно сказывается на системе организации оценки на всех ее этапах. Особенно эта проблема проявляется при

проведении экспертизы отчетов об оценке, так как возникают споры в связи с неоднозначным толкованием ключевых понятий оценочной деятельности.

Решением рассмотренной проблемы может стать принятие нормативно-правового акта, содержащего и регулирующего единый терминологический аппарат в сфере оценки объектов недвижимости.

В результате проделанной работы рассмотрено нормативно-правовое обеспечение процесса оценки объектов недвижимости, а также выявлены и проанализированы современные проблемы в сфере его нормативно-правового регулирования. Предложенные варианты решения проблем позволят повысить качество результатов оценки недвижимости и исключить неоднозначности в процессе ее проведения.

Литература

1. Быкова Е. Н. Оценка земель с обременениями в использовании. Теория и методика. – 2018. – 240 с.
2. Власов А. Д., Жарников В. Б. Методические основы определения рыночной и кадастровой стоимости застроенных земельных участков населенных пунктов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2019. – Т. 24. – №. 1. – С. 158-173.
3. Власов А. Д. Проблемы оценки объектов недвижимости в России // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 3. – №. 1. – С. 64-70.
4. Грибовский С. В., Баринов Н. П., Анисимова И. Н. О повышении достоверности оценки рыночной стоимости методом сравнительного анализа // Вопросы оценки. – 2002. – №. 1. – С. 2-10.
5. Грибовский С. В. Оценка стоимости недвижимости: Учебное пособие. – М.: Маросейка, 2009. – 432 с.
6. Дубовик Б. И., Павлова Е. Б. Некоторые вопросы совершенствования методики кадастровой оценки земли // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2015. – №. 8 (167). – С. 67-72.
7. Об оценочной деятельности в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 29.07.1998 № 135-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 31.07.2020 № 259-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Студенкова Н.А.¹

Научный руководитель профессор Добротворская Н.И.²

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

Сегодня в России происходит трансформация сферы управления землями сельскохозяйственного назначения. Приоритетной задачей является актуализация и систематизация данных о землях этой категории с помощью внедрения цифровых технологий и платформенных решений. С учетом направлений цифровой трансформации большое внимание уделяется развитию информационных систем мониторинга и учета земель сельхозназначения, оценке возможностей использования цифровых технологий получения и обработки пространственных данных и др. Так в 2018 г. Минсельхозом России была введена в эксплуатацию Единая федеральная информационная система о землях сельхозназначения (ЕФИС ЗСН). Программа предназначена для обеспечения авторизованных пользователей актуальной и достоверной информацией о землях сельхозназначения. На сегодняшний день основной массив данных для наполнения информационно-аналитического ресурса ЕФИС ЗСН получают путем информационного взаимодействия с региональными органами АПК, региональными информационными системами, различными подведомственными Минсельхозу учреждениями и ведомствами, однако регламентирующая документация, определяющая общий порядок ведения системы, отсутствует. В таблице показаны основной состав и источники информационного наполнения ЕФИС ЗСН [2]. Как видно из таблицы межведомственное взаимодействие в рамках информационного обмена данными с целью наполнения ЕФИС ЗСН реализовано с крупными корпорациями (Роскосмос), Министерствами (МЧС) и др. Однако, стоит отметить, ограниченное взаимодействие с информационными системами Росреестра.

Проведенный анализ данных ежегодного доклада Минсельхоза позволил выявить ряд проблем в функционировании системы:

- нерегулярное и несвоевременное предоставление данных от региональных АПК;
- неполнота предоставляемых данных;
- ошибки в векторных данных о границах контуров и в атрибутивной информации;
- отсутствие интеграции с информационными системами ведомств, обладающих информацией о различных аспектах состояния и использования сельхозземель и др.

Существующие проблемы во многом обусловлены отсутствием нормативно-правовой базы, регламентирующей общий порядок сбора данных мониторинга состояния и фактического использования земель сельхозназначения, и обязательного предоставления полученных данных региональными, муниципальными органами управления и сельхозтоваропроизводителями, отсутствие организации и проведения регулярной работы по мониторингу сельхозземель, недостаточный контроль региональных органов управления АПК, отсутствие финансирования.

Таблица

Состав и источники информационного наполнения ЕФИС ЗСН [2]

Виды информации	Основные источники информации							
	РОУ АПК	Учреждения агрохимической	Управления мелиорации	Материалы Роскосмоса	БПЛА	Сельхозтоваропроизводители	Данные ЕГРН	МЧС
Контуры с/х угодий (для конкретного поля)								
Виды с/х угодий								
Данные о возделываемых с/х культурах в контурах полей								
Состояние возделываемых с/х культур								
Данные об использовании контуров с/х угодий и неиспользуемых землях								
Сведения о пользователе земельного участка								
Показатели почвенного плодородия по контурам с/х угодий								
Информация о негативных процессах на с/х угодьях (зарастание и т.д.)								
Сведения о мелиоративных системах и мелиорируемых землях								
Информация о чрезвычайных ситуациях на сельхозземлях								

В настоящее время в РФ планируется создание государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения. Государственный реестр должен представлять собой информационный ресурс, наполненный основными достоверными сведениями о состоянии, использовании, количественных и качественных характеристиках земель этой категории, полученными в ходе государственного мониторинга земель и дополнительными, предоставляемыми в порядке межведомственного информационного взаимодействия. Итоговым документом реестра земель сельхозназначения должен стать паспорт земельного участка.

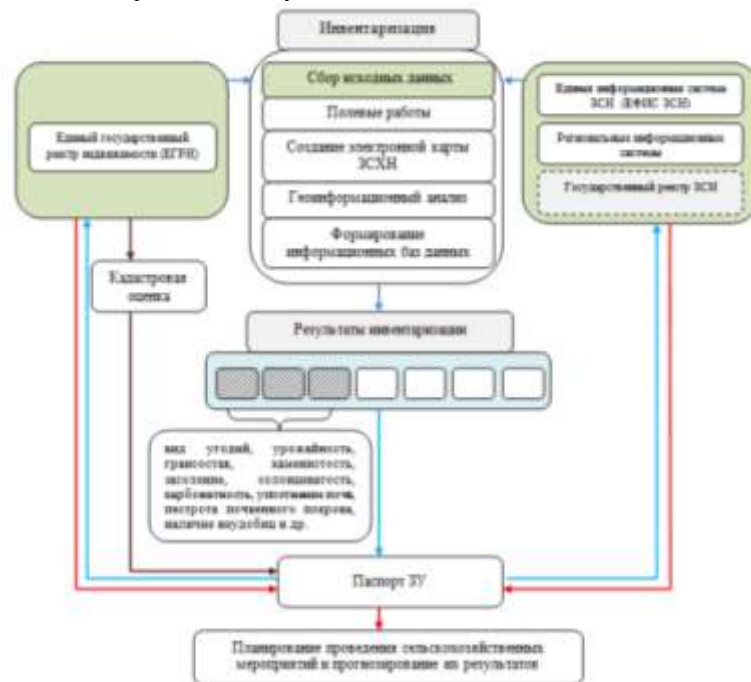


Рис. Предлагаемая технологическая схема актуализации сведений о землях сельскохозяйственного назначения по результатам инвентаризации [1]

Проведя анализ научно-технической документации существующей и планируемой информационных систем, можно сделать вывод о том, что в современных условиях не предусматривается интеграция данных между государственными информационными системами ЕФИС ЗСН и ЕГРН, а планируемое создание Государственного реестра ЗСН предполагает интеграцию только отдельных данных, содержащих сведения о правообладателях земельных участков, обладателях сервитутов, публичных сервитутов, о земельных участках и расположенных на них зданиях и сооружениях из ЕГРН.

Такой подход не предусматривает гармонизацию данных крупнейших информационных систем учета земель сельскохозяйственного назначения (проверка достоверности, сопоставление и приведение к единообразию сведений о землях сельскохозяйственного назначения, содержащихся в ЕФИС ЗСН, ЕГРН). Исходя из этого, актуальной научно-технической задачей является разработка технологических решений по актуализации и консолидации сведений о землях сельскохозяйственного назначения.

На наш взгляд ключевым инструментом для принятия правильного вектора разрешений накопившихся проблем в вопросах эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения должна выступать инвентаризация земель (рис.), результаты которой будут интегрированы в информационные системы Минсельхоза различного уровня и в информационную систему Росреестра, ЕГРН.

Результаты инвентаризации должны быть представлены в виде документа с разработанными требованиями к структуре и содержанию полученных данных, единицам измерения, графическому представлению и описанию. Для обеспечения считывания и контроля представленных данных в целях внесения сведений в ЕГРН результаты инвентаризации должны быть оформлены в виде файлов в формате XML. В целях использования вносимых в ЕГРН сведений о землях сельхозназначения в процессе кадастровой оценки таких земель необходимо сопоставить местоположения сельскохозяйственных угодий относительно местоположения земельного участка, на котором расположены такие угодья [1].

Таким образом, полученные в ходе проведения инвентаризации земель сельхозназначения сведения послужат основой для наполнения и актуализации баз данных, содержащихся в информационных системах, в том числе в ЕГРН.

Литература

1. Актуальные вопросы инвентаризации и кадастрового учета земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Н.А. Студенкова, Н.А. Добротворская, Е.И. Аврунев, М.В. Козина, В.П. Пяткин // Вестник СГУГиТ. – 2021. – № 6. – С.140-149.
2. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcs.ru/>

ПЕРСПЕКТИВА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОРИЧЕСКИХ КАРТ НА ПРИМЕРЕ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Фазлиев А.И.

Научный руководитель аспирант Иванов В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Вопросы картографического анализа с использованием исторических карт и фотографий являются terra incognita для современной науки [1]. В настоящее время картографам предстоит много работы с созданием методологических и классификационных систем. В частности, это касается проблемы учёта, индексации и картирования использованных человеком территорий. Нарушенные территории не редко воспринимаются и интерпретируются как нетронутые, а подобные исследования с архивными материалами помогут в выборе эталонных, диких участков при создании ООПТ. Исторические карты следует рассматривать важным аспектом в наблюдениях динамики землепользования, в частности это объясняется растущей актуальностью исследований динамики углеродных пулов, на которые оказывает сильнейшее влияние предшествующее землепользование [2]. Тем не менее, в анализе использованных территорий исторические карты не рассматривают в роли полноценного диагностического признака. В связи с этим возникают пробелы в понимании исторических процессов землепользования и влияния предшествующего влияния на углеродный пул, так как не представляется возможности выделить элементарные культурно важные территории [3]. Из-за ежегодного увеличения числа необдуманного землепользования актуальность темы также возрастает.

Исходя из вышесказанного, целью нашей работы стало выявление перспективы исторической диагностики крупномасштабного картографирования лесопокрытого покрова пойменных и террасовых ландшафтов.

Район исследований находится в окрестностях устья поймы реки Тавда Тюменской области.

Объектом исследований являлся лесной покров в Нижнетавдинском ландшафтном районе.

Выбранный для исследования район Западной Сибири и Западная Сибирь в целом отражали наиболее значимые процессы социально-экономической жизни аграрного сектора страны. Это и массовое переселение в Западную Сибирь из Центральной России, и рост товарности сельскохозяйственного производства. Уникальна и специфика освоения: из-за слабой заселённости территории у крестьян появлялась возможность выбора наилучших участков для земледелия. Это находит отражение в большой разбросанности и многополосице земельных участков [4].

На подготовительном этапе работы использовались методы Дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), стратификации и классификации, оцифровки. Аналитический этап заключался в обработке архивных материалов в лабораторных условиях. Был использован метод проективной геореференции архивной карты 1896 г. (рис.).

Проводились классификации территорий по характеру землепользования: лесопокрытые территории, сельскохозяйственные территории (пашни, сенокосы), заболоченные территории.

По результатам проведенного исследования сделаны следующие выводы:

Негативному антропогенному воздействию на выделенных лесопокрытых территориях подверглись 66,6% территории поймы близ устья р. Тавда с 1890-х годов. Основным фактором деградации лесов стала вырубка лесопокрытых территорий под пашни. Вторым по важности фактором является заболачивание вследствие заброшенности используемых территорий (табл.).



Рис. Нижнетавдинский район на карте Тобольской губернии 1896 г.

Таблица

Кластеры лесов и их динамика

Тип покрытия	Площадь (км ²) 1896 г.	Площадь (км ²) 2021 г.	Сокращение в %
Берёзовый лес	179,5	104,7	41,5
Смешанный лес	618,0	118,3	80,9
Сосновый лес	118,7	89,4	24,7

Подобный подход заполняет пробел, образовавшийся в ходе бурного круговорота истории. Историческая обоснованность позволяет рационально планировать землепользование, создавать рекреации и ООПТ, оценивать экосистемные услуги и находить культурно значимые территории. В нашей работе на хорошо обжитой и освоенной территории удалось обнаружить нетронутые участки леса, которые необходимо сохранить как эталонные.

Работа выполнена в рамках программы развития Тюменского государственного университета (программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»).

Литература

1. Antrop M. Why landscapes of the past are important for the future // Landscape and urban planning. – 2005. – Т. 70. – №. 1-2. – С. 21-34.
2. Horodnic V. D. et al. Geospatial analysis of land use dynamics using historical maps and GIS techniques. Case study of Rădăuți. Romania // International Scientific Conference GEOBALCANICA. – 2018. – С. 577-597.
3. Olah B. Historical maps and their application in landscape ecological research // Ekológia (Bratislava). – 2009. – Т. 28. – №. 2. – С. 143-151.
4. Туров С. В. Исторический опыт природопользования русских крестьян Западной Сибири (XVIII-первая половина XIX вв.). – 2000. – 30 с.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ НЕСООТВЕТСТВИЯ ФАКТИЧЕСКОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СВЕДЕНИЯМ ЕГРН НА ТЕРРИТОРИЯХ СНТ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ Чалдаева К.И.

Научный руководитель доцент Кончакова Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день одним из главных инструментов регулирования отношений в области недвижимости является Единый государственный реестр недвижимости, представляющий собой свод достоверных систематизированных сведений в текстовой форме (семантические сведения) и графической форме (графические сведения) [1].

В настоящее время в ЕГРН содержатся неактуальные сведения о местоположении границ земельных участков, в том числе и для участков, расположенных в пределах территорий СНТ. Неактуальность сведений обусловлена тем, что сведения ЕГРП и ГКН были объединены в единую структуру ЕГРН, на основании принятия Закона № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [1]. Для достаточно большого числа земельных участков, их статус определен как «актуальные, ранее учтенные». В отношении таких объектов недвижимости встречается довольно большое количество ошибок в описании местоположении границ, либо же сведения об объекте недвижимости внесены декларировано.

СЕКЦИЯ 7. ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Согласно данным Регионального доклада о состоянии и использовании земель в Томской области по состоянию на 01.01.2021 г. из 105 865 земельных участков из состава земель сельскохозяйственного назначения, только в отношении 37 119 земельных участков местоположение границ соответствует требованиям законодательства, однако в местоположении границ 68 746 земельных участков зарегистрирована реестровая ошибка. Более подробная информация о состоянии местоположения границ земельных участков по категориям земель приведена на рисунке.



Рис. Статистические данные о земельных участках различных категорий земель на территории Томской области, сведения о которых не соответствует их фактическому местоположению по состоянию на 01.01.2021

В соответствии с данными рис. 1, можно сделать вывод, что на сегодняшний день ошибки в местоположении границ земельных участков встречаются в каждой категории земель, поэтому вопрос о разработке методики по совершенствованию и сокращению сроков внесения актуальных сведений в ЕГРН остается открытым.

Реже всего реестровые ошибки в местоположении границ земельных участков встречаются среди земель населенных пунктов и земель сельскохозяйственного назначения. Это обусловлено площадью территорий, а также спросом среди населения на земельные участки данных категорий и частотой проведения сделок с такими участками.

На сегодняшний день исправить реестровую ошибку земельного участка, расположенного на территории СНТ возможно на основании межевого плана или карта-плана, подготовленного на основании утвержденной проектной документации.

Исходными данными для проведения исследования стали проекты межевание территории, разработанные для территорий садоводческих некоммерческих товариществ и межевые планы на земельные участки, расположенные в пределах территорий СНТ на территории Томского района Томской области – это СНТ «Солнечный», СНТ «Подшипник», СНТ «Интроскоп», СНТ «Василек-79», СНТ «Химик-2». В процессе проведенного анализа были выявлены наиболее часто встречающиеся проблемы в ходе подготовки межевых планов на территории СНТ. Выявленные проблемы были классифицированы по группам, каждой из которых было дано толкование согласно анализу проблем и тем понятиям, которые используют в кадастровой практике [2].

Причины вышеупомянутых проблем могут быть разными. Основные же из них, заключаются в том, что часть земельных участков была внесена на основании перечней ранее учтенных земельных участков в соответствии с указаниями для территориальных органов Росземкадастра по проведению работ по инвентаризации земель. Часть земельных участков до 2008 года была поставлена на учет на основании неутвержденного должным образом межевого или землеустроительного дела, в которых сведения о координатах отсутствовали. В случае «отлета» земельного участка, когда фактическое местоположение земельного участка не соответствует сведениям ЕГРН, причины могут заключаться в следующем: координаты получили неверное значение вследствие технической ошибки при пересчете координат из местной или условной системы координат установленной законом, также у земельного участка при постановке не были использованы данные о привязке, либо же данные о местоположении границ были использованы не в полном объеме [3].

В настоящей работе предложены два варианта решения выявленных проблем.

В случае, если при подготовке межевого плана на земельный участок, в отношении другого земельного участка обнаружен «отлет» либо «разворот», что впоследствии приводит к «наложению границ земельных участков» предлагается в межевом плане в разделе «Заключение кадастрового инженера» указать, что в отношении земельного участка (указать адрес земельного участка, кадастровый номер, указать номер и дату выписки из ЕГРН), обнаружена одна из вышеперечисленных проблем. Также, необходимо указать, что в отношении земельного участка, который препятствует межеванию необходимо связаться с собственником земельного участка и провести межевание. В данном случае, Росреестр посредством почтового уведомления либо посредством сети «Интернет» извещает собственника в необходимости проведения межевания своего земельного участка. В том числе, одним из немаловажных аспектов введения данных понятий, в отношении территорий СНТ является упрощение процесса внесения сведений о поворотных точках земель общего пользования [3].

Для второго варианта решения проблем рассмотрено проведение комплексных кадастровых работ, которые были введены в 2015 году для оптимизации процесса постановки на кадастровый учет земельных участков, в том числе, расположенных на территории СНТ [4].

Для совершенствования проведения ККР на территории СНТ предложен механизм, позволяющий ускорить процесс проведения комплексных кадастровых работ [2]. До начала проведения комплексных кадастровых работ

необходимо подготовить и утвердить проект межевания территории. Это позволит сократить время на поиск правоустанавливающих и иных документов, выявить местоположение объектов недвижимости, стоящих на учете с ошибкой и иных проблем. В качестве заказчика кадастровых работ, проводимых на территории СНТ, должен выступать председатель СНТ, что сократит время поисков собственников земельных участков. В настоящей работе комплексные кадастровые работы на территории СНТ предлагается проводить в том числе за счет внебюджетных средств, поэтому на первый этап с получением ответа от органа местного самоуправления об отсутствии запланированного выполнения ККР не требуется.

Литература

1. О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Чалдаева К. И. Актуальные проблемы государственного кадастрового учета земельных участков на территории садоводческих некоммерческих товариществ и пути их решений // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. Т. 1.–Томск, 2021. – 2021. – Т. 1. – С. 332-334.
3. О кадастровой деятельности [Электронный ресурс] : федер. закон от 24.07.2007 № 221-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. О внесении изменений в Федеральный закон "О кадастровой деятельности" и Федеральный закон "О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 17.06.2019 № 150-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

СЕКЦИЯ 8

ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ШИРИНСКОГО РАЙОНА ХАКАСИИ

Акимова С.С.

Научные руководители профессор Язиков Е.Г., доцент Жорняк Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Почвы являются уникальным индикатором состояния окружающей среды, который позволяет установить уровень загрязнения и миграцию элементов. На данный момент очень актуальна проблема загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами. Для проведения диагностики подходит каппаметрический анализ, изучение показателя магнитной восприимчивости, так как тяжелые металлы напрямую связаны с магнетитом и другими магнитными минералами [2,3,7].

Целью данной работы является изучить особенности распределения показателя магнитной восприимчивости по элементарным ландшафтам на примере отдельных участков Ширинского района.

Определение показателя магнитной восприимчивости проводилась каппаметром SatisGeo KM-7 в соответствии с методикой, защищённой патентом РФ № 2133487 [4].

Ширинский район находится в северной части Хакасии и расположен в области сочленения трёх крупных орографических структур – гор Кузнецкого Алатау, Батенёвского кряжа и Чебаково-Балахтинской впадины Минусинского межгорного прогиба. Стратифицированные отложения представлены отложениями верхнего протерозоя и четвертичными делювиально-элювиальными и пролювиально-аллювиальными отложениями. Пробоотбор осуществлялся согласно ГОСТ Р 58595-2019 [1,5].

Пробоотбор осуществлялся в пределах обособленном подразделении «Центр учебно-геологических практик» Томского политехнического университета (ОП ЦУГП ТПУ) и близлежащих районах (рис.). Все территории были разделены по типу элементарного ландшафта. В данном регионе представлены все основные типы элементарных ландшафтов: трансэллювиальные, эллювиальные, супераквальные и тд. Данные пробоотбора представлены в таблице (табл. 1).

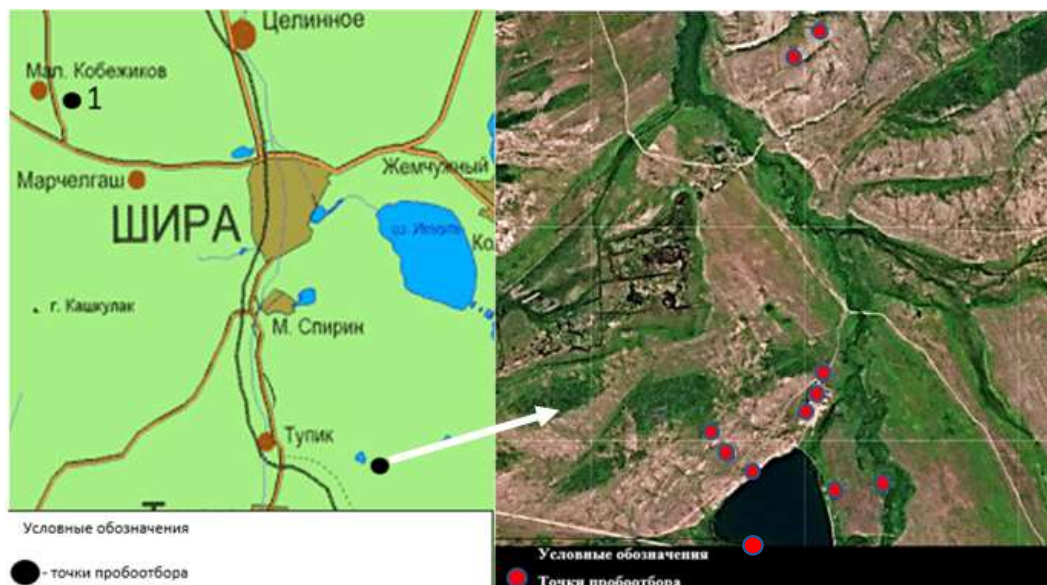


Рис. Карта пробоотбора

Как видно из исследования, наиболее характерным типом элементарного ландшафтов являются трансэллювиальный и трансаккумулятивный. Данные типы ландшафтов наиболее характерны для зон на повышенных элементах рельефа при достаточно глубоком залегании грунтовых вод. Данный факт говорит об одностороннем поступлении вещества из атмосферы и отсутствия бокового притока [2,3,7].

По результатам работы определены значения показателя магнитной восприимчивости на территории отдельных участков Ширинского района, республики Хакасия. Объемный показатель магнитной восприимчивости валовых проб почвы равен $(28,6-888) \cdot 10^{-5}$ СИ при средней величине $464,9 \cdot 10^{-5}$ СИ, для проб фракции до 1 мм – $(36,6-894,3) \cdot 10^{-5}$ СИ при средней величине $455,5 \cdot 10^{-5}$ СИ, для фракции более 1 мм – $(13,6-870) \cdot 10^{-5}$ СИ при среднем значении $380,4 \cdot 10^{-5}$ СИ (табл. 2).

Таблица 1

Распределение проб по типу ландшафта

№	Местоположение	Тип элементарного ландшафта
1	Фон нефтепроявления близ ручья Сохочул	Трансэллювиальный
2	Западный берег оз. Собачьего (низовье)	Супераквальный
3	Юго-восточный берег оз. Собачьего	Супераквальный
4	Нижний склон г. Студенческая	Трансаккумулятивный
5	Склон г. Студенческая	Трансэллювиальный
6	Вершина г. Студенческая	Трансэллювиальный
7	Месторождение «Кладбищенское»	Трансаккумулятивный
8	Склон в 40 м от месторождения «Кладбищенское»	Трансэллювиальный
9	Пойма р. Карыш	Супераквальный
10	Северо-западный берег оз. Собачьего	Супераквальный
11	Равнинные участок в ОП ЦУГП	Трансаккумулятивный
12	Склон в ОП ЦУГП	Трансэллювиальный

Таблица 2

Объемная магнитная восприимчивость в пробах почв разных фракций

Параметр	Общая	Супераквальный	Трансэллювиальный	Трансаккумулятивный
Число проб	12	4	5	3
Общая проба				
$\frac{m_{\text{сред}}}{m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}}$	$\frac{464,9}{888 \div 28,6}$	$\frac{580,9}{888 \div 217}$	$\frac{393,8}{664,6 \div 28,6}$	$\frac{287,7}{539,3 \div 105,3}$
Фракция <1 мм				
$\frac{m_{\text{сред}}}{m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}}$	$\frac{455,5}{894,3 \div 36,6}$	$\frac{581,6}{894,3 \div 215}$	$\frac{366}{650,3 \div 36,6}$	$\frac{290,3}{529,6 \div 94}$
Фракция >1 мм				
$\frac{m_{\text{сред}}}{m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}}$	$\frac{380,4}{870 \div 13,6}$	$\frac{428,5}{870 \div 159,3}$	$\frac{346}{649,8 \div 13,6}$	$\frac{210,5}{391 \div 39,6}$

Примечание: $m_{\text{сред}}$, $m_{\text{макс}}$, $m_{\text{мин}}$ - среднее, максимальное, минимальное объемное ($\times 10^{-5}$ единиц СИ).

Исходя из представленных результатов можно сделать вывод, что распределение показателя магнитной восприимчивости крайне неравномерно и наиболее высокими показателями магнитной восприимчивости характеризуются супераквальные ландшафты, что связано с постоянной миграцией элементов в почве за счет грунтовых вод. Наименьшими и условно фоновыми можно выбрать значения показателя магнитной восприимчивости почв с вершины горы Студенческая. Это связано с удаленностью грунтовых вод и с остаточной корой выветривания, так как в процессе своего образования из ее состава выходят легкоподвижные элементы. Также в почвах таких ландшафтов минимально содержание легкорастворимых веществ. Высокие значения показателя также характерны для медно-молибденового месторождения «Кладбищенское» и нефтепроявления в районе ручья Сохочул. Это напрямую связано с геологическим строением района.

Литература

1. ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб»
2. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне действия предприятий угледобычи [Текст] / Е.Г. Язиков, Н.А. Осипова, А.В. Таловская, К.Ю. Осипов // Оптика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 34. – № 6. – С. 434-439.
3. Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми : монография / А.А. Васильев, Е.С. Лобанова. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. 243 с.
4. Патент №2133487, авторы Е.Г. Язиков, О.А. Миков.
5. Рихванов Л. П., Путеводитель по району геоэкологической практики в Хакасии: учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2005.- 91 с.
6. Соболева, Надежда Петровна. Ландшафтоведение : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. П. Соболева, Е. Г. Язиков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.
7. Язиков, Егор Григорьевич. Оценка эколого-геохимического состояния территории г.Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография [Электронный ресурс] / Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010.

**ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОЦЕНКИ АЭРОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
НА ТЕРРИТОРИЮ Г. ЧЕЛЯБИНСКА**

Антонова В.М.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Большинство загрязняющих веществ, которые могут оказывать токсическое действие на живые организмы, поступают в воздух из антропогенных источников. Такой вид загрязнения характерен для крупных промышленных центров [8]. К таким территориям относится и город Челябинск, расположенный на восточных склонах Уральских гор, на реке Миасс, в двухстах километрах от Екатеринбурга.

История развития промышленности в городе берет свое начало в период первых советских пятилеток, когда Челябинск превратился в один из крупнейших в стране промышленных центров. В ходе развития промышленности, она определила структуру современной экономики Челябинска [4]. К основным предприятиям города, функционирующим на настоящий момент, можно отнести, электрометаллургический комбинат (АО «ЧЭМК»), цинковый завод (ПАО «ЧЦЗ»), трубопрокатный завод (ПАО «ЧТПЗ») и металлургический комбинат (ПАО «ЧМК»).

В отчете Росгидромета за 2020 год отмечено, что климатические условия рассеивания загрязняющих веществ в городе неблагоприятны [6]. Там же отмечена тенденция за 2016–2020 гг. к возрастанию концентрации формальдегида и фторида водорода в Челябинске. Согласно данным, приведенным в Государственном Докладе об экологической ситуации в Челябинской области в 2019 году [2], наибольший, по сравнению, с другими предприятиями города, объем выбросов, имеет ПАО «Челябинский Металлургический Комбинат».

Помимо метеослужб и государственных структур оценкой состояния атмосферного воздуха города занимаются, в рамках научных исследований, и челябинские университеты, так как проблема загрязнения воздушного пространства в результате развитой промышленной деятельности, является острой и важной для жителей города.

В рамках одного из исследований университетов, проводилась экологическая оценка территории города, в районе расположения ПАО «ЧМК» [1]. Данная работа основывается на анализе исследований наличия тяжелых металлов, а именно цинка, свинца, хрома, никеля и марганца в растительности, почве и снеговом покрове, по многолетним данным. Остановимся на результатах изучения снегового покрова, как хорошего накопителя загрязнителей атмосферы. В снежном покрове установлено превышение ПДК для всех изучаемых элементов. Максимальное загрязнение наблюдается в зоне расположения предприятий ПАО «ЧМК», АО «ЧЭМК» и ТЭЦ-2 (ПАО «Фортум»).

Факультет экологии Челябинского Государственного Университета проводил анализ снегового покрова с озера Смолино, расположенного на юго-западе города [5]. В ходе работы определялись анионы, катионы и концентрации ионов марганца, кадмия, меди, никеля, свинца и цинка. Отбор проб осуществляли в конце марта 2019 года, по 10 проб с берега озера, его прибрежной части и с самого водоема на расстоянии трех метров от берега. Обнаружение анионов проводилось с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель», а наличие и содержание тяжелых металлов с помощью спектрометра «Квант-2м». В ходе анализа были обнаружены превышения концентраций фторид-ионов, фосфат-ионов и катионов аммония. А также установлено, что в 100% изученных проб зафиксированы превышения концентраций меди, цинка и свинца и в 30% проб превышение ПДК марганца. По словам авторов, источником повышенного содержания перечисленных компонентов могут считаться крупные предприятия Ленинского района города, где и расположено озеро.

Авторами из Южно-Уральского Государственного Университета была проведена работа по исследованию загрязнения микроэлементами дорожной пыли [9]. Было выбрано 5 районов отбора проб с разным трафиком автомобилей и удаленностью от предприятий. В каждом из районов пробы отбирались с дистанцией от дороги 50, 100 и 250 метров. В результате было выявлено наличие в пыли таких элементов, как мышьяк, кобальт, ртуть, марганец. По словам авторов, основными источниками их поступления являются промышленные выбросы, а именно, ртуть мышьяк, и сурьма поступают в атмосферный воздух и, соответственно, в пыль, в результате работы ТЭЦ-2 (ПАО «Фортум»), а источником хрома считается ЧМК. Также авторами был оценен интегральный индекс загрязнения, который отражает отношение концентрации антропогенного компонента к его установленной ПДК. Большинство проб имеют умеренные уровни загрязнения сурьмой, цинком и медью. В районе расположения ПАО «ЧМК» были установлены максимальные значения индекса для меди и цинка. Значение индекса для ртути было высоким для всех исследуемых районов. Таким образом, максимальные значения индекса были отмечены в районе расположения ПАО «ЧМК» и ТЭЦ-2 (ПАО «Фортум»), а также вблизи автомагистрали М5.

Некоторые из авторов предыдущей статьи, а именно, О.В. Ракова, Т.Г. Крупнова, в соавторстве с другими исследователями, проводили мониторинг аэрозольных частиц в атмосферном воздухе [3]. Измерения проводились на пяти постах: первый в зоне влияния автотранспорта в центре города, второй - АО «ЧЭМК», третий в зоне ПАО «ЧТПЗ», четвертый – в зоне автотранспортной нагрузки в юго-восточной части города и пятый пост в зоне расположения ПАО «ЧМК». Были зафиксированы точки, где были выявлены превышения ПДК частиц размером 2,5 мкм и 10 мкм, с помощью анализатора пыли «АТМАС». Как известно, данные частицы могут наносить потенциальный вред здоровью людей, так как оседают в верхней части дыхательных путей. В результате установлено, что 24 пробы имеют превышения по концентрациям изучаемых веществ, по сравнению со значением гигиенического норматива, равного 0,035 мг/м³. Из них для частиц размером 2,5 мкм превышение установлено в 18 пробах и в 5 пробах обнаружено повышенное содержание частиц 10 мкм. Наибольшие содержания этих веществ

наблюдаются в воздухе в центре города, в зоне нагрузки автотранспорта и на постах, расположенных вблизи металлургических предприятий.

Последней, из рассмотренных нами работ, будет исследование элементного состава частиц размером PM_{2,5} и PM₁₀, и оценка рисков для здоровья в промышленных районах города [7]. Улавливание взвешенных веществ проводилось в трех пунктах: с высокой автомобильной нагрузкой, в районе расположения АО «ЧЭМК» и в районе ПАО «ЧМК». Пробы отбирались в течение 2020 года, каждый сезон, фиксация производилась с помощью анализатора пыли «АТМАС». Установлено, что, концентрация 3% частиц размером 10 мкм и 30% частиц размером 2,5 мкм превышала нормативы, равные 35 и 60 мкг/м³ соответственно, в 1,1-1,7 раз. Концентрация микроэлементов в исследуемых частицах оценивалась методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Самые высокие концентрации имели такие элементы, как алюминий, железо, цинк, марганец и свинец. В результате чего авторы пришли к выводу, что частицы размером 2,5 мкм, обнаруженные в воздухе в результате промышленной деятельности предприятий города, могут оказывать воздействие на здоровье населения. Данные выводы подкреплены расчетами суммарного канцерогенного риска, который отражает вероятность развития у человека любой формы ракового заболевания, на протяжении всей жизни. Канцерогенный риск для мышьяка, хрома, кобальта, кадмия, никеля и свинца оказался выше допустимого предела, равного 1×10^{-6} , что говорит о среднем риске развития рака у людей, живущих близ районов отбора проб.

В результате рассмотрения вышеприведенных работ, можно прийти к выводу о том, что тяжелые металлы обнаруживаются в атмосферном воздухе или снежном покрове, который хорошо накапливает эти атмосферные загрязнители, с помощью самых различных методов и инструментов исследования. Наиболее подвержены атмосферному загрязнению те части города, где присутствует высокая нагрузка от автотранспорта и районы, где располагаются крупные промышленные предприятия, в частности, в работах отмечены именно металлургические предприятия. Также рассмотренные нами исследования показывают важность долгосрочного мониторинга некоторых участков города Челябинска, подверженных наибольшему загрязнению и, немаловажно отметить необходимость дальнейшего исследования состояния воздушной среды.

Литература

1. Даванков, А. Ю. Экологическая оценка городских территорий [Текст] / А. Ю. Даванков, С. С. Гордеев, Д. Ю. Двинин // Известия высших учебных заведений. Уральский регион. – 2015. – № 2. – С. 43-49.
2. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2019 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mineco.gov74.ru/>.
3. Мониторинг мелкодисперсных взвешенных аэрозольных частиц, рассеянных в приземном слое атмосферного воздуха г. Челябинска [Текст] / Д. А. Попова, О. В. Ракова, С. В. Гаврилкина, Т. Г. Крупнова // Металлогения древних и современных океанов. – 2021. – Т. 27. – С. 173-174.
4. Сайт администрации города Челябинск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cheladmin.ru/>.
5. Сибиркина, А. Р. Анализ снега с озера Смолино Челябинской области как способ получения оперативной информации о качестве атмосферного воздуха в промышленном городе [Текст] / А. Р. Сибиркина, А. А. Погодина // Биохимические инновации в условиях коррекции техногенеза биосферы: труды Международного биогеохимического Симпозиума, посвященного 125-летию со дня рождения академика А.П. Виноградова и 90-летию образования Приднестровского университета. – Тирасполь: Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, 2020. – С. 199-207.
6. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.meteorf.ru/>.
7. Elemental composition of PM_{2.5} and PM₁₀ and health risks assessment in the industrial districts of chelyabinsk, south ural region, Russia [Text] / T. G. Krupnova, O. V. Rakova, K. A. Bondarenko, A.F. Saifullin, D.A. Popova, S. Potgieter-Vermaak, R.H.M. Godoi // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – Vol. 18. – No 23. – DOI: 10.3390/ijerph182312354.
8. Evaluating urban sustainability potential based on material flow analysis of inputs and outputs: A case study in Jinchang City, China [Text] / Li Y., Beeton R.J.S., Halog A., Sigler T. // Resources, Conservation and Recycling. – 2016. – Vol. 110. – P. 87–98. – DOI:10.1016/j.resconrec.2016.03.023.
9. Road dust trace elements contamination, sources, dispersed composition, and human health risk in Chelyabinsk, Russia [Text] / T.G Krupnova., O.V Rakova., S. V Gavrilkina., E.O Baranov., O.N. Yakimova, E.G. Antoshkina // Chemosphere. – 2020. – Vol. 261. – P. 2–11. – DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.127799.

ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫЕ (LEMNACEAE)

Барановская А.Ю.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящий момент одной из актуальных проблем геоэкологии и экогеохимии является поиск индикаторов состояния окружающей среды, отличающихся универсальностью, объективностью и высокой степенью встречаемости в различных природно-климатических районах. Особое внимание уделяется именно поиску биоиндикаторов, которые могут быть наиболее чувствительными по отношению к ряду других объектов не живой природы, а также отражать степень влияния эколого-геохимических обстановок среды на живой организм. Поиск

подобных индикаторов особенно необходим для урбанизированных территорий, которые могут отличаться высоким техногенный прессингом.

Рясковые (Lemnaceae) - водное растение, представляющие большой интерес как со стороны фундаментальных так и прикладных наук уже в течении 50-ти лет. Семейство рясковые имеют повсеместное распространение и отличаются простым морфологическим строением [8]. Рядом исследователей установлена высокая концентрационная способность макрофита по отношению к широкому спектру химических веществ, что позволяет применять растение для очистки сточных вод [7-9]. Данный макрофит отличается способностью реагировать на изменение эколого-геохимического состояния окружающей среды посредством изменения собственного элементного состава в широких интервалах значений. К важнейшим особенностям данного биондикатора относится повсеместная встречаемость, быстрый прирост биомассы, а также произрастание на контакте двух сред (вода и воздух) [6,9].

Целью настоящей работы является определение индикаторных показателей накопления химических элементов в составе растений семейства рясковые, а именно связь элементного состава с местом произрастания и его эко-геохимической обстановкой.

В состав работы положено комплексное исследование природных компонентов озер территории Томской и Новосибирской областей: вода, донные отложения и рясковые. Отбор проб производился во время вегетационного периода макрофита.

Основными аналитическими методами данной работе послужили: инструментальный нейтронно-активационный анализ (аналитик с.н.с А.Ф. Судыко) на базе Томского политехнического университета и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой на базе НОЦ «Вода» ТПУ.

Изучен элементный состав рясковых из двух озер двух типов: гидрокарбонатные кальциевые (Томская область) и гидрокарбонатные натриевые (содовые) (Новосибирская область).

Выполнена статистическая обработка полученных аналитических результатов, исследованы взаимосвязи химических элементов в исследуемых пробах на основе факторного анализа, результаты корреляционного анализа позволили выявить ассоциации элементов в каждом исследуемом природном компоненте.

По результатам построенных граф-ассоциаций химических элементов для исследуемых компонентов содовых озер выявлено присутствие устойчивой связи «Fe-TR-Th». Также для рясковых и донных характерная положительная корреляционная связь между Co, Cs, TR и Th. Значимая связь Cr с REE наблюдается для воды и рясковых в то время как в донных Cr выделяется с Ba (Рис. 1).

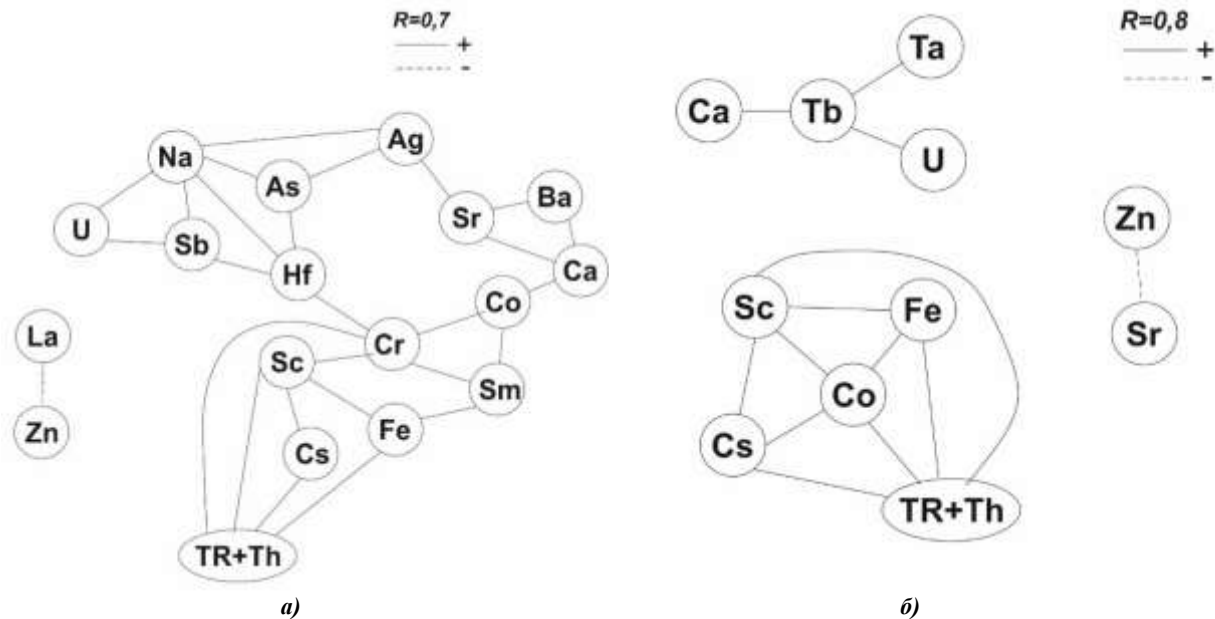


Рис 1. Граф-ассоциации химических элементов в воде (а) и рясковых (б) содовых водоемов (Томская область), по результатам ранговой корреляции Спирмеа-R

Исследуемые содовые озера отличаются более высокими концентрациями U, V, Mo, Zr и As что подтверждается в работах других авторов [5], это может свидетельствовать о значимой роли гидрогеохимической среды в накоплении этих элементов. Стоит отметить, что для содовых характерен повышенный гидролиз алюмосиликатных минералов [5].

Положительная значимая связь урана и натрия, может свидетельствовать о стадии содообразования. Преобладание концентраций натрия по сравнению с остальными катионами (кальцием, магнием и калием) в водах начинается с момента осаждения карбонатных минералов и глин [1].

Стоит обратить внимание на характер распределения РЗЭ в природных компонентных исследуемых территориях. Для анализа характера распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в воде, рясковых и донных отложениях содовых водоемов Новосибирской области выполнено нормирование валовых содержаний РЗЭ в исследуемых объектах к РААС [4], результаты распределения РЗЭ в исследуемых средах представлены на Рис. 2.

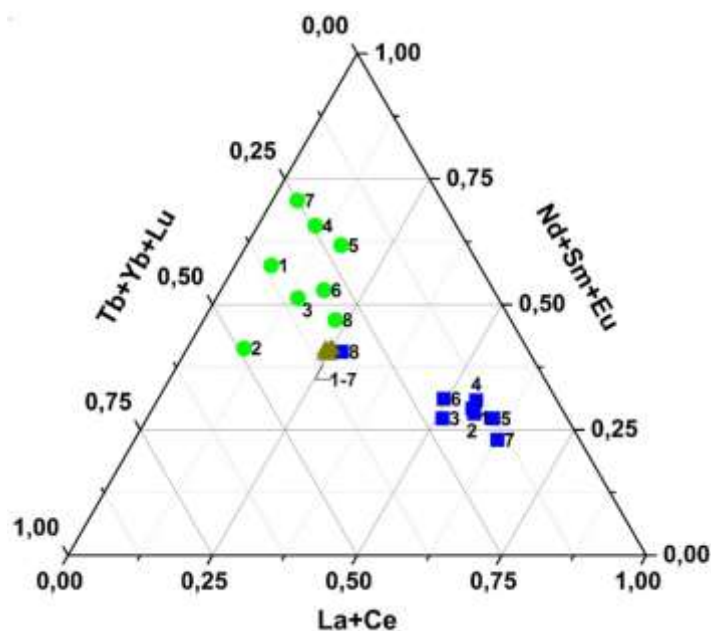


Рис. 2. Тройная диаграмма распределения РЗЭ в воде, рясковых и донных отложениях содовых водоемов Новосибирской области

1 – Барчин, 2 – Ярголь, 3 – Мостовое, 4 – Жилое К, 5 – Цыбово, 6 – Бол, Кайлы, 7 – Песчаное, 8 – Чистое

В отношении Томской области, геохимическая ситуация накопления РЗЭ рясковыми частично соотносится с водой. Рясковые карбонатных вод характеризуются доминированием средней группы лантаноидов в составе, за исключением макрафитов из 3х населенных пунктов, где наблюдается рост концентраций тяжелых лантаноидов (Озерное и Боровое озеро (Колпашевский район), Пионерный (Каргасокский район).

Известно, что основными физическими параметрами, определяющими формирование комплексов РЗЭ в водах, являются кислотность (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Еh), температура, а также атомный номер элемента, определяющий индивидуальные свойства лантаноида. [2].

Проанализирован элементный состав рясковых относительно геохимической специализации исследуемой территории, определена зависимость элементного состава рясковых от металлогении района ее произрастания.

Для каждой группы рясковых, произрастающей на территории того или иного геохимического типа, рассчитаны геохимические ряды относительно кларка ноосферы [3], сводные результаты которых представлены в таблице.

Таблица 1

Характер концентрирования хим. элементов рясковыми в зависимости от геохимического типа района произрастания

Геохимический тип территории произрастания	Кк>10	Кк от 10 до 8	Кк от 5 до 8	Кк от 3 до 5	Кк от 1 до 3
Литофильно-сидерофильный	Pb, Mn	Ba, Bi, Au	P, B	Sr, Ag	Ag, Te, As, Cd, K, Co, Br
Халькофильно-литофильный	Pb, P, Mn	B, Bi		Ba, Ag, Au	Sr, K, As, Te, Mo, Br, Cd, Se
Сидерофильный-халькофильный	Pb, Au, B, Mn	P	Cr	Ba, Mo, Sr, Ag, Te	As, Bi, K, Ca, Se, Br, Cs, Zn
Литофильный	Ag, Pb, B, P	Au		Ba, Te, Sr	Br, Mo, K, As, Bi, Ca

Микроэлементный состав растений семейства рясковые характеризуется высокой информативностью относительно экогеохимического состояния среды произрастания. Полученные результаты элементного состава рясковых на территории Томской области позволили установить внутрорегиональную специфику концентрирования элементов макрофитом. Элементный состав исследуемого растения отражает преимущественно терригенную составляющую, что подтверждается результатами металлогенических исследований, при этом вода, которая является

местом произрастания растения, также имеет существенную роль на характер концентрирования им элементов, Все это необходимо учитывать при использования рясковых в качестве индикатора состояния окружающей среды.

Литература

1. Борзенко С. В. Закономерности поведения некоторых микроэлементов в минеральных озерах Восточного Забайкалья [Текст] / С.В. Борзенко, И.А. Фёдоров // Успехи современного естествознания. – 2019. – №. 1. – С. 69-74.
2. Геохимия и фракционирование редкоземельных элементов и иттрия в термальных водах месторождения паратунка (Камчатка) [Текст] / Н.А. Харитоновна, Челноков Г.А., И.В. Брагин, А.В. Асеева, О.В. Чудаев, А.В. Корзун, В.В. Фунникова // Подземные воды востока России. – 2018. – С. 512-517
3. Глазовский, Н. Ф. Техногенные потоки веществ в биосфере [Текст] / Н. Ф. Глазовский // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 7–28.
4. Континентальная кора: ее состав и эволюция [Текст] / С. Р.Тейлор, С. М. Мак-Леннан/ – М.: мир, 1988. – 384 с.
5. Уран, литий и мышьяк в соленых озерах Восточного Забайкалья [Текст] / С.В. Борзенко, Л.В. Замана, В.П. Исупов, С.С. Шацкая //Химия в интересах устойчивого развития – 2017. – Т. 25. – №. 5. – С. 479-488;
6. Ekperusi A. Application of common duckweed (Lemna minor) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective [Text] / A. Ekperusi, F. Sikoki, E. Nwachukwu // Chemosphere. – 2019. – Т. 223. – P. 285-309;
7. Favas, P. J. Biogeochemistry of uranium in the soil-plant and water-plant systems in an old uranium mine [Text] / P.J. Favas, J. Pratas, S. Mitra, S.K.Sarkar, P. Venkatachalam, //Science of the Total Environment. – 2016. – Т. 568. – P. 350-368;
8. Landolt, E. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae), Vol. 4: the family of Lemnaceae-a monographic study, Vol. 2 (phytochemistry, physiology, application, bibliography) [Text] / E.Landolt, R. Kandeler // Veroeffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Ruebel (Switzerland). – 1987;
9. Sasmaz M. Bioaccumulation of uranium and thorium by Lemna minor and Lemna gibba in Pb-Zn-Ag tailing water [Text] / M. Sasmaz, E. Obek, A. Sasmaz // Bulletin of environmental contamination and toxicology. – 2016. – Т. 97. – №. 6. – P. 832-837;

РАДИОЦЕЗИЙ И СТРОНЦИЙ-90: ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯТЦ

Бектенов Д.Е.

Научный руководитель профессор Языков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Огромное использование атомной промышленности в мирных и военных целях привело к крупной экспансии техногенных радионуклидов на биосферу. Особое внимание стоит уделить таким изотопам как цезий-137 и стронций-90.

Образование радиоцезия происходит при делении ядер атомов плутония и урана, поступление цезия в природу происходит при ядерных взрывах и работе ядерных реакторов. Цезий-137 обладает высокой способностью миграции во внешней среде. Главным источником поступления ¹³⁷Cs человеку являются продукты питания.

В организме человека цезий накапливается в мышцах, сердце, печени. При проведении исследовании связанных с влиянием на человека, показало, что цезий-137 в избытке приводит к нарушению работы сердечно-сосудистой, нервной системы, изменению показателей крови [1].

Радиоактивный изотоп стронция как вышеуказанный изотоп образуется при ядерных взрывах и работе ЯТЦ.

Основным место накопления изотопа стронция в природе является почва, его свойства миграции проходит как в горизонтальном, так и вертикальном направлении. Поступление стронция человека проходит по пищевым цепочкам.

Процесс попадания стронция-90 в растения проходит через листья и корни. К человеку данный изотоп поступает в виде коровьего молока и рыбы [5]. Избыток стронция-90 может вызвать ряд заболеваний, связанных с костной тканью: «стронцевый рахит» и «уровская болезнь».

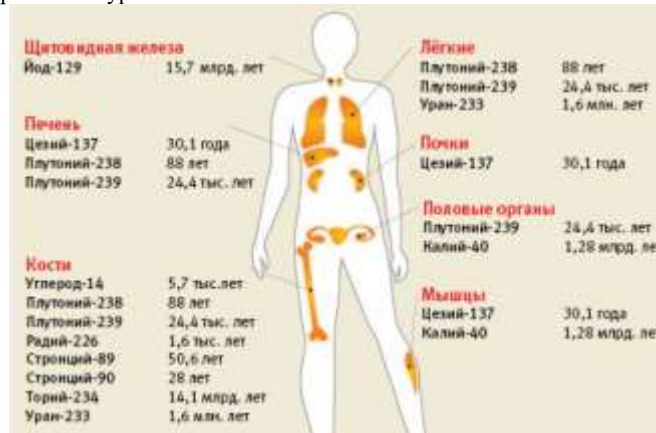


Рис. 1. Места накопления радионуклидов в организме человека и период полураспада [5]

Изучая ситуации, связанные с выбросом радионуклидов, стоит выделить: 29.09.1957 – взрыв на Химическом комбинате «Маяк», 1949-1991 годы испытания ядерного оружия на СЯЯП, 26.04.1986 авария на ЧАЭС, 06.04.1993 взрыв на СХК, 11.03.2011 авария на АЭС «Фукусима».

Наиболее серьезной аварией в атомной энергетике за всю историю человечества является авария на ЧАЭС, в результате которой значительное количество техногенных радионуклидов попала в окружающую среду. На рисунке 2 показана карта заражения цезием-137 территории Европы и стран СНГ [2].

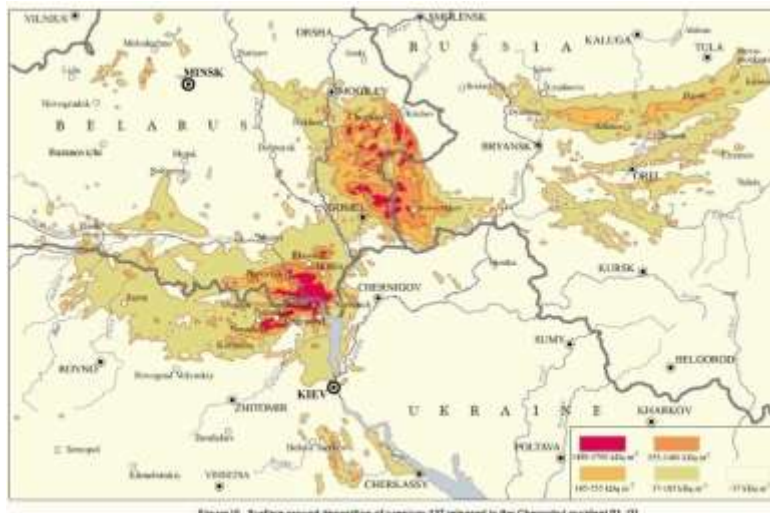


Рис. 2. Карта заражения цезием-137 [2]

Последствия данной трагедии осущаются даже сегодня, высокий уровень онкологических, ишемических заболеваний среди населения приграничных пунктов с зоной ЧАЭС.

Для территории Западной Сибири большое влияние оказали испытания на территории Семипалатинского ядерного полигона. На полигоне с 1949 по 1962 годы проведено 476 ядерных взрывов. По розе ветров С-В выбросы радионуклидов протягиваются по территории нескольких областей Сибирского федерального округа. Ниже показано распределение ^{137}Cs в почвах областей Западной Сибири, значения имеют среднее распределение и незначительная часть значений выше глобального фона [4].

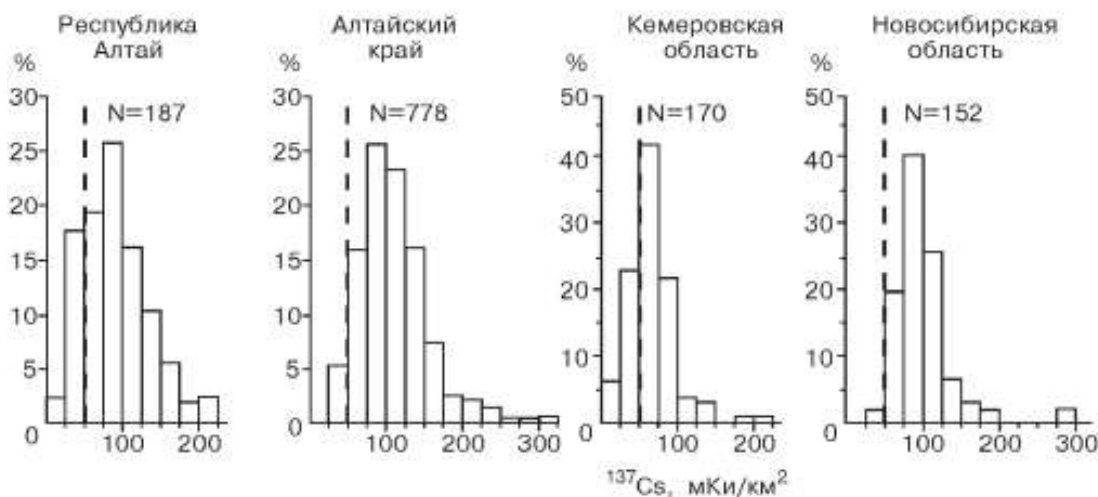


Рис. 3. Распределение запасов цезия-137 в почвах Западной Сибири [4]

На территории Томской области наличие цезия-137 и стронция-90 показано в монографиях Л.П. Рихванова где он уделяет большое внимание данным радионуклидам. На рисунке 4 показано точками, где места отбора проб превышают уровень.

Большое влияние деятельности человека на окружающую среду, ставит новые цели и задачи. Подходы и решения, которые принимаются на сегодняшний день оказывают не полное покрытие данных проблем. Работа в изучении техногенных радионуклидов будет дальше продолжена на примере территории Сибирского химического комбината.

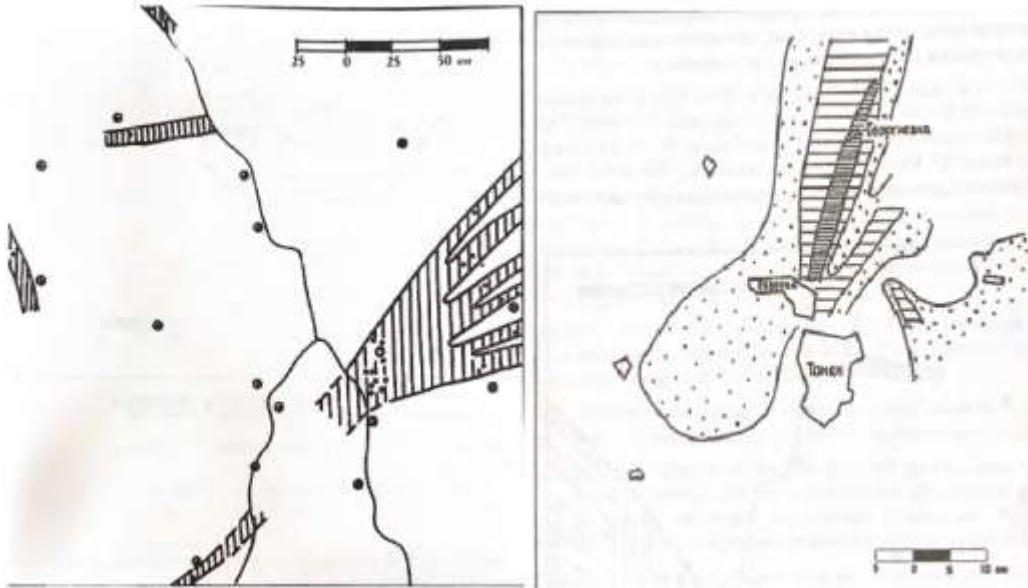


Рис. 4. Схемы распределения цезия-137 и стронция-90 в почвах южной части Томской области [3]

Литература

1. Василенко, И. Я. Радиоактивный цезий [Текст] / И.Я. Василенко, О.И. Василенко // Энергия: экономика, техника, экология. – 2001. - № 7. - С. 16–22.
2. Научный комитет ООН по действию атомной радиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unscear.org/unscear/en/chemobylmaps.html>
3. Рихванов, Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии [Текст] / Томск: Издательство ТПУ, 1997. –384 с.
4. Техногенные радионуклиды в окружающей среде Западной Сибири (источники и уровни загрязнения) [Текст] / Ф.В. Сухоруков, И.Н. Маликова, В.М. Гавшин, С.И. Ковалев, Б.Л. Цербов, М.С. Мельгунов, В.Д. Страховенко, В.М. Цибульчик // Сибирский экологический журнал. - №1. – 2000. – С. 31-38.
5. Samzan.ru Сетевое издание: сайт. – Москва. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://samzan.ru/37391>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕГОВОГО ПОКРОВА И УЛИЧНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА

Беспалова А.И.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современном мире наблюдается активное развитие многочисленных отраслей промышленности, которые оказывают влияние на окружающую среду. Вследствие работы предприятий в атмосферный воздух попадает значительное количество аэрозолей, переносимых воздушными массами на дальние расстояния от первоначального источника [1].

В зимнее время состояние окружающей среды можно оценить с помощью снегового покрова – отличного сорбента и накопителя загрязняющих веществ. Методы оценки территории с помощью снегового покрова известны во многих работах, как в России, так и за рубежом.

В теплое время года актуальным объектом исследования является уличная пыль, заменяющая снеговой покров. Представляет собой осевшие твердые частицы со сложным химическим составом [2]. Уличная пыль используется для оценки территории как индикатор состояния среды [2]. Изучение уличной пыли представляет интерес по большей части в зарубежных странах, например, Китай [8], а в России только набирает популярность. Известны работы в г. Москва [2], в городах Северо-Западной Сибири [6], Челябинске [7].

Томск – промышленный город, имеющий в своем составе различные предприятия. Основными отраслями промышленности в городе являются машиностроение, нефтехимическая и теплоэнергетическая отрасли.

Следовательно, целью работы является изучение минерально-вещественного состава твердой фазы снегового покрова и уличной пыли на территории г. Томска.

Пробы снегового покрова предоставлены научным руководителем. Пробы отобраны по стандартной методике в г. Томске по площадной системе наблюдения [5]. Отбор происходит из шурфа на всю мощность снегового покрова, за исключением 5 см, прилегающих к почвенному покрову. Вес каждой пробы составлял от 15 до 18 кг. Всего отобрана и обработана 101 проба снегового покрова. При подготовке проб происходило таяние снеговых проб при комнатной температуре, фильтрация, высушивание, просеивание и взвешивание проб.

При личном участии автора совместно со студенткой Литвиновой Е.С. осуществлялся отбор проб уличной пыли в соответствии с литературными данными [2]. Отбор происходил в летний период с помощью пластиковой щетки и совка

методом конверта после трехдневного сухого периода [2]. Масса каждой пробы составляла от 200 до 600 г. Расположение точек отбора было сконцентрировано в районах промышленных предприятий и совпадало с точками отбора снегового покрова. При подготовке проб пробы высушивали, очищали от крупных частиц, просеивали (диаметр сита 1 мм) и взвешивали. Количество отобранных и обработанных проб уличной пыли составило 45.

Для изучения минерально-вещественного состава был использован бинокулярный стереоскопический микроскоп Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике (патент № 2229737) сотрудников каф. ГЭГХ (в н.в. отделение геологии) [6].

Исследования снегового покрова с территории города Томска показали преобладание частиц техногенного происхождения (65%). В свою очередь доля природных частиц составила 35%. Из природных частиц были выделены частицы кварца (бесцветные прозрачные частицы разной окатанности), полевых шпатов (призматические частицы белого и розоватого цвета), карбонатов (частицы молочно-белого цвета, полуокатанные), слюды (чешуйчатые с перламутровым отливом), окислы железа (рыжие частицы неправильной формы) и биогенные частицы (растительные остатки) [6]. Из техногенных частиц обнаружены микросферы алюмино-силикатного состава (светлые сферические частицы), металлические микросферы (темные магнитные частицы сферической формы), угольные частицы (черные уплощенной формы с жирным блеском), сажа (рыхлые черные частицы), шлак (бесформенные частицы черного цвета), кирпичная крошка (рыхлые оранжево-красные частицы), синтетические волокна (нитевидные волокна разных цветов).

При изучении уличной пыли также обнаружены природные (42%) и техногенные частицы (58%). Обнаруженные частицы в пробах уличной пыли имеют схожий состав с пробами снегового покрова. Однако отличительной особенностью являются такие техногенные частицы в уличной пыли, как асфальтоподобные (цементированные серые частицы), частицы шин (темные рваные частицы) и стекла (частицы со стеклянным блеском разной окатанности).

При сравнении данных по твердой фазе снегового покрова и уличной пыли было обнаружено, что доля техногенных частиц в уличной пыли меньше на 7% (таблица). Также частицы несколько отличаются по внешнему виду.

Дорожная пыль отличается специфичным составом и не имеет фонового аналога. Для сравнения были взяты образцы почвогрунтов г. Томска, так как они входят в состав уличной пыли и занимают ее значительную часть [2]. Сравнение значений показало, что количество техногенных частиц в уличной пыли (58%) в 1,5 раза, чем в почвогрунтах (38%) [5]. Сравнение проб снегового покрова с фоном [5] показало преобладание техногенных частиц непосредственно в пробах г. Томска (в 3 раза больше, чем в фоновых пробах).

Кроме того, изучена динамика распространения техногенных частиц в снеговых пробах г. Томска. Сравнение результатов показало, что доля техногенных частиц в 2015 году по сравнению в 2007 увеличилась на 3,3 %.

Изучение пространственного распределения техногенных частиц позволило определить их ореолы, приуроченные к промышленным предприятиям города.

В районе размещения ГРЭС-2 увеличилось содержание техногенных частиц в 1,5 раза в 2015 году по сравнению с 2007 г., что может быть связано с изменением топливного баланса на данном предприятии. В северо-восточной части города, где функционируют кирпичные заводы, ореолы частично сохранились и относительно уменьшились (в 1,5 раза) в районах города, где частный сектор сменился на высотные жилые застройки.

Таблица

Минерально-вещественный состав проб твердой фазы снегового покрова и уличной пыли на территории г. Томска, %

Тип частиц	Объект исследования			
	Твердый осадок снегового покрова		Уличная пыль	
	г. Томск	Фон*[5]	г. Томск	Почвогрунты**[5]
Природные частицы:	35	78	42	62
кварц	18	30	17	35
полевые шпаты	9	26	8	10
слюды	1	6	2	4
окислы железа	2	-	5	5
карбонаты	3	4	4	3
биогенные частицы	1	12	4	4
недиагностированные частицы	1	-	2	1
Техногенные частицы:	65	22	58	38
угольная пыль	28	11	13	9
шлак, сажа	11	7	8	11
Al-Si сферулы	8	2	9	3
ферросферулы	7	1	8	4
кирпичная крошка	5	-	7	3
синтетические волокна	5	1	5	2
недиагностированные частицы	1	-	8	6

Примечание: данные бинокулярной микроскопии; «-» – не обнаружено

*заказчик «Томский» и обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН (Таловская А.В., Язиков Е.Г., ...)

** Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В., 2010

Сравнение зимнего и летнего периода показало, что в зимний период преобладают ореолы продуктов сжигания топлива (33%), которые могут быть связаны с работой ГРЭС-2 и мелкими котельными промышленных предприятий города. Ореолы продуктов строительных материалов (8%) обнаружены в зоне влияния кирпичного завода.

Обнаруженные ореолы распределения техногенных частиц в летний период также сохраняются в зоне воздействия крупных предприятий города. Ореолы с повышенным содержанием Al-Si микросферул (8%), шлаковых частиц (10%) наиболее контрастно проявляются в районах размещения предприятий теплоэнергетики.

Таким образом, осуществлен сравнительный анализ минерально-вещественного состава твердой фазы снегового покрова и уличной пыли в г. Томске.

Литература

1. Доклад «Об экологической ситуации в Томской области в 2020 году». – Томск, 2021 г. – 134 с.
2. Касимов, Н.С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Д.В.Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова. – Москва.: АПР, 2016. – 276 с.
3. Минералогия техногенных образований: учебное пособие [Текст] / Е.Г. Языков, Таловская А.В., Жорняк Л.В. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 160 с.
4. Московченко, Д. В. Геохимическая характеристика снежного покрова г. Тобольск [Текст] / Д. В. Московченко, Р. Ю. Пожитков, А.В. Соромотин //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – №. 5. – 156-169 с.
5. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография [Текст] / Е.Г. Языков, Таловская А.В., Жорняк Л.В. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
6. Патент 2229737 Россия, 27.05.2004 / Е.Г. Языков, А.Ю. Шатилов, А.В. Таловская. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами // Патент России № 2002127851.
7. Krupnova, T.G. Road dust trace elements contamination, sources, dispersed composition, and human health risk in Chelyabinsk, Russia [Text] / T.G. Krupnova, O.V. Rakova, S.V. Gavrilkina, E.G. Antoshkina, E.O. Baranov, O.N. Yakimova // Chemosphere. – 2020. – V. 261.
8. Lu, X Multivariate statistical analysis of heavy metals in street dust of Baoji, NW China [Text] / Lu X, Wang L, Li LY, Lei K, Huang L, Kang D. // J Hazard Mater. – 2010. – 744 p.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ЮРГА)

Будаева Ю.С.

Научный руководитель доцент Таловская А.В., ассистент Торосян Е.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Количественная и качественная характеристика состояния воздушной среды зависит от промышленных предприятий территории, а также оказывает влияние на состояние органов дыхательной и кровеносной систем у населения [8]. В г. Юрга функционирует комплекс разноплановых производств (свыше 60% выбросов загрязняющих веществ приходится на обрабатывающий сектор – машиностроение, металлургия, производство строительных материалов). Немаловажное воздействие оказывается при эксплуатации тепловых котлов на ТЭЦ, ответственную за обеспечение теплом жилых и производственных помещений города.

Цель работы – анализ геохимических особенностей твердой фазы снегового покрова с территории г. Юрга. Снеговой покров – природная среда накопления загрязняющих веществ из атмосферного воздуха в течение длительного зимнего периода, он активно используется исследователями в работах в городах [3, 7, 9, 11].

Снегогеохимическая съемка по регулярной сети со сгущением и разрежением точек в зависимости от доступности снега на территории г. Юрга проводилась в 2016 году сотрудниками Юргинского филиала ТПУ (ассистент Торосян Е.С.). Отбор осуществлялся согласно методике создания шурфа. Всего было отобрано 46 проб. Объектом исследования являлись пробы твердой фазы снега, подготовка которых проводилась в соответствии с методическими рекомендациями и включала последовательное таяние снега, очистку снеготалой воды от крупных посторонних включений, фильтрацию через фильтры типа «синяя лента». Пробы сушились при комнатной температуре, затем взвешивались и пропускались через сито с диаметром ячейки 1 мм [2, 5, 10].

Твердая фаза снега с территории г. Юрга была проанализирована инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИ ТПУ (аналитики Судыко А.Ф., Богутская Л.В.). В результате выполнения анализов были определены содержания 28 химических элементов.

Проводился расчет следующих показателей для твердой фазы снегового покрова. Коэффициент концентрации рассчитывался по формуле: $K_c = C/C_\phi$, где C – концентрация химического элемента в пробе (мг/кг); C_ϕ – фоновая концентрация элемента (мг/кг) [2, 5].

Для расчета коэффициента концентрации использовались данные по региональному фону [1, 11], для Zn, Nd, As, Hg – локального фона [9, 12].

Суммарный показатель загрязнения рассчитывался по формуле: $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где n – число элементов с $K_c > 1$ [2, 5]. По значению суммарного показателя загрязнения можно определить степень загрязнения снегового покрова в соответствии с принятой градацией [2, 5]: низкая (менее 64), средняя (64-128), высокая (128-256) и очень высокая (более 256). Данные по содержанию ртути в пробах представлены в соответствии с [6].

В твердой фазе снегового покрова территории г. Юрга наиболее высокие коэффициенты концентрации по сравнению с фоном приходятся на редкоземельные и радиоактивные элементы, а также ряд тяжелых металлов (таблица).

На территории г. Юрга значение суммарного показателя загрязнения повсеместно указывает на высокую степень загрязнения снегового покрова и опасный уровень заболеваемости в соответствии с градациями [2, 3, 5]. Более высокие значения СПЗ в снеге приурочены к районам малоэтажной застройки вблизи промышленной зоны, где размещаются машиностроительный и ферросплавный заводы, а также ТЭЦ, работающая на угле (таблица). Основной вклад в образование аномально высоких СПЗ вносят редкоземельные элементы, Zn, Ba, Co, Ta, Na, U.

Минерально-вещественный анализ проб твердой фазы снега из окрестностей промышленной зоны г. Юрга показал наличие в них большого количества металлических и алюмосиликатных микросферул, а также металлических частиц, содержащих оксиды железа [11]. По литературным данным, в процессе функционирования машиностроительных заводов и металлообрабатывающих производств в атмосферный воздух выбрасывается Fe, Cr и Co [4]. Поэтому были построены карты-схемы пространственного распределения этих элементов (рис.). На карте распределения железа с повышенным уровнем по сравнению со среднегородским содержанием выделяется промзона, откуда элемент распространяется в форме взвешенных частиц в прилегающий к ней частный сектор.

Таблица

Средние значения коэффициентов концентрации элементов в твердой фазе снега и суммарный показатель загрязнения (СПЗ) на территории г. Юрга и в окрестностях её промышленной зоны

Кс	< 1	от 1 до 3	от 3 до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	> 15	СПЗ
г. Юрга	As, Br, Au	Ca, Cr, Fe, Zn, Rb, Sb, Cs, Nd, Eu, Hg	Na, Sc, Co, Lu, Hf	Sr, Ta, Th	Ba, La, Ce	Sm, Tb, Yb, U	179
Промышленная зона	As, Br, Sb, Au	Ca, Cr, Fe, Co, Zn, Rb, Cs, Nd, Eu, Hg	Na, Sc, Lu, Hf, Ta	Sr, Th	Ba, Ce	La, Sm, Tb, Yb, U	182

Ореолы содержания кобальта выше среднего по городу распространены в окрестностях машиностроительного завода и прилегающих дачных участках. Хром распространен в пробах из промзоны, а также вблизи гаражного комплекса на востоке города. В западной части города есть ореол высоких содержаний этих элементов, что может быть связано с эксплуатацией железнодорожных путей.

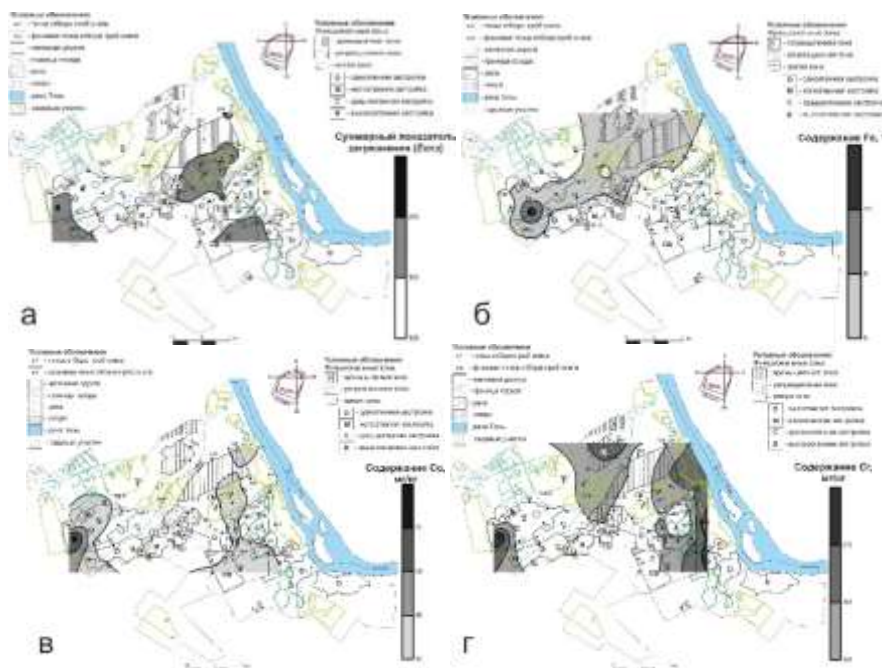


Рис. Карта-схема пространственного распределения суммарного показателя загрязнения (а) и содержаний Fe (б) в %, Co (в) и Cr (г) в мг/кг в снеговом покрове на территории г. Юрга

Примечание: промышленные предприятия промзоны (1-6): 1,5 – машиностроительный завод, 2 – ТЭЦ, 3 – ферросплавный завод, 4 – абразивный завод (закрылся в 2012 г.), 6 – завод по производству минеральной ваты и теплоизоляционных материалов.

Таким образом, снеговой покров в г. Юрга накапливает химические элементы, характерные для выбросов от предприятий машиностроения и металлообработки. С загрязненных районов города элементы могут перемещаться в другие районы в составе взвешенных частиц.

Литература

1. Будаева, Ю.С. Техногенные частицы в твердом осадке снега как индикаторы загрязнения городской территории (г. Юрга, Кемеровская область) [Текст] / Ю.С. Будаева, А.В. Таловская // Геоэкология: теория и практика: сборник научных трудов Всероссийской студенческой конференции с международным участием. – 2020. – С. 72 – 80.
2. Геохимия окружающей среды [Текст] / Саев Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. - М.: Недра, 1990. - 335 с.
3. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы [Текст] / Н.С. Касимов [и др.] // Вестник Московского университета серия география. – 2012. – № 4. – С. 14 – 25.
4. Конструкционные материалы, используемые в машиностроении: учебное пособие [Текст] / Е.В. Агеева, А.А. Горохов. – Курск: Изд-во «Университетская книга», 2014. – 127 с.
5. Методические рекомендации, по геохимической оценке, загрязнения территории городов химическими элементами. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
6. Оценка ртутной нагрузки на территорию г. Юрга по данным изучения снежного покрова / Е.С. Торосян, А.В. Таловская, Е.А. Никулина, Е.Г. Язиков, Е.Е. Ляпина // Современные направления развития геохимии: материалы Всероссийской конференции с международным участием. – 2017. – С. 132 – 133.
7. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография [Текст] / Е.Г. Язиков, Таловская А.В., Жорняк Л.В. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
8. Петров, Б.С. Эколого-эпидемиологическая оценка влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе на развитие болезней системы кровообращения [Текст] / Б. С. Петров // Экология человека. – 2011. - № 6. – С. 3 – 7.
9. Ртуть в пылеаэрозолях на территории г. Томска [Текст] / А.В. Таловская [и др.] // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 2. – С. 30 – 34.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. Введ. с 01.07.1991. М.: Росгидромет, 1991. 693 с.
11. Филимоненко, Е.А. Минералогия пылевых аэрозолей в зоне воздействия промышленных предприятий г. Томска [Текст] / Е.А. Филимоненко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 760 – 765.
12. Филимоненко Е.А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области): Дис. ... канд. геол.-мин. наук. / Филимоненко Екатерина Анатольевна – Томск, 2015 г. – 152 с.
13. Шатилов, А. Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. / Шатилов Алексей Юрьевич. – Томск, 2001. – 24 с.
14. Язиков Е.Г., Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: Автореферат диссертации на соискание д-ра геол.-мин. наук. / Язиков Егор Григорьевич. - Томск, 2006 г. – 47 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ПОМЕЩЕНИЙ ПОСТОЯННОГО ИЛИ ВРЕМЕННОГО ПРЕБЫВАНИЯ СТУДЕНТОВ) Ващешина А.И.

Научный руководитель доцент Хващевская А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Среда обитания человека - совокупность объектов, явлений и факторов окружающей (природной и искусственной) среды, определяющая условия жизнедеятельности человека [3]. Микрофлора - важный компонент воздушной и водной среды, которые в свою очередь составляют среду обитания человека и встроены в понятие «нормальной жизнедеятельности человека», а также параметр, отражающий санитарно-эпидемиологическое состояние среды и соответственно благополучие населения [1,2]. Согласно ФЗ № 52 санитарно-эпидемиологическое благополучие населения - состояние здоровья населения, среды обитания человека, при котором отсутствует вредное воздействие факторов среды обитания и обеспечиваются благоприятные условия жизнедеятельности людей.

Известно, что большую часть своего времени человек находится в помещении – в месте проживания или на своём рабочем месте, следовательно, там должна быть чистая воздушная среда и безопасный источник питьевого водоснабжения. В этой связи актуально исследование микробиологической обсемененности воздуха и воды мест регулярного пребывания человека.

В основу работы положены данные по исследованию обсеменённости воздушной среды и микробиологического состава воды в помещениях постоянного или временного пребывания студентов Томского политехнического университета (20 учебный корпус, общежития университета по адресу ул. Вершинина, 37, Усова, 15Б и квартира на ул. Мичурина, 99А), полученные в сентябре - октябре 2021 г. Исследования проводились в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета под руководством инженера-микробиолога, к.г.-м.н. - Наливайко Н.Г. и при участии автора.

Для выявления микроорганизмов в воздушной и водной средах проводился посев образцов на твердую питательную среду – мясо - пептонный агар, как наиболее подходящую для широкого круга физиологических групп микроорганизмов. Процедура определения бактерий проводилась в соответствии с требованиями методики [4]. Всего исследовано 3 пробы воды и 11 проб воздуха.

Анализ вод осуществлялся посевом 1 мл образца и его последующей инкубацией в термостате при температуре 25 и 37 °С. При данных условиях вырастает 2 группы организмов – мезофильные и психрофильные

сапрофиты, имеющие определенный ареал обитания, ограниченный температурой. При 37⁰С градусах вырастают микроорганизмы, предпочитающие обитать в теле животных и человека, и их физиологических жидкостях, попадая в организм человека могут вызывать заболевания. Их наличие в среде обитания указывает на неблагоприятное санитарно-гигиеническое состояние объекта исследования.

Наличие психрофильных сапрофитов, в том случае, когда они превышают количество мезофильных, указывают на санитарное благополучие, при этом психрофильные сапрофиты являются неотъемлемой и широко распространенной физиологической группой, приспособленной к условиям окружающей среды.

Анализ микрофлоры воздушной среды был проведен следующим образом: открытая чашка Петри с мясо - пептонным агаром в течение 10 минут стояла в помещении пребывания студентов. Затем чашка с посевом помещалась в термостат для культивирования при температуре 25 ⁰С.

Следует заметить, что визуализировать микробные клетки сложно из-за их мелких размеров, недоступных невооруженному человеческому глазу, поэтому при работе использовались колонии микроорганизмов, которые образуются делением клетки в процессе инкубирования.

По истечении инкубационного периода (от 1 до 7 суток) проводился подсчет выросших колоний микроорганизмов с учетом их морфологических форм (величина, цвет, форма и размер колоний, консистенция и пр.). Результаты по количеству микроорганизмов в исследуемых водах представлены в таблице.

Таблица

Количество колоний в водопроводной воде

Место отбора проб	Количество бактерий, кл/мл	
	Мезофильные сапрофиты (при 37 ⁰ С)	Психрофильные сапрофиты (при 37 ⁰ С)
Норма для чистой воды	< 50	< 100
ул. Мичурина, 99А	0	0
ул. Вершинина, 37	13	0
ул. Усова, 15Б	3	0

Анализ данных, представленных в таблице, показал, что больше всего бактерий в водопроводной воде по адресу – ул. Вершинина, 37, но их количество не превышает нормативного значения и вода является безопасной для использования. Это может быть связано с тем, что водопроводная система по данному адресу проложена давно и не обновлялась в последнее время, следовательно, в ней развилось большее количество бактерий, а по адресу ул. Мичурина, 99А ситуация противоположная, дом сдан в эксплуатацию относительно недавно, водопроводная система новая, поэтому бактерии в пробах отсутствуют.

Также, по указанным выше адресам, было проведено исследование обсеменённости воздушной среды в разных местах комнаты: центр, окно, входная дверь. Проведенные исследования показали количественное различие микробов в воздухе этих мест, что связано с условиями обитания микроорганизмов. Пейзажи микробиологической обсемененности воздуха представлены на рисунке.

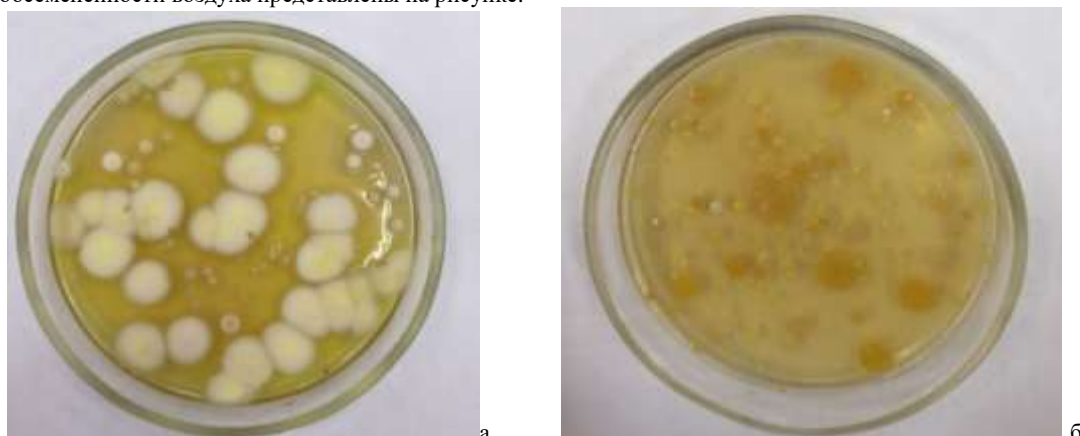


Рис. Пейзажи микробиологической обсеменённости воздуха:
а) ул. Мичурина, б) ул. Усова

По адресу – ул. Вершинина, 37 бактериальные колонии не выросли, что говорит о чистоте воздуха, как и по адресу – ул. Мичурина, 99 А, в центре комнаты. В тоже время в пробе, взятой у окна, на улице Мичурина выросли преимущественно колонии плесневых грибов диаметром от 1 до 15 мм, что связано с повышенной влажностью воздуха, в районе взятия пробы.

Наиболее красочный бактериальный пейзаж получился по адресу – ул. Усова, 15 Б. В данном образце выделено 6 морфотипов бактерий, что указывает на разнообразие источников поступления пылевого загрязнения в помещение и на отсутствие в нем регулярной влажной уборки. Преобладающий тип - желтого цвета, выпуклые, диаметром 1-2 мм, общее количество – 70 колоний. Всего на исследуемой территории в 1 м³ воздуха содержится 115

колоний. Отмеченный факт указывает на то, что воздух в помещении по данному адресу загрязнён и для его очищения желательно чаще проветривать комнату и проводить в ней влажную уборку.

Местом довольно длительного пребывания студентов являются помещения университета, поэтому был проведен анализ воздушной среды 20 учебного корпуса Томского политехнического университета. Посевы проводились в сентябре 2021 года.

Визуальное наблюдение микробиологических пейзажей воздушной среды ряда точек наблюдения показало внешнее сходство между ними. Все посевы включают протей (анаэробная бактерия), что указывает на относительную запыленность воздуха. Последняя может быть связана с попаданием уличной пыли в помещение, приносимой студентами на своей одежде и обуви с улицы. Отмеченная особенность характерна для осеннего периода, когда и проводились наблюдения.

В помещениях мужской и женской туалетной комнат также присутствует протей, так как в них хранится инвентарь для уборки помещений. В мужской туалетной комнате дополнительно присутствуют колонии воздушных бактерий.

Незначительное присутствие бактериальных колоний в воздухе 20 корпуса ТПУ можно связать с неблагоприятной эпидемиологической обстановкой в мире, помещения тщательно обрабатываются, а студенты соблюдают меры предосторожности.

Таким образом, исследование микрофлоры воздуха и воды в местах пребывания студентов показало, что качество воды и воздуха благоприятно и угрозы для жизнедеятельности не наблюдается. Создание более комфортной воздушной среды в помещениях их проживания возможно при регулярной влажной уборке и проветривании помещений.

Литература

1. Здоровье населения и среда обитания // Ежемесячный научно-практический рецензируемый журнал.
2. Мареев И. А. Качество питьевой воды как глобальная экологическая проблема [Текст] / И. А. Мареев // Молодой ученый. – 2020. – № 50 (340). – С. 402-403. URL: <https://moluch.ru/archive/340/76555/>
3. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52 [принят Государственной думой 12.03.1999 г., одобрен Советом Федерации 17.03.1999 г.]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Практикум по микробиологии: Учебн. Пособие для студ. Высш. учебн. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Академия, 2005. 608 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ОТХОДОВ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Виноградова К. И.

Научный руководитель доцент Алексеенко А. В.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Процессы деградации почв заметны не так сильно, как загрязнение воды и воздуха или вырубка лесов, однако от этого они, а точнее их последствия, не становятся менее губительными для нас. «Тихий кризис планеты» - так процесс разрушения почвенного плодородия назвал Лестер Браун, руководитель Вашингтонского Института всемирного наблюдения [13]. Довольно ёмко описывается роль почвы в книге французского ученого Жана Дорста «До того, как умрет природа»: «Почва – наш самый драгоценный капитал. Жизнь и благополучие всего комплекса наземных биоценозов, естественных и искусственных, зависит в конечном итоге от тонкого слоя, образующего самый верхний покров Земли» [4,6]. Едва ли не самой острой задачей современной мировой экологической политики должно стать сохранение почвенного покрова Земли – именно это следует понять человечеству.

Площадь нарушенных земель в России уже составляет 1,076 млн гектаров [1]. Масштабы деградации российских почв не могут не пугать. Нарушенные, эродированные, истощенные, загрязненные и инфицированные, земли превращаются в ксеноценозы, свалки муниципальных и промышленных отходов. Десятки миллионов гектаров ранее продуктивных пахотных угодий заброшены и переведены в залежи. Восстановление биопотенциала почв возможно благодаря использованию таких способов, как: внесение удобрений, использование осадка сточных вод, обработка микробиологическими и гуминовыми препаратами и др. [7]

Мы хотим предложить другой вариант рекультивации. Он основан на применении компоста из жома – отхода сахарного производства. Сахарное производство – одна из самых материалоёмких и энергоёмких отраслей аграрно-промышленного комплекса. Объём сырья и вспомогательных материалов здесь в несколько раз превышает выход готовой продукции [2]. Связано это с увеличением перерабатывающей способности сахарных заводов и последующим увеличением площадей, занятых сахарной свёклой в хозяйствах. Как следствие, огромные объёмы вторичных продуктов остаются невостребованными и гниют в жомовых ямах или на полях, чего допускать категорически нельзя. Поэтому не теряет остроты вопрос утилизации отходов, в особенности жома, являющегося отходом пятого класса опасности [8, 12].

Существуют следующие способы утилизации свекловичной стружки. Первый - использование в качестве корма для крупного рогатого скота. Но животноводство не в силах потребить весь продукт в связи со значительным сокращением поголовья скота и быстрой порчей сырого жома. Потому появился второй способ – приготовление компоста, используемого в дальнейшем в качестве удобрения. Затем были изобретены и воплощены в жизнь такие

направления утилизации, как: гранулирование, извлечение пищевых волокон, получение нанокристаллической целлюлозы, пектинового клея, полуфабрикатов, биогаза, картона и бумаги [3, 5, 9, 10, 11]. Наиболее перспективным способом мы считаем компостирование. Вероятно, компост из жома мог бы восстанавливать нарушенные земли. И цель нашего исследования – проверить правильность выдвинутой гипотезы.

Для компостирования использовался свекловичный жом, образующийся при переработке сахарной свёклы на крупнейшем сахарном заводе страны – АО «Успенский сахарник» (Краснодарский край). Закладывался компост следующим образом: жом предварительно был обработан известковым молоком (раствор негашёной извести в воде), затем слои стружки (2–3 см) пересыпались вытяжкой из целинного типичного чернозёма (2–3 см) и проливались растворами микробиологических препаратов (100 мл препарата на 10 л воды). Ежедневно измерялись влажность, температура, освещённость и pH полученных субстратов.

На данный момент выполнен лабораторный этап исследования и подготовлена смесь для эксперимента на пробной площадке. Промежуточные результаты следующие: почвы – слабокислые и нейтральные, зольность гранулированного жома – 4,18 %, влажность – 8%. Планируется в ближайшее время исследование элементного состава жома, а также проверка полученных почв на опытном участке нарушенных земель в Республике Адыгея. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании работ по использованию выработанных и законсервированных карьеров с целью утилизации бытовых отходов и восстановления нарушенных земель.

Литература

1. Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году». – М.: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии; Росреестр, 2020. – 206 с.
2. Гурин, А.Г. Жом как ценнейший продукт сахарного производства [Текст] / А. Г. Гурин, Ю. В. Басов, В. В. Гнеушева // Russian agricultural science review. – 2015. – № 5–1. – С. 251–255.
3. Давидович, Е.А. Пищевые свекловичные волокна: производство и использование [Текст] / Е. А. Давидович // Пищевая и перерабатывающая промышленность: реферативный журнал. – 2009. – № 1. – С. 232.
4. Добровольский, Г.В. Тихий кризис планеты [Текст] / Г. В. Добровольский // Вестник РАН. – 1997. – №3. – С. 313–319.
5. Донченко, Л.В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки [Текст] / Л. В. Донченко, С. Е. Ковалева, Н. В. Демина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – №21. – С. 438–446.
6. Дорст, Ж. До того, как умрет природа [Текст] / Ж. Дорст. – М.: Прогресс, 1968. – 604 с.
7. Кожевников, Н. В. Проблема ускоренного почвообразования в рекультивации нарушенных земель [Текст] / Н. В. Кожевников, А. В. Заушинцева // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – Т. 2. – № 1 (61). – С. 26–29.
8. Мищенко Е. В. Экологические проблемы, возникающие при хранении свекловичного жома на сахарных заводах [Текст] / Е. В. Мищенко, Я. В. Мищенко // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы IV международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 139–142.
9. Рециклинг отходов в АПК [Текст]: справ. / И. Г. Голубев, И. А. Шванская, Л. Ю. Коноваленко, М. В. Лопатников. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2011. – 296 с.
10. Технические материалы на основе свекловичного жома [Текст] / Б. А. Кулишов, Л. А. Зимагулова, Л. А. Туан, А. В. Канарский // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18. – №23. – С. 72–77.
11. Перспективные направления использования отходов сахарного производства [Текст] / М. В. Протасова, С. Ю. Миронов, О. В. Лукьянчикова, Л. А. Бабкина // Электронный научный журнал Курского государственного университета. – № 2 (10). – 2016. – С. 32–43.
12. Федеральный классификационный каталог отходов ФККО, утвержденный Приказом Росприроднадзора от 28.04.2015 №360 «О внесении изменений в федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный Приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 №445»
13. Brown, L. State of the World 1984: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society [Text] / L. Brown. – N. Y.: Norton & Co, 1984.

УРОВЕНЬ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОЗОЛЕЙ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА Г. ИСКИТИМ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Володина Д.А.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ежедневно в атмосферный воздух поступают твердые частицы в результате работы промышленных предприятий, в том числе цементных заводов. Загрязняющие вещества способны поступать в атмосферный воздух в результате добычи, транспортировки и помола сырьевых компонентов, обжига, помола сырьевой смеси и транспортировки готовой продукции. Для оценки техногенного воздействия на состояние атмосферного воздуха в данной работе был выбран снежный покров, который является хорошим планшетом-накопителем загрязняющих веществ и используется многими исследователями [1, 3–6] для оценки влияния антропогенной деятельности на состояние окружающей среды.

Целью данной работы является изучение геохимических особенностей аэрозолей, осевших в снеговой покров, в окрестностях цементного завода г. Искитим (Новосибирская область).

Пробы снежного покрова отбирались в окрестностях цементного завода, в районе карьера по добыче сырьевых материалов и в жилом районе города Искитим в 2019 году. Выбор пунктов отбора проб снежного покрова обусловлен господствующим направлением ветра, доступностью отбора проб и ранее проведенными исследованиями [1, 4, 6]. Пробы отбирались методом шурфа на всю мощность снежного покрова, исключая 5 см над почвенным покровом. Вес каждой пробы составлял в среднем 18-20 кг. Всего на исследованной территории было отобрано 16 проб снежного покрова. Работы по отбору и подготовке снежных проб были выполнены согласно методическим рекомендациям [7, 8, 11]. Таяние проб снежного покрова происходило при комнатной температуре, полученная снеготалая вода фильтровалась через бумажный фильтр типа «синяя лента». Твердый осадок снега, полученный после фильтрования и высушивания, просеивали через сито (размер ячеек не менее 1 мм). Далее пробы твердой фазы снежного покрова были изучены методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в ядерно-химической лаборатории МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ были исследованы пробы твердой фазы снежного покрова. Для выделения гранулометрического состава были использованы сита с размером ячеек от 0,02 до 1 мм.

По полученным значениям были рассчитаны показатели для твердой фазы снежного покрова. Расчет пылевой нагрузки на территорию был произведен по формуле: $P_n = \frac{P_0}{S \cdot t}$, где P_0 - масса твердой фазы снега, мг; S - площадь шурфа, м²; t - количество суток от начала снегостава до дня отбора проб. С помощью принятой градации по уровням загрязнения снежного покрова металлами и пылью и соответствующие им градации экологической опасности был определен уровень загрязнения и экологической опасности [9]. Расчет коэффициента концентрации производили по формуле: $K_c = \frac{C}{C_{\phi}}$, где C - содержание элемента в исследуемом объекте, мг/кг; C_{ϕ} - фоновое содержание элемента, мг/кг [9]. Расчет суммарного показателя загрязнения производится по формуле: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где n - число элементов, принятых в расчет при $K_c > 1,5$. Степень загрязнения снежного покрова исследуемой территории оценивается по градации для суммарного показателя загрязнения [9]. Для оценки степени обогащения твердых частиц в снеговом покрове рассчитывались коэффициенты обогащения (K_e): $K_e = (C / C_{\text{норм}})_{\text{проба}} / (C / C_{\text{норм}})_{\text{земн. кора}}$, где C и $C_{\text{норм}}$ - содержание интересующего и нормирующего элементов соответственно в пробе или в земной коре. В качестве нормирующего элемента выбран скандий (Sc) [2].

В результате расчета пылевой нагрузки было выявлено, что средние уровни пылевой нагрузки формируются в север-северо-западном направлении (412,9 мг/(м²·сут)) и в районе расположения карьера по добыче сырьевых материалов (419,4 мг/(м²·сут)). Низкими уровнями загрязнения характеризуются юго-восточное направление (155,9 мг/(м²·сут)) и жилая зона (72,9 мг/(м²·сут)) исследуемой территории.

Расчет коэффициентов концентрации показал, что элементами, превышающими фоновые показатели, являются Ca, Yb, Tb, La, Sm, Ce, U, а также геохимическая специализация представлена элементами-индикаторами выбросов цементной промышленности - Zn, Sb, Cr. Суммарный показатель загрязнения (Z_c) всех изучаемых направлений характеризуется низким уровнем загрязнения.

Гранулометрический состав твердой фазы снежного покрова характеризуется наличием частиц различных размеров. Все изучаемые направления характеризуются наличием в своем составе практически всех фракций: от 0,5 до 0,02 мм. В среднем доля каждой фракции в пробах составляет от 14,2 до 16,6 %. Наибольший интерес вызывают фракции от 0,1 до 0,02 мм из-за возможности переноса частиц таких размеров на дальние расстояния потоками ветра. Обогащение химическими элементами фракций от 0,1 до 0,02 мм имеет интересное распределение. Так, обогащение проб твердой фазы снега Ca - основным маркерным элементом выбросов производства цемента разнообразно: в пробе, расположенной на расстоянии 0,5 км от границ предприятия, наибольшее обогащение Ca приходится на фракцию < 0,02 мм (< 20 мкм), а в пробе, отобранной около карьера по добыче сырьевых компонентов, на фракцию от 0,04 до 0,02 мм (от 40 до 20 мкм) (Рис. 1).

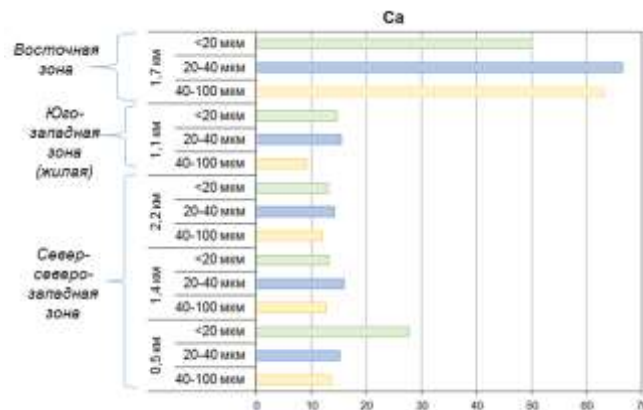


Рис. 1. Коэффициенты обогащения Ca относительно кларка земной коры в различных фракциях твердой фазы снежного покрова в окрестностях цементного завода г. Искитим

Пробы твердой фазы снежного покрова имеют разный характер обогащения элементами-индикаторами выбросов производства цемента, как Cr и Zn (Рис. 2). Наибольшее обогащение Cr наблюдается на расстоянии 0,5 км

от границ предприятия во фракциях размерами < 0,02 мм (<20 мкм). Обогащение проб твердой фазы снегового покрова Zn носит равномерный характер по всем направлениям и фракциям (Рис. 2).

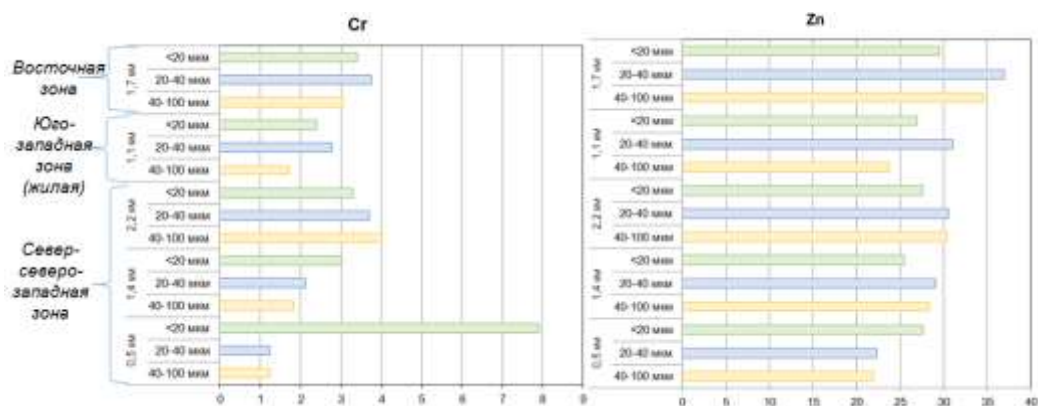


Рис. 2. Коэффициенты обогащения элементами (Cr, Zn) относительно кларка земной коры в различных фракциях твердой фазы снегового покрова в окрестностях цементного завода г. Искитим

Обогащение проб твердой фазы снегового покрова Sb и U носит равномерный характер. Наибольшее обогащение рассматриваемыми химическими элементами выделяется во фракциях размерами от 0,04 до 0,02 мм (от 40 до 20 мкм), в редких случаях выделяются фракции от 0,1 до 0,04 мм (от 100 до 40 мкм) (Рис. 3).

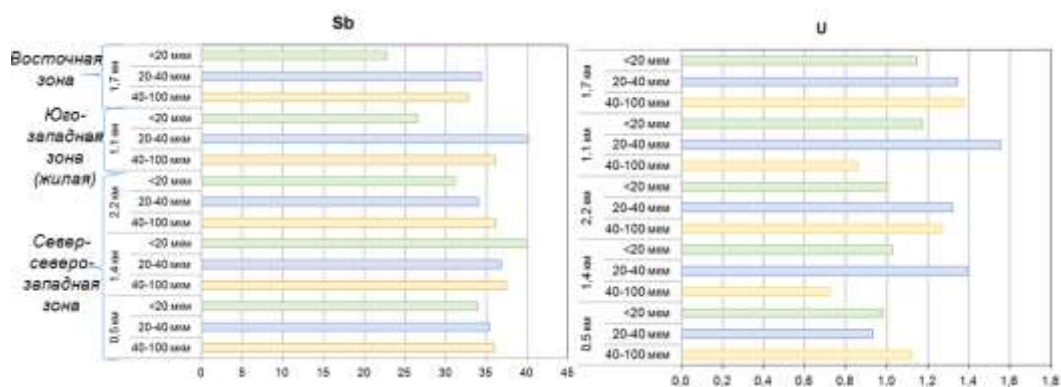


Рис. 3. Коэффициенты обогащения элементами (Sb, U) относительно кларка земной коры в различных фракциях твердой фазы снегового покрова в окрестностях цементного завода г. Искитим

Таким образом, в результате проведенных исследований была определена пылевая нагрузка и элементный состав проб твердой фазы снега в окрестностях цементного завода, рассчитаны коэффициенты обогащения рассматриваемых фракций (от 0,1 мм до 0,04 мм).

Литература

1. Анализ данных наблюдений аэрозольного загрязнения снегового покрова в окрестностях Томска и Северска [Текст] / В.Ф. Рапута, А.В. Таловская, В.В. Коковкин, Е.Г. Язиков // Оптика атмосф. и океана - 2011. - Т. 24, № 1. С. 74-78.
2. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова. – М.: АПР, 2016. – 276 с.
3. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирска) [Текст] / С.Б. Бортникова, В.Ф. Рапута, А.Ю. Девятова, Ф.Н. Юдахин // Геоэкология - 2009. - № 6. – С. 515–525.
4. Морозов, С.В. Оценка выпадений органических и неорганических примесей в окрестностях цементного завода [Текст] / С.В. Морозов, В.Ф. Рапута, В.В. Коковкин // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-Сибирь. – 2019. – Т. 4 – №1 – С. 113–120.
5. Оценка аэротехногенного загрязнения в окрестностях угольных и нефтяных котельных по состоянию снегового покрова (на примере Томской области) / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, Т.С. Шахова, Е.А. Филимоненко // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов – 2016. – Т. 327. – № 10. – С. 116-130.
6. Оценка загрязнения атмосферного воздуха пылью по данным снегосъёмки на основе реконструкции полей выпадений [Текст] / Щербатов А.Ф., Рапута В.Ф., Турбинский В.В., Ярославцева Т.В. // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 2. – С. 42–47.
7. Ревич Б.А., Сает Ю.Е., Смирнова Р.С. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве N 5174-90 – 1990.
8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. – М.: Госкомгидромет, 1991. – 693 с.

9. Саэт Ю. Е., Геохимия окружающей среды // Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин – М.: Недра, 1990. – 335 с.
10. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям «Производство цемента, извести и оксида магния» [Электронный ресурс]. URL: [http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/4f7d066a72e2776d44257d2d00264aa1/\\$FILE/ITS_po_ndt_06.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/4f7d066a72e2776d44257d2d00264aa1/$FILE/ITS_po_ndt_06.pdf)
11. Язиков Е. Г. Разработка методологии комплексной эколого-геохимической оценки состояния природной среды (на примере объектов юга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. - 2011. – Т. 304. – Вып. 1. – С. 325-336

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА

Воронина Ю.С.

Научный руководитель профессор Плюснин А.М.

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН (ГИН СО РАН) г.Улан-Удэ, Россия

Джидинский вольфрам-молибденовый комбинат длительное время разрабатывал несколько месторождений вольфрама и молибдена расположенных в юго-восточной части Восточной Сибири на границе с Монгольской народной республикой. Комбинат был градообразующим предприятием, здесь был образован населенный пункт, который в настоящее время называется г. Закаменск. В 1997 году предприятие было закрыто, но отходы добычи и переработки руд продолжают оказывать негативное влияние на окружающую среду. Сформировавшаяся природно-техногенная система занимает площадь более 100 км². В нее входят отвалы вскрышных пород; хвосты переработки руд; территория обогатительной фабрики; разведочные штольни, из которых изливаются рудничные воды; территория, занятая аварийными сбросами с фабрики и из хвостохранилища. Основная масса твердых отходов переработки (около 40 млн т) складирована в хвостохранилище намывного типа, которое расположено в долине рч. Барун-Нарын. Хвостохранилище эксплуатируется с 1958 года. За прошедший период времени произошло значительное разложение рудной минерализации, оставшейся после переработки руды. В поровых водах, заключенных в песках хвостохранилища, сформировалась агрессивная кислая среда, в растворе накопились различные токсичные химические элементы. Складированные отходы добычи и переработки руд загрязняют воздушную среду на окружающей территории.

Исследования химического состава снежного покрова интересно тем, что снег аккумулирует в себе находящиеся в атмосфере газы и аэрозоли за длительный период времени и по его составу можно установить качественный и количественный состав компонентов поступающих в воздушную среду из отходов горнодобывающего производства. В результате длительной работы горно-обогатительного комбината были образованы обширные площади складирования техногенных отходов производства. В последние годы часть территории была рекультивирована. Основная масса песков была свезена с территории города Закаменск в Барун-Нарынское хвостохранилище. Площадки, расположенные возле обогатительной фабрики и в дельте реки Модонкуль, были перекрыты незагрязненными почвами, на них сформирована травянистая растительность.

Целью нашего исследования было определение главных источников загрязнения атмосферы, установление закономерностей формирования химического состава снежного покрова в районе г.Закаменск, установление качественных и количественных характеристик ореолов загрязнения.

Макрокомпонентный состав снежного покрова отличается высокими содержаниями сульфат-иона (2,63 – 64,97 мг/дм³), аномально высокое содержание зафиксировано в пробе, отобранной в западной части Закаменска (192,23 мг/дм³). Максимальное содержание сульфата зафиксировано в долине р. Мыргеншено (682,57 мг/дм³). Аномально высокими концентрациями выделяются (мкг/дм³): марганец (2200), алюминий (14600), цинк (1260), их содержания превышают ПДК в десятки и сотни раз. Максимальная минерализация талой воды зафиксирована в районе р. Мыргеншено (968,51 мг/дм³), где расположены вскрышные породы карьеров, и вблизи Барун-Нарынского хвостохранилища (88 мг/ дм³), наименьший показатель минерализации – в вблизи истока р. Зун-Нарын (19,45 мг/дм³) и к западу от г.Закаменск. Для большинства проб характерен слабокислый показатель рН. В снежном покрове установлены аномально высокие содержания РЗЭ.

На рисунке 1 представлено распределение редкоземельных элементов в пробах снеговой воды, отобранных в марте 2021 года.

Наблюдаются аномально высокие содержания празеодима, гадолиния, иттербия на относительно ровном фоне распределения большинства лантаноидов. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, так как анализ содержания лантаноидов выполнен в 22 пробах снега методом индуктивно связанной плазмы в сертифицированной лаборатории. Сравнительный анализ полученных результатов показывает идентичные конфигурации диаграмм распределения редкоземельных элементов. Величина аномальности РЗЭ, которая выражается в численной форме как отношение действительного содержания элемента к его предполагаемому, определяемому по соседним элементам, достигает больших значений: Pr/Pr* = 0,453/0,085=5; Gd/Gd* = 0,025/0,003=8; Er/Er* = 0,008/0,002=4; Yb/Yb* = 0,024/0,001=24.

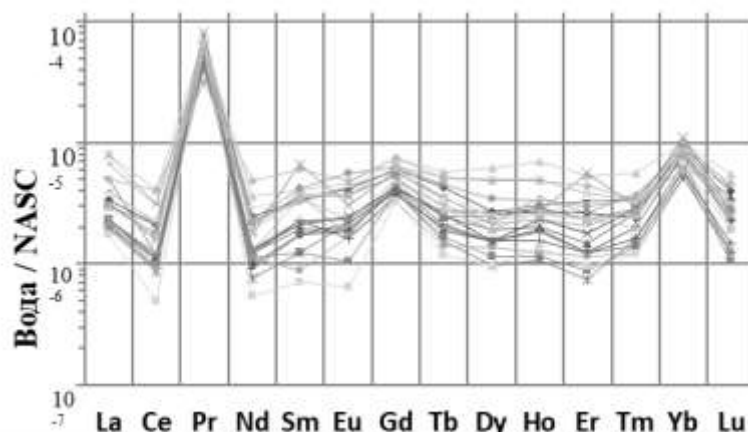


Рис. 1 Распределение редкоземельных элементов в пробах снеговой воды, 2021 г

Несомненно, на загрязнение снегового покрова на этой территории оказывают большое влияние хранилища отходов переработки руд. Нами был исследован химический состав конденсационной влаги собранной над поверхностью Барун-Нарынского и Зун-Нарынского хвостохранилищ. Второе из них формируется при вторичной переработки песков гравитационным способом. В нем установлены существенно большие концентрации сульфат-иона, тяжелых металлов, РЗЭ (рис.2). Нам представляется, что это связано с активизацией окислительного разрушения сульфидной минерализации в толще песков, так как произошло вымывание гипергенных образований и сульфиды оказались доступными для агентов выветривания.

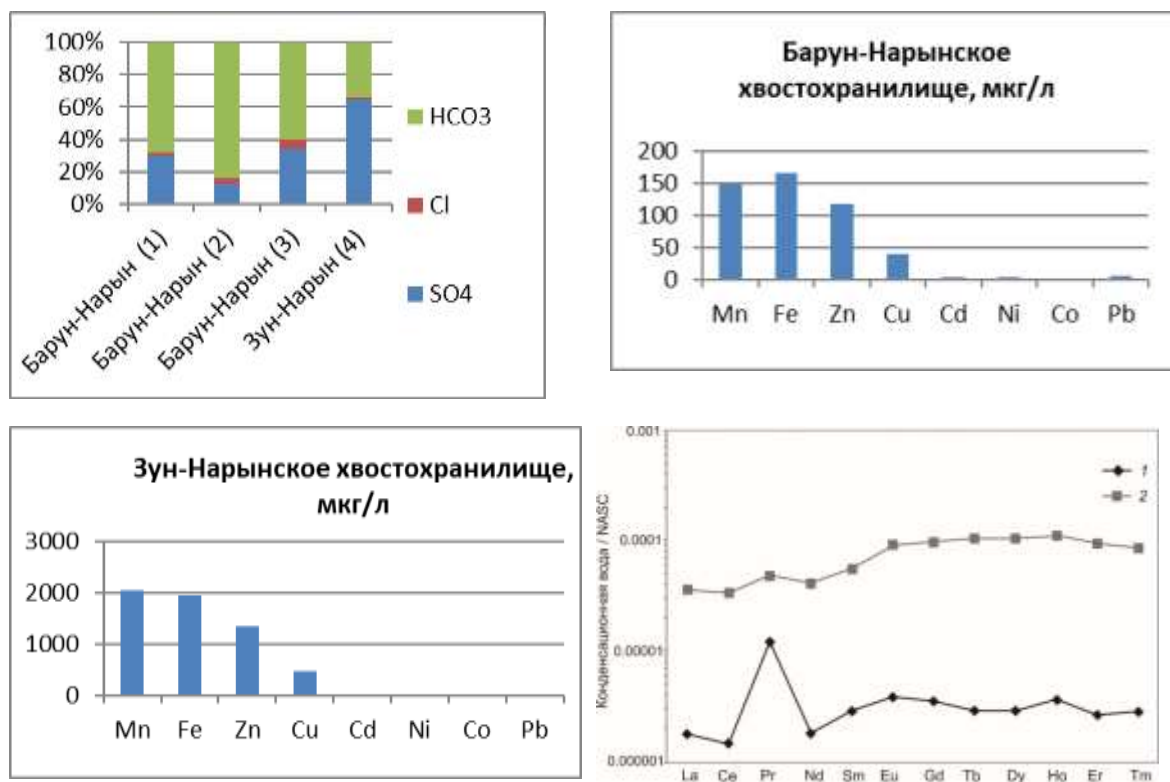


Рис. 2. Макро-микрокомпонентный состав конденсационных вод на Барун- и Зун-Нарынском хвостохранилищах

Примечание: 1– Барун-Нарынское хвостохранилище, 2 – Зун-Нарынское хвостохранилище

График распределения макро-микрокомпонентного состава и РЗЭ на Барун-Нарынском хвостохранилище построен на основании средних значений, полученным по 15 пробам, на Зун-Нарынском хвостохранилище по 5 пробам. Распределение РЗЭ на хвостохранилищах в целом однотипное. Наблюдается преобладание тяжелых РЗЭ над легкими, имеется цериевый, ербиевый минимум, празеодимовый и европиевый максимум. В конденсате Барун-Нарынского хвостохранилища наблюдается anomalно высокое содержание празеодима. Это связано с тем, что

празеодим обладает большой склонностью к комплексообразованию. В нейтральных и кислых водных растворах ионы празеодима находятся в виде аквакомплексов типа $[\text{Pr}(\text{H}_2\text{O})_n]^{3+}$ либо $[\text{Pr}(\text{H}_2\text{O})_n\text{OH}]^{2+}$, где $n = 5-8$. В сульфатных растворах зафиксировано также образование комплексов состава $[\text{Pr}(\text{SO}_4)_n]^{3-2n}$, где $n = 1-3$. На Барун-Нарынском хвостохранилище за длительный период хранения в толще песков накопилось большое количество тонкой фракции продуктов выветривания, на которой интенсивно сорбируются все редкоземельные элементы за исключением празеодима. Установленное соотношение между РЗЭ в конденсационных водах наследуется в содержаниях, наблюдаемых в снежном покрове.

Загрязнение атмосферы над поверхностью отходов добычи и переработки руд генерируется в результате окислительного разложения сульфидной минерализации, протекающей в толще песков.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1. Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока и проекта НОЦ «Байкал».

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Вотинов Е.А.

Научный руководитель доцент Турбаков М.С.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Каким образом геополитическая обстановка в нашей стране повлияла на использование таких радикальных методов интенсификации добычи нефти. В частности, использование камуфлетных ядерных взрывов.

В середине 20-го века советские нефтедобытчики имели технологию, позволяющую извлекать из нефтепластов 20–30 % содержимого количества нефти из всего месторождения.

После испытаний на Осинском месторождении выявился скачок отдачи пласта, который был в 3–4 раза выше в сравнении с теми скважинами, которые находились далеко от зоны трещиноватости. Однако нефть из скважин неподалеку от эпицентра взрыва с использованием ядерных технологий стала радиоактивной, чего не замечалось на других месторождения, на которых была также испытана данная технология.



Рис. 1. Рассредоточения ядерных взрывов с 1945 по 1969 годы

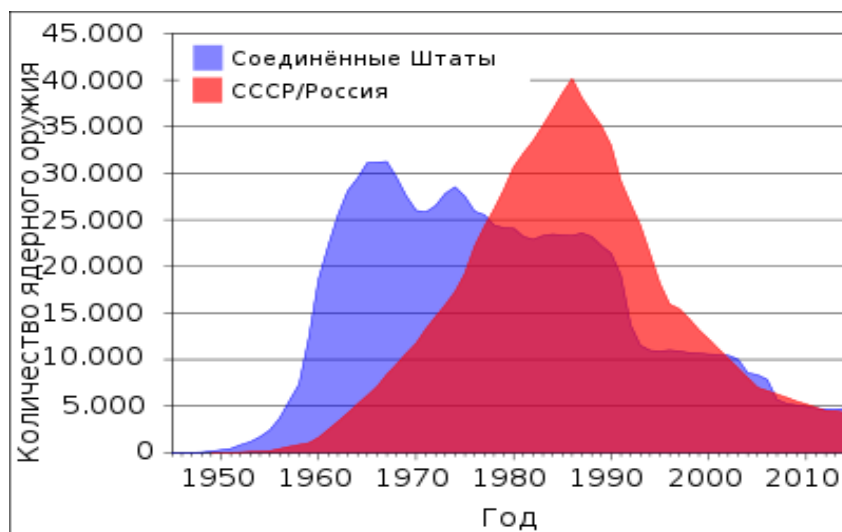


Рис.2. График распределения ядерного оружия во время холодной войны между СССР и США

Литература

1. «Новая газета» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://novayagazeta.ru/>
2. Официальный сайт Нефтегаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://neftegaz.ru/>
3. Алисиевич Л.Н., Кочетков О.С. Способ камуфлетных ядерных взрывов для интенсификации добычи нефти и газа на углеводородном месторождении [Текст]: пат. 2179346 Рос. Федерация : МПК G21J 3/00
4. В.И. Жучихин Подземные ядерные взрывы и добыча нефти [Текст]/ Научная электронная библиотека // Журнал АТОМ №49 - С., 2010 - С. 43-46
5. Кузнецов В.А. Обоснование технологии буровзрывных работ в карьерах и открытых горно-строительных выработках на основе деформационного зонирования взрывааемых уступов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. док. тех. наук (25.00.20) / Кузнецов Виктор Андреевич: Московский государственный горный университет – Москва, 2010. – 46с.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА

Гончаров Г.А.

Научный руководитель доцент Б.Р. Соктоев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение почв тяжелыми металлами является глобальной проблемой [6]. Подавление сформированных экосистем из-за критических значений содержания химических элементов приводит к нарушению экологического баланса [1, 2]. Влияние и связь со всеми компонентами природных сред через почву крайне велико, поэтому так важно выявлять и предотвращать все возможные источники поступления загрязнителей, вызванных деятельностью человека, особенно на урбанизированных территориях [5].

Уфа является одним из главных городов Приволжского федерального округа, крупнейший промышленный центр Республики Башкортостан с населением более 1 миллиона человек, расположенный на так называемом Уфимском полуострове, в междуречье Уфы и Белой, в юго-восточной части Восточно-Европейской равнины. Площадь урбанизированной территории г. Уфы составляет более 250 км².

Нефтяная и химическая промышленность является основой экономики города. В Уфе расположено около 200 крупных и средних промышленных предприятий, таких как: ОАО Уфимское приборостроительное производственное объединение, ОАО «Уфимкабель», Уфимский завод микроэлектроники «Магнетрон», ОАО «Уфимский завод «Промсвязь», «Уфимский завод цветных металлов», Башкирский троллейбусный завод, ООО «Кроношпан», ПАО «ОДК-УМПО». Помимо основных вышеперечисленных предприятий, источниками загрязнения окружающей среды являются ТЭЦ, расположенные, в основном, в северной части города (рис. 1). По последним данным, в результате работы всех предприятий на территории города общая масса загрязняющих веществ, поступивших в атмосферу, составляет 176 тысяч тонн [4].

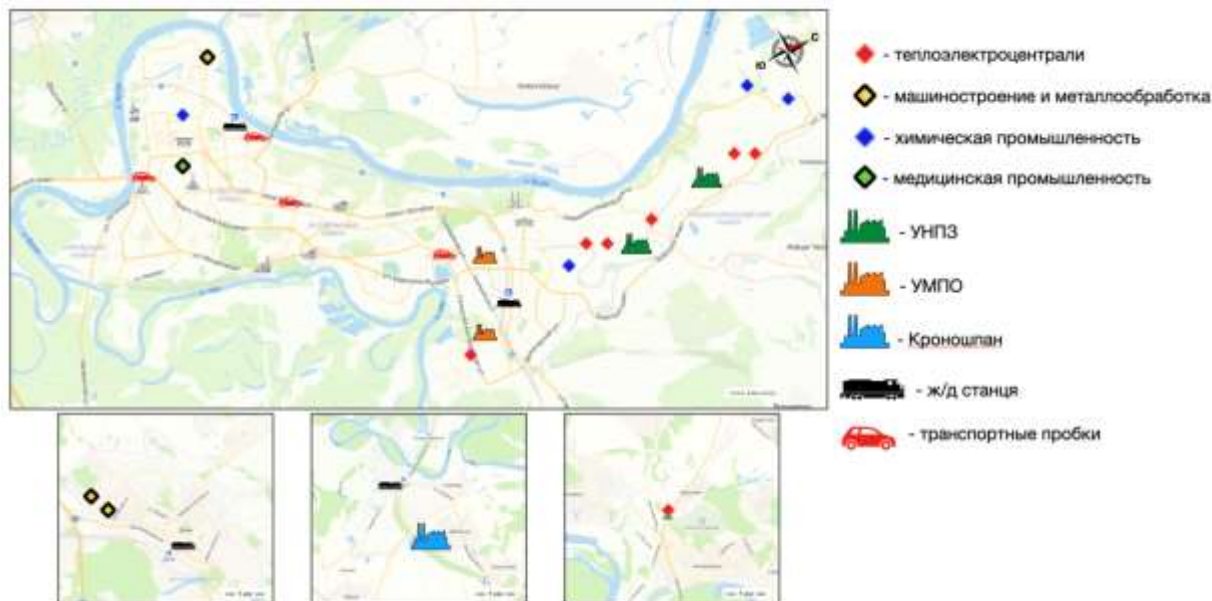


Рис. 1. Карта г. Уфы с указанием крупных промышленных предприятий

В настоящей статье представлены результаты исследования уровней накопления тяжелых металлов в почвах на территории г. Уфа. Пробы были отобраны в августе 2021 г. из верхнего 10-ти см слоя, предварительно очищенного от дернового горизонта, пробоотборной лопаткой, пробы отбирались на основе метода конверта. Отбор проб был выполнен по сети 2,5x2,5 км. Отобранные образцы были проанализированы инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИ ТПУ. Определение содержания ртути в пробах почв проводилось на ртутном газоанализаторе РА 915+ с приставкой Пиро-915+.

Таблица

Статистические параметры валового содержания тяжелых металлов в почве на территории г. Уфа по данным литогеохимической съёмки (n=51)

Элемент	Содержание (среднее арифметическое)	Min	Max	КК	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации
1-й класс опасности						
Zn	144	29,8	432	2,1	90,6	63
As	7,50	4,28	22,4	4,2	2,84	38
Hg	63,0	10,2	479	-	85,1	135
2-й класс опасности						
Co	15,8	7,61	26,3	1,6	4,04	26
Sb	1,21	0,320	5,5	6,1	0,8	66
3-й класс опасности						
Sr	73,3	30	253	0,2	65,9	90
Ba	346	103	2603	0,8	333	96

Примечание: КК – коэффициент концентрации химического элемента, рассчитано относительно данных [7].

Для таких элементов как Zn, Hg, Sr и Ba, чьи выборки сильно неоднородны, были построены схемы пространственного распределения (рис. 2).

Результаты исследования показывают, что распределения химических веществ крайне неоднородны, также ярко заметна тенденция, что наибольшей нагрузке подвержена северная часть города, где располагаются основные промышленные предприятия. Максимальные содержания тяжелых металлов в почвах характерны для районов расположения ТЭЦ, которые в качестве резервного топлива периодически используют мазут [3]. В пробах, отобранных на территории микрорайона Дёма, вблизи железнодорожной перегрузочной станции и близлежащих машиностроительных предприятий, отмечены металлы с превышением концентрации, относящихся ко всем трём классам опасности для здоровья человека, относительно среднего фонового характера распределения по городу.

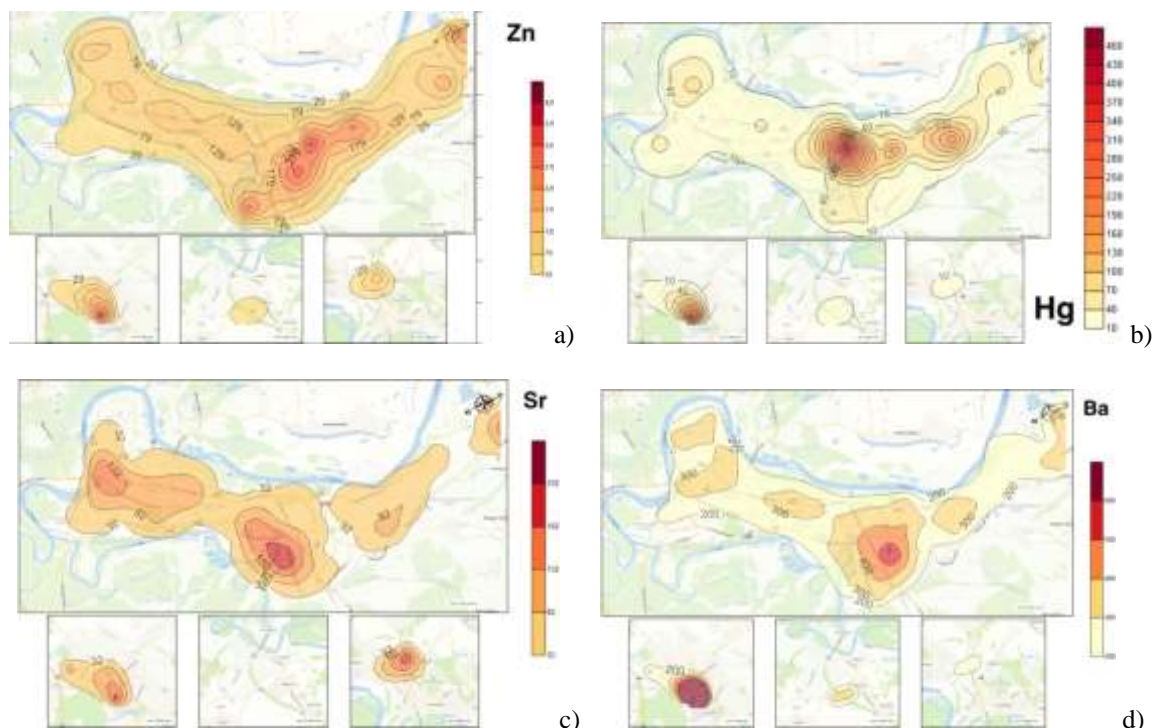


Рис. 2. Схемы пространственного распределения содержания тяжелых металлов (мг/кг) в почве на территории г. Уфы: а) цинк, б) ртуть, в) стронций, д) барий

Литература

1. Большаков, В.А. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах // Почвоведение. – 2002. – № 7. – С. 844-849.
2. Валеев, Т.К., Сулейманова, Р.А., Рахматуллин, Н.Р. Оценка риска для здоровья населения, проживающего на территориях с развитой нефтехимией и нефтепереработкой // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 5. – С. 6-8.
3. Галеева, Э. М., Галимова, Р. Г., Теплова, Д. С. К вопросу о комплексной оценке состояния окружающей среды в г. Уфа // Российский журнал прикладной экологии. – 2018. – №1 (13). – С. 47-51.
4. Государственный доклад об охране окружающей среды Республики Башкортостан, 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/1300/>
5. Опекунова, М.Г. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. Экологическое состояние / М.Г. Опекунова, Н.В. Алексеева-Попова, И.Ю. Арестова // Вестник СПбГУ. Сер.7. – 2002. – № 1. – С. 37-45.
6. Черных, Н.А. Экологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Малищенко, В.Ф. Ладонин. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.
7. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. – Boca Ration: CRC Press, 2011. – 4th ed. – 534 p.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГОРСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Доронина В.Д.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск Россия

Территория Приморского края, расположенная в пределах внешней зоны Тихоокеанского подвижного пояса, охватывает на западе восточную часть Восточно-Азиатской области палеозойской складчатости, а на востоке – южную часть Сихотэ-Алиньской области мезозойской складчатости. Геологическое строение территории Приморья неоднородно вследствие различного геологического развития ее отдельных частей. С верхнемеловой эпохи эти различия в значительной мере стираются. Поэтому в Приморье следует выделять древние палеозойские и мезозойские структуры и более молодые позднемеловые и кайнозойские [1,3].

В Приморском крае расположено большое количество горно-рудных районов, которые значительно влияют как на экономическую ситуацию, так и на экологическую ситуацию края. Расположение горно-рудных районов зависит от геологии данной территории.

Наше исследование проводилось в пределах Сихотэ-Алиньской складчатой системы, в которую входят Верхне-Уссурийское и Дальнегорское рудные районы. Пробы почв, подстилки и растительности (листья тополя *Populus balsamifera* L, осоки рода *Carex*, полынь горькая *Herba Artemisiae absinthii* и папоротник *Pteridium aquilinum*)

были отобраны в июне 2021 года на территории г. Дальнегорска и его окрестностей. Пробы были проанализированы методом ISP-МС в аккредитованной лаборатории ДВГИ СО РАН. Работа поддержана грантом РФФ № 20-64-47021.

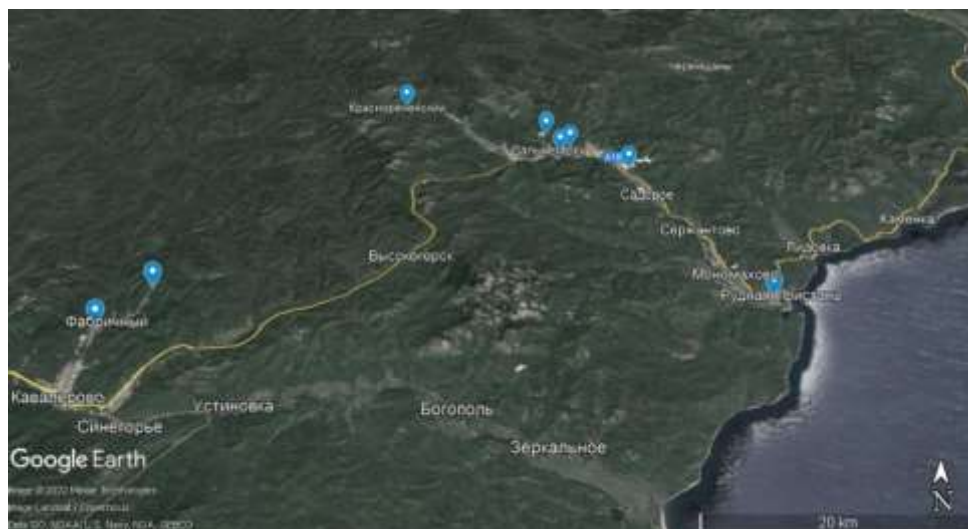


Рис. 1. Отбор проб на территории Дальнегорского района Приморского края

На исследуемой территории находится ряд действующих и ранее действующих предприятий. На территории г. Дальнегорска: ООО «Дальнегорский химический комбинат «БОР» и АО «ГМК Дальполиметалл», Данбуритовый карьер, на территории с. Рудная Пристань не действующий завод по переплавке свинца, в районе пгт Кавалерово месторождение Хрустальное и старое хвостохранилище Краснореченского обоганительного комбината [2].

В ходе исследования получили, что накопление химических элементов во всех видах растений имеет разный характер. Так осок накапливает больше других сред Al, Ca, Fe, Cd, V. Осока накапливает K, Ga, Cu, Pb, Cs. Папоротник накапливает La, Cs, Li, V, а полынь накапливает K, P, Cu. Так мы видим, разные среды накапливают различные спектры элементов, и это может зависеть как от геологической составляющей, так и от антропогенной составляющей окружающей среды.

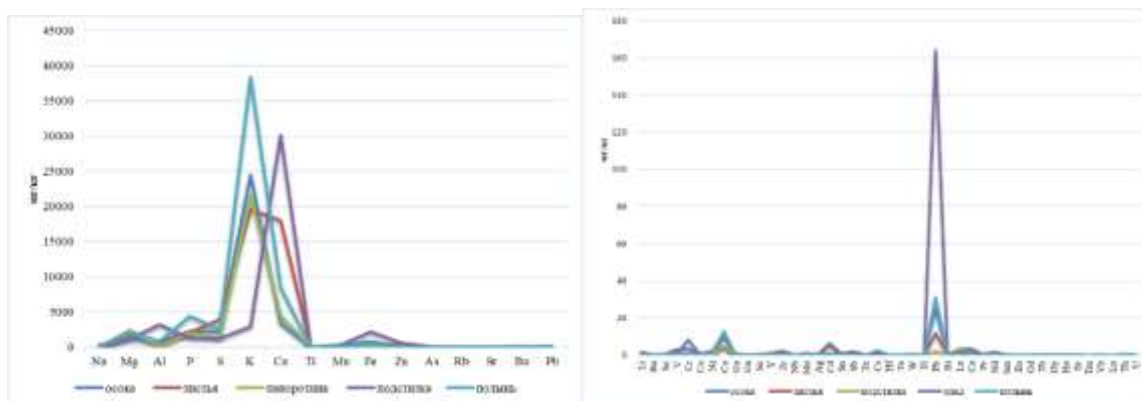


Рис. 2. Среднее содержание химических элементов в растительности Приморского края Дальнегорского района

Для комплексной оценки территории и с целью получения общей картины воздействия горнодобывающих предприятий на окружающую среду средние содержания химических элементов в пробах растительности Приморского края были сопоставлены с литературными данными (среднее содержание в «Условном растении», Market, 1992г. [4]) и посчитаны коэффициенты концентрации относительно этих данных.

Из геохимических рядов мы наблюдаем, что в осоке, листьях и подстилке выделяется ассоциации As-Be, в осоке и подстилке выделяется также ассоциации Th-Sb. В геохимических рядах папоротника и полыни помимо высоких концентраций мышьяка и бериллия наблюдается широкий спектр редкоземельных элементов, что характеризует данные виды как их концентраторов.

Таблица

Геохимические ряды коэффициентов концентрации

	Геохимические ряды
Осока <i>Cárex</i>	As _{96,5} – Be _{28,8} -Sb _{28,4} -Th _{21,3} -Cs _{7,5} -Sc _{6,09} -Ta _{6,03} -Cr _{5,54} -Fe _{5,3} -U _{2,3} -Zn _{1,9} -Eu _{1,4} -La _{1,4} -Nd _{1,2} -Sm _{1,2} -Ce _{1,2} -Ag _{1,0}
Листья тополя <i>Populus nigra</i>	Be _{17,1} -As _{15,0} -Th _{12,8} -Cs _{9,3} -Zn _{8,5} -Ta _{2,69} -Sc _{2,5} -Sb _{1,7} -Ca _{1,6} -La _{1,6} -U _{1,4} -Fe _{1,3} -Eu _{1,2} -Mg _{1,1} -Co _{1,1} -Nd _{1,1} -Sm _{1,1}
Подстилка	As _{238,9} -Be _{132,8} -Th _{108,3} -Sb _{39,8} -Sc _{21,2} -Ta _{18,5} -U _{17,1} -Fe _{14,8} -Zn _{11,4} -La _{8,7} -Nd _{7,4} -Cs _{7,3} -Sm _{6,9} -Eu _{6,8} -Ce _{6,3} -Yb _{4,6} -Tb _{4,4} -Lu _{4,1} -Co _{3,8} -Ca _{3,0} -Ag _{2,4} -Na _{2,2} -Cr _{2,1} -Ba _{1,8} -Hf _{1,2} -Sr _{1,2}
Папоротник <i>Pteridium aquilinum</i>	La _{18,6} -Th _{7,7} -Ce _{7,2} -Be _{6,4} -Nd _{5,9} -Ta _{4,6} -Sm _{3,4} -Eu _{3,4} -Ba _{2,5} -As _{2,3} -U _{1,2} -Mg _{1,1} -Tb _{1,0} -Sc _{1,0}
Полынь <i>Herba Artemisiae absinthii</i>	As _{55,4} -Th _{31,92} -Be _{31,5} -Cs _{25,0} -Sc _{6,0} -Ta _{5,8} -Sb _{4,6} -U _{3,2} -Fe _{2,6} -La _{2,0} -Nd _{2,0} -Sm _{1,9} -Eu _{1,8} -Ce _{1,7} -Yb _{1,3} -Zn _{1,2} -Tb _{1,2} -Lu _{1,23}

Таким образом, мы наблюдаем, что по средним содержаниям в разных средах происходит накопления разного спектра элементов, что может зависеть от характера поглощения элементов. Происходит накопление As и Be, а также следующих редкоземельных элементов: La, Sm, Nd, Eu, Ce, Yb на изучаемой территории. Накопление данных элементов в изученных средах может зависеть как от антропогенного воздействия горнодобывающих предприятий, расположенных в Дальнегорском района Приморского края, так и от геологического строение данного района.

Литература

1. Бояговленская О. В., Пучков В. Н., Федоров М. В. Геология СССР //М.: Недра. – 1991. – Т. 240. – С. 3.
2. Тарасенко И. А., Зиньков А. В. Экологические последствия минералого-геохимических преобразований хвостов обогащения Sn-Ag-Pb-Zn руд (Приморье, Дальнегорский район). – 2001.
3. Ханчук А. И. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края: очерк //Владивосток: Дальнаука. – 1995. – Т. 66. – С. 3
4. Markert B. Establishing of 'Reference Plant'for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting //Water, Air, and Soil Pollution. – 1992. – Т. 64. – №. 3. – С. 533-538.

РТУТЬ В ПОЧВАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ Жеребцова Ю.О.

Научные руководители доцент Осипова Н.А., профессор Барановская Н.В.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Биогеохимические исследования элементного состава почвенного покрова, в частности, определение содержания ртути, представляют научно-практический интерес как на территориях с техногенным загрязнением, так и там, где оно отсутствует, или минимально.

Вышесказанное справедливо к почвам юго-восточного Приморья. Охраняемые природные территории Сихоте-Алинского и Лазовского заповедников защищены от промышленного освоения, от рубок леса и практически не подвержены хозяйственной деятельности. Но климатические факторы, особенности тектонического строения, вулканическая деятельность на этой территории, специфика высокогорных ландшафтов делают территорию чрезвычайно интересной и актуальной для изучения поведения ртути. Соединения этого токсичного элемента способны к миграции, нахождению в разных фазовых состояниях, накоплению в растительных и живых организмах, метаморфному и биогенному перераспределению [2]. Выбранный для исследования регион активно изучается как территория с проявленной геофагией животных [1], что на первый взгляд не имеет связи с ртутью. Вместе с тем цеолитовая минерализация пород районов исследования [6] предполагают высокую катионно-обменную емкость почв, в результате чего многие элементы, а особенно склонная к миграции ртуть, становятся подвижными и активно участвуют в процессах накопления и трансформации. Также известно, что содержание ртути зависит от количества присутствующего вулканогенного материала. Для пород вулканогенно-осадочного литогенеза, где вулканический материал резко преобладает, содержание ртути заметно повышается.

Непосредственно примыкающие к морю области Тихоокеанского региона, охваченные проявлением современной вулканической деятельностью, содержат повышенные содержания ртути. Эти превышения сопровождают территории месторождений серебра и золота. Через глубинные разломы Земли ртуть поступает в составе газов вулканов. В горных породах ртуть в основном присутствует в виде HgS – киновари. Ее растворимые соединения могут восстанавливаться до самородной ртути. Она активно поглощается бурыми водорослями и наземной растительностью, легко образует комплексы с гуминовыми кислотами в почвах, образуя соединения, отличающиеся высокой токсичностью.

В горных породах в Дальневосточном регионе содержание ртути может превышать нормальное в 10-100 раз. В невулканических породах нормальное содержание ртути – 11 нг/м³, в породах близ вулканов ее концентрация равняется 6 мкг/м³ [5].

Пробы почв были отобраны летом 2020 г. коллективом ученых ТПУ (г.Томск), ТИГ ДВО РАН, ДВГИ ДВО РАН (г.Владивосток): д.б.н. Барановская Н.В., к.геол.-мин.наук Соктоев Б.Р., в.н.с., д.б.н, Паничев А.М., к.б.н. Середкин И.В., м.н.с. Попов Н.Ю. Для исследования были отобраны 51 проба: 18 проб в бассейне реки Бикин, 11 проб в бассейне реки Ванчин (Милоградовка) и 22 пробы на территории Шандуйских озёр. Эти территории относятся к заповедным.

Для определения содержания ртути в почвах был выбран метод атомной адсорбции. Метод основывается на восстановлении связанной ртути в исследуемых пробах методом пиролиза и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету воздухом. Работа проводилась на анализаторе ртути RA 915+ с приставкой Pigo-915+ [4]. В качестве стандарта использовали стандартный образец почвы СДПС-3 с содержанием ртути 0,290 мкг/г.

Среднее содержание ртути в почвах территории бассейна реки Бикин составило $0,117 \pm 0,018$ мкг/г. Среднее содержание ртути превышает кларк в 2 раза, но в некоторых пробах содержание ртути ниже кларкового значения. Для сравнения использовали кларк по Григорьеву Н.А., 2009 - содержание ртути в верхней части континентальной земной коры, равное 0,065 мкг/г [3].

Среднее содержание ртути в почвах территории бассейна реки Ванчин составило $0,162 \pm 0,025$ мкг/г. Среднее содержание ртути превышает кларк в 2,5 раза, только одно значение содержания из всех проб находится ниже кларкового. Среднее содержание ртути в почвах бассейна Ванчин в 1,5 раз выше среднего содержания ртути на территории бассейна реки Бикин.

Среднее содержание ртути на территории Шандуйских озёр составило $0,098 \pm 0,015$ мкг/г. Эта территория отличается от двух других более низким средним содержанием ртути в почве, однако среднее значение превышает кларковое почти в 1,5 раза.

Разнородность почвообразующих пород, особенности высокогорных ландшафтов, присутствие пород вулcano-осадочного литогенеза обуславливают пространственную неоднородность накопления ртути. В качестве причин неоднородного распределения ртути и повышенных значений относительно средних и кларковых в отдельных точках следует рассмотреть тектоническое строение территории, высоту над уровнем моря, влияние весенних паводков.

Основными источниками ртути почв исследуемых территорий являются, по-видимому, источники естественного происхождения - подстилающие почву породы, подземные и поверхностные воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФ № 20-67-47005 и №20-67-47021

Литература

1. А.М. Паничев, Н.В. Барановская, И.В. Серёдкин, и др. Ландшафтные REE аномалии и причина геофагии диких животных на кудурах в Сихотэ-Алине, Приморский край, Россия. Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2021. – Т. 499. – № 1. – С. 82–86
2. В. А. Безносиков, Е. Д. Лодыгин, А. Н. Низовцев Пространственное и профилное распределение ртути в почвах естественных ландшафтов // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2013. Сер.3. Вып.1. Почвоведение
3. Н.С.Касимов, Д.В.Власов Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 5. География. – 2015. – №2. – С. 7–17.
4. ПНД Ф 14.1:2.4.243-07. Методика выполнения измерений массовой концентрации общей ртути в пробах атомно-адсорбционным методом с зеемановской коррекцией неселективного поглощения на анализаторе ртути «РА915» с приставкой РГ-91 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837385.pdf>
5. Рябкова, В. Региональный токсикоз / В. Рябкова, Б. Когут, Е. Иванова, В. Скачков, В. Буряк // Человек. Экология. Здоровье. № 1, 1995
6. Чекрыжов И.Ю. Новые данные по стратиграфии, вулканизму и цеолитовой минерализации Ванчинской впадины, Приморский край / И.Ю. Чекрыжов., В.К. Попов, А.М. Паничев, В.В. Середин, Е.В. Смирнова // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29. – № 4. – С. 45–63.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ ГЕОФАГИИ (НА ПРИМЕРЕ ТРАВЯДНОГО ПРИМОРСКОГО КРАЯ)

Иванова Д.А.

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Серьезный интерес в научно-исследовательском сообществе приобретает такое неоднозначное явление как геофагия. Геофагию можно определить, как преднамеренное поглощение горных пород, которое распространено среди представителей животного мира, включая некоторые человеческие популяции. В основном, подавляющая часть горных пород поглощается из специальных источников, обогащённых полезными минеральными веществами [4]. Данные источники носят название «Кудуры», аналогичное архаичному русскому термину «животная соль»,

которое определяет природный ландшафтный комплекс с обнажениями минеральных пород, систематически потребляемых животными, и, в некоторых случаях, людьми [3].

Учеными Томского политехнического университета совместно с учеными Тихоокеанского института географии ДВО РАН выдвинута универсальная «редкоземельная» гипотеза, которая может претендовать на объяснение первопричины практически всех разновидностей инстинктивных форм геофагии, характерных для растительноядных млекопитающих и для человека. Гипотеза заключается в том, что поглощение растительноядными животными и человеком горных пород связано с высоким содержанием в них легкорастворимых форм редкоземельных элементов (РЗЭ). Вероятно, легкие формы РЗЭ способны оказывать влияние на работу иммунной системы, щитовидной железы, и, соответственно, гормональную деятельность организма. Учеными высказано предположение, что избыток РЗЭ, как и их недостаток в горных породах и водах способен в значительной степени влиять на нормальное функционирование организмов животного и человека [1,2].

Исследования явления геофагии активно проводились в Сихотэ-Алинском природном биосферном заповеднике при поддержке гранта РФФИ № 20-67-47005 и 20-64-47021. Сихотэ-Алинский заповедник является крупнейшим среди заповедников Приморского края с площадью более 400 тысяч га. Заповедник расположен на территории трех административных районов Приморского края: Тернейского, Красноармейского и Дальнегорского. Стоит отметить, что отбор проб биологических материалов производился только на территории Тернейского района заповедника.

Нами изучен элементный состав органов и тканей благородного оленя (*Cervus elaphus*). Элементный состав определялся после озоления биологического материала при $t=600^{\circ}\text{C}$ методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА).

Результаты исследования показали, что в организме животного элементы распределены неравномерно. Данную неравномерность можно проследить на примере элемента Eu.

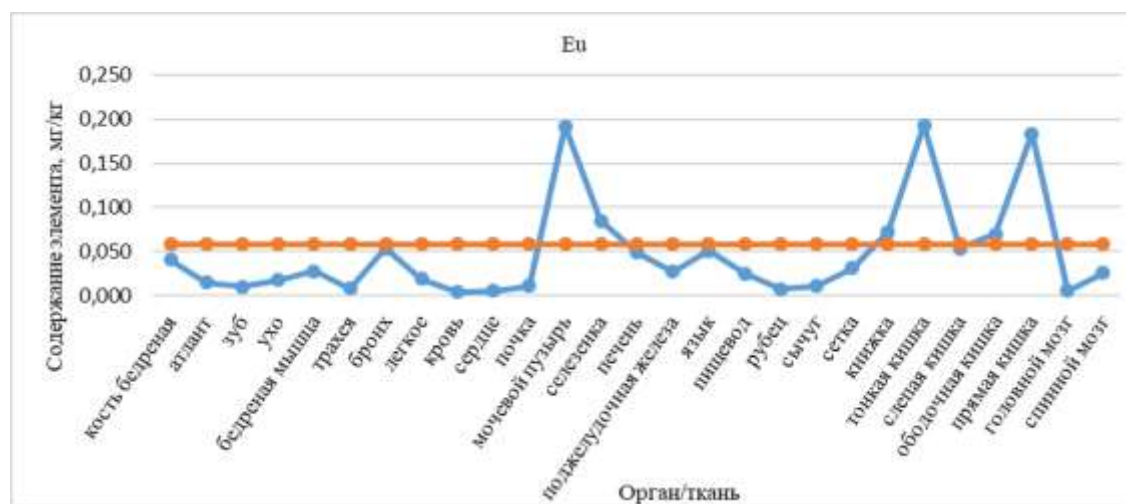


Рис. Распределение Eu в органах и тканях благородного оленя (*Cervus elaphus*) на территории Приморского края (зола) относительно среднего по организму (прямая линия)

Так, органами-концентраторами редкоземельного элемента Eu являются мочевоом пузырь и часть органов желудочно-кишечного тракта (книжка, тонкая, прямая и ободочная кишка). Это может свидетельствовать об определенной специфике появления и накопления химических элементов в организме травоядного млекопитающего. Можно предположить, что Eu возник в организме животного путем поглощения из внешней среды.

До сих пор биологическая роль РЗЭ в организме животных и человека остается малоизученной. Важность изучения РЗЭ состоит в исследовании явления геофагии с точки зрения новой «редкоземельной» гипотезы, а также возможности выявления эндемических заболеваний животных и человека, вызванных нарушением баланса данных элементов в организме.

Литература

1. Паничев А.М., Барановская Н.В., Геофагия как способ выживания растительноядных животных в ландшафтах с аномальным содержанием редкоземельных элементов // Химические элементы в биосфере. Материалы VI Международной конференции. – Томск: ТПУ, 2021. – С. 59-63.
2. Паничев А.М., Нарушения обмена редкоземельных элементов в организме как причина литофагии у животных и человека // Труды XI Международной биогеохимической школы, посвященной 120-летию со дня рождения Виктора Владиславовича Ковальского. – Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2019. – С. 75-79.
3. Panichev A. M., Popov, Chekryzhov I. Yu., Seryodkin I. V., Sergievich A. A., Golokhvast K. S. Geological nature of mineral licks and the reasons for geophagy among animals // Biogeosciences, 2017. – Vol. 14. – P. 2767–2779.
4. Selinus O, Centeno JA, Finkelman RB, The emerging medical and geological association // Transactions of the American clinical and climatological association, 2005. – Vol. 116. – P.155–165.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Колбин А.Т.

Научный руководитель доцент Жорняк Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Аральское море располагается на северной части Центральной Азии на территориях республик Казахстан и Узбекистан. На данный момент оно разделено на 2 участка под названием Большое Аральское море и Малое Аральское море, границей же выступает Кокаральская плотина.

Процесс высыхания Аральского моря, являвшегося одним из самых крупных по масштабу озёр в мире, был замечен только в начале 1980-ых годов. Сокращение притока пресной речной воды из главных водоносных артерий Сырдарьи и Амударьи вызвало крупное обмеление моря, что было вызвано нерациональным использованием водных ресурсов человеком [1].

В 1960-ые годы в центральноазиатских республиках началось масштабное развитие сельского хозяйства, и производства хлопка. По причине этого из главных питающих рек по водоотводящим каналам обильно начала отводиться вода на орошение и мелиорацию, в следствие чего до моря речные воды не стали доходить в необходимом объёме. Для спасения Аральского моря возникла идея сохранения его северной части. В случае реализации, сохранился бы естественный сток Сырдарьи [5].

Первая попытка была предпринята в 1992 году. Плотина «Каратерен-Кокарал», построенная строительными организациями Аральского района, простояла менее года: весной 1993 года плотина была смыта из-за повышения уровня моря. Строительные работы велись на деньги, собранные жителями Приаралья. В то время в качестве местного строительного материала использовался только песок. В сентябре 1996 г. была предпринята новая попытка сохранить Северное Аральское море. Строительство было в основном завершено весной 1997 года. Для строительства использовался местный строительный песок. Длина дамбы составляла 14 км; ширина была около 30 м. Существовали специальные шлюзы для подачи воды в Большое Аральское море при большом количестве воды в реке Сырдарья. Эта конструкция оставалась на период 1997 и 1998 годов. Но было очевидно, что дамбу Кокарал необходимо укрепить бетонными плитами. Вода из реки Сырдарья поступала в Северное (Малое) Аральское море, замечены изменения в окружающей среде. Участились дожди, появилась трава, немного снизилась солёность моря. В 1998 году казахстанский филиал Международного фонда Аральского моря (МФСА) профинансировал строительные работы по укреплению дамбы. Начавшееся осенью 1998 года строительство закончилось печально: весной 1999 года плотину снова смыло усилившимся стоком реки Сырдарьи. Дайка была размыта частично: расстояние 3-5 км. Вода ушла в Большое Аральское море, понизив уровень Северного Аральского моря. Кое-где берега моря отошли на расстояние 200-300 м [4].

Исчезновение моря как части экосистемы - это лишь одна из проблем, за которой следуют сотни последующих проблем. Теперь тонны соли покрывает бывшее дно Аральского моря. Ветер разносит соляную пыль на тысячи километров, ухудшая качество сельскохозяйственных земель. Ситуация на Аральском море влияет на все живые организмы вокруг [3].

Высыхание Аральского моря, достигло такой степени, что широкомасштабная деградация природы внутри осушённой территории и за её пределами привела к ситуации, что этот регион стал зоной стихийного бедствия. Море, которое было средой обитания обильной флоры и фауны и естественным регулятором климата на орошаемых землях, сильно деградировало. Обширные площади солончаков и сильнозасолённых земель, стали источниками солевого и пылевого переноса в результате ветровой эрозии.

В прибрежной зоне экосистема дельты и прибрежной зоны, формировавшаяся в течение многих столетий, была практически полностью разрушена, озеро высохло, солёность воды увеличилась; солончаки появились на участках высохших болот; значительно сократился улов рыбы и пушных зверей, флора и фауна деградируют, местный климат претерпевает сильные изменения, он становится более континентальным.

Началась трансформация местной природы в пустыню, вызванная увеличением содержания соли в 3 раза. Морская экосистема ранее имела 24 вида рыбы, в числе которых окунь, карп, осётр, лосось, меч-рыба. В 1971 г. среднее содержание солей стало 12% в открытой части Арала, появились первые признаки исчезновения морской фауны [2].

Из-за продолжительного воздействия эрозионных процессов поймы Сырдарьи, Аралкума, распространения солончаков и Хлориды и сульфаты являются главными загрязняющими веществами, порождающими у жителей Приаралья неканцерогенный риск. В городе Аральск и населённых пунктах Кызылординской области из-за поступления мышьяка, кадмия и никеля образуется канцерогенный риск. Все населённые Приаральские пункты по суммарному канцерогенному риску при ингаляционном поступлении отнесены к 3 категории приемлемости.

Литература

1. Абдукадирова Ф.Б., Талипова Н.З., Влияние Аральского кризиса на флору, фауну, а также на генофонд региона // Социально-экономическое развитие городов и регионов: градостроительство, развитие бизнеса, жизнеобеспечение города: Материалы Международной научно-практической конференции. - 2018. – С. 387-392.
2. Газизова А.О. Влияние соле-пылевого аэрозоля Аральского моря на органы дыхания: Диссертация на соискание степени доктора философии. – Караганда, 2018, 108 с.
3. Шовхвалов А.Х., Банкурова Р.У. Геоэкологические последствия и причины Аральского кризиса // Материалы всероссийской научно-практической конференции студентов, молодых учёных и аспирантов "Наука и молодёжь". – 2018. – С. 312-316.
4. Naila OKda. 2001. URL: <https://web.archive.org/web/20050130223124/http://nailaokda.8m.com/north.html> (дата обращения 23.03.2022).

5. Svetlana M., Tleimuratova B.S., Sevара K. Modeling of the Processes of Formation and Development of Phytocenoses of the Dried Bottom of the Aral Sea // International Journal of Science and Research. – 2020. - №9. – С.1066 – 1071.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОРФА В ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Кудрявцева А.А., Яковлев Е.Ю., Орлов А.А.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврёва Российской академии наук, г. Архангельск, Россия

Торфяно-болотные экосистемы стали основным концентратором радиационного загрязнения антропогенными радионуклидами. Сфагновые растения болот поглощают и удерживают значительное количество радионуклидов [6]. Для исследования особенностей накопления радионуклидов в торфяных разрезах было выполнено изучение их физико-химических параметров. Среди показателей, которые главным образом могут влиять на накопление радионуклидов, были рассмотрены активная и обменная кислотность торфа, pH водной и солевой вытяжки, содержание карбонатов, зольность, содержание органического вещества и водорастворимых солей.

Отбор торфяных колонок проводился в разных районах Архангельской области (профили ТВ-1, Тd-1), Мурманской области (профиль ТМ-1), Ненецкого автономного округа (профиль ТН 1-1). Территория исследования расположена в подзоне северной тайги. Торфяные колонки были разделены на слои, в каждом из которых были определены физико-химические параметры.

Для этого оценку активной и обменной кислотности торфа осуществляли согласно [1]. Измеряли pH на анализаторе жидкостей Эксперт 001-3 (Эконикс, Россия) с применением комбинированного стеклянного электрода ЭСК-10603. Далее извлечение водорастворимых солей из торфа проводили согласно [2]. Определение электропроводности и содержания водорастворимых солей водных вытяжек проводили на анализаторе жидкостей АНИОН 4100 (Инфраспак-Аналит, Россия) с использованием кондуктометрического датчика ДКВ-1. Определение массовой доли органического вещества проводили весовым методом согласно [3, 5].

Распределение значений показателей активной и обменной кислотности по профилям ТВ-1 и Тd-1 на рис. 1 и 2 схожи между собой: наблюдается немонокотное снижение pH с глубиной исследуемых залежей, в большей степени проявляющееся для разреза Тd-1. Значения активной кислотности составляют 3,67–3,89 и 3,17–3,75 для профилей ТВ-1 и Тd-1 соответственно, в то время как обменная кислотность находится в более кислой области pH (2,73–3,05) для профиля ТВ-1 чем профиля Тd-1 (от 2,4–2,88). По полученным данным исследуемый торф можно отнести к сильнокислой группе.

Содержание карбонатов в торфе незначительно (0,06–0,3 %) для обоих профилей. Для залежи Тd-1 распределение концентрации карбонатов по глубине более неоднородно, тогда как для профиля ТВ-1 наблюдается явное снижение содержания карбонатов с глубиной залежи.

Величина показателя зольности для исследуемых торфяных профилей составляет 1–4,1 % (ТВ-1) и 0,8–7,8 % (Тd-1). Полученные значения позволяют отнести торф залежей ТВ-1 и Тd-1 к малозольному типу. Для обоих исследуемых торфяных профилей присутствует максимум содержания зольных компонентов при глубине 6–18 см, проявляемый, вероятно, за счет вымывания зольных компонентов с поверхностных слоев торфа и их концентрированием в данном слое. Для зольности, в целом, также наблюдается тенденция немонокотного снижения концентраций при переходе к более глубоким слоям профилей, связанная с атмосферным типом питания болота.

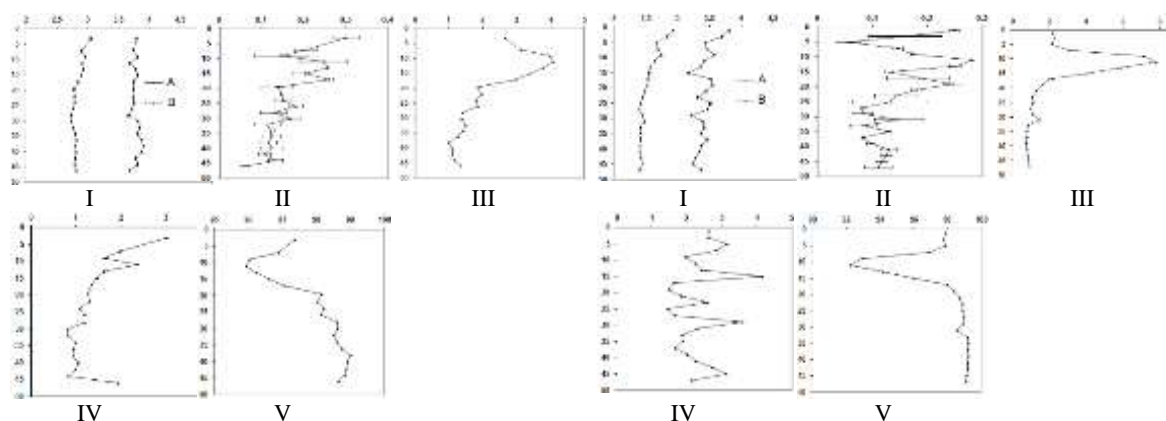


Рис. 1. Распределение физико-химических показателей по глубине торфяного профиля ТВ-1: I – pH водной вытяжки (А) и pH солевой вытяжки (В); II – Содержание карбонатов (CO_3^{2-} , %); III – Зольность (%); IV – Содержание водорастворимых солей (мг/г); V – Доля органического вещества (%).

Рис. 2. Распределение физико-химических показателей по глубине торфяного профиля Тd-1: I – pH водной вытяжки (А) и pH солевой вытяжки (В); II – Содержание карбонатов (CO_3^{2-} , %); III – Зольность (%); IV – Содержание водорастворимых солей (мг/г); V – Доля органического вещества (%).

Обратный показатель зольности – доля органического вещества – возрастает с глубиной и находится на уровне более 90 %, что указывает на низкую степень разложения верхового торфа [4].

Содержание водорастворимых солей составляет 0,8–3 мг/г⁻¹ и 1,5–4,1 мг/г⁻¹ для торфяных профилей ТВ-1 и Тд-1 соответственно, однако, характер распределения концентраций для исследуемых залежей различается.

Для профиля ТВ-1 наблюдается снижение содержания водорастворимых солей с глубиной профиля, но в придонном слое концентрация солей значимо возрастает, что, вероятно, связано с их поступлением от минерального дна болота. Для профиля Тд-1 наблюдается несколько максимумов содержания водорастворимых солей по глубине разреза. Полученные результаты позволяют отнести исследуемый торф ТВ-1 и Тд-1 к кислой фации олиготрофных торфяных почв [4].

Величина зольности для исследуемого торфяного профиля ТН 1-1 находится в интервале 11–94 % показана на рис. 3. Исследуемый профиль состоит из высокозольного торфа (10 % < А < 50 %, 1-8 слой) и заторфованного грунта (А > 50 %, 9-14 слой). Высокая зольность обусловлена наличием наносного песка, глины и минеральных веществ, накопленных растениями. Отмечается тенденция повышения зольности при движении вниз по профилю.

Доля органического вещества уменьшается с глубиной. Массовая доля органического вещества в торфяном профиле варьирует по горизонтам в интервале 5,9 %–89 %. В слое 11-13 см наблюдается максимальное значение показателя.

Массовая доля карбонатов в торфяном профиле незначительна и находится в интервале 0,31-0,54 %. В слое 0-3 см наблюдается максимальное значение показателя, возможно обусловленное преимущественно атмосферным их поступлением. Для профиля характерно снижение массовой доли карбонатов с глубиной показано на рис. 3.

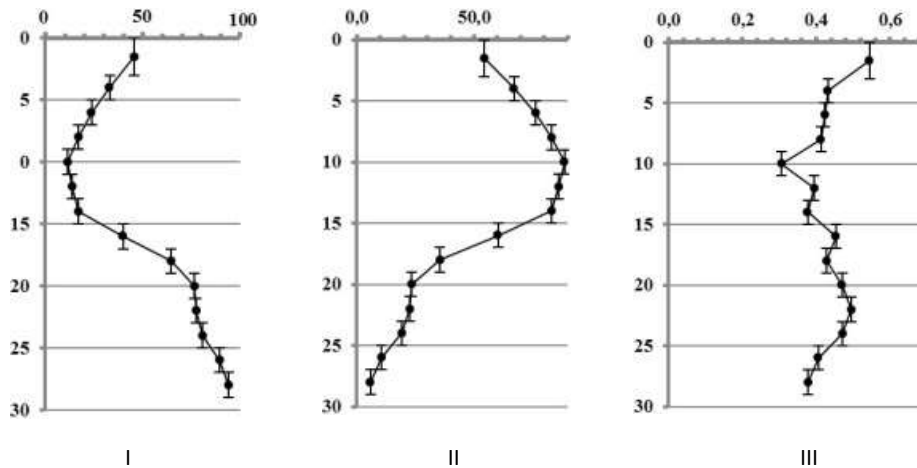


Рис. 3. Распределение физико-химических показателей по глубине торфяного профиля ТН 1-1: I – Зольность (%); II – Доля органического вещества(%); III – Содержание карбонатов (СО₃²⁻, %).

В целом, можно отметить, что физико-химические свойства торфяных профилей отобранных в Архангельской (ТВ-1 и Тд-1), Мурманской областях (ТМ-1) и Ненецком автономном округе (ТН 1-1) имеют некоторые отличия, связанные с особенностями формирования и функционирования торфа для каждой отдельной местности, а также различным уровнем антропогенного воздействия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научных проектов № 719 19-55-04001 и № 19-55-0400, а также в рамках гранта РФФИ № 18-05-60151 и гранта Президента РФ для молодых ученых №МК-1919.2020.5.

Литература

1. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений [Текст]. – Введ. 1990-06-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1989. – 11 с.
2. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки [Текст]. – Введ. 1986-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. – 6 с.
3. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. [Текст]. – Введ. 1993-07-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
4. Шишов, Л. Л. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
5. Heiri, O. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results [Text] / O. Heiri, A. F. Lotter, G. Lemcke // *Paleolimnology*. – 2001. – №25. – P. 101–110. DOI: 10.1023/A:1008119611481.
6. Mroz, T. Atmospheric fallout radionuclides in peatland from Southern Poland [Text] / T. Mroz, E. Lokas, J. Kocurek, G. Michal // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2017. – №175-176. – P. 25-33. DOI:10.1016/j.jenvrad.2017.04.012.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДЗЕМНОЙ СЕКВЕСТРАЦИИ УГЛЕРОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Ласкач В.А.

Научный руководитель инженер-исследователь Коношонкин Д.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

В последнее время проблема сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу приобретает всё большую актуальность. В 2015 г было принято Парижское соглашение по климату, заявленная цель которого не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к 2100 году более чем на 2°C. Развивая договоренности данного соглашения Российская Федерация заявила, что сократит объем выбросов к 2030 году на 25-30% от уровня 1990 года [1]. На фоне этого возрастает роль технологий секвестрации CO₂, осуществляющаяся в рамках Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) проектов, как ключевого направления в обеспечении глобальной цели по предотвращению изменения климата. По ряду оценок [1] Россия обладает значительным потенциалом подземного хранения CO₂, а развитая инфраструктура нефтегазодобычи делает способ закачки CO₂ в геологические объекты истощенных нефтегазовых месторождений весьма перспективным.

На сегодняшний день известно несколько вариантов геологического захоронения CO₂ [3]. Самым доступным и наиболее рациональным из них является закачка углекислого газа в выработанные нефтяные либо газовые пласты-коллекторы. Как правило, геологическое строение и свойства таких пластов уже хорошо изучены, а доказанный факт удержания флюидаупором нефти и газа на протяжении многих миллионов лет гарантирует невозможность утечки CO₂. К тому же наличие развитой инфраструктуры нефтегазовых месторождений снижает капиталоемкость закачки. Кроме того, закачка углекислого газа может рассматриваться как метод увеличения нефтеотдачи (МУН), при котором часть закаченного газа неизбежно остается в нефтегазоносном пласте, а дополнительно добытая нефть улучшает экономику проекта. Вторым вариантом является закачка в глубокозалегающие соленые водоносные горизонты. Однако, данные горизонты мало изучены – по сравнению с залежами нефти и газа в водоносных горизонтах пробурено гораздо меньшее количество скважин. Тем не менее, потенциал емкости для захоронения у водоносных горизонтов гораздо больше в виду их повсеместного распространения. Третьим вариантом являются угольные пласты, но они крайне мало изучены и имеют сравнительно малую емкость для закачки. Тем не менее, по оценке основанной на данных Государственного баланса запасов полезных ископаемых РФ, емкость только нефтяных и газовых месторождений в России, пригодных для захоронения CO₂, составляет 305 Гт, а суммарный объем геологических коллекторов для секвестрации углерода в РФ варьируется от 1173 до 3813 Гт [1]. Наиболее перспективными районами для секвестрации углерода в РФ являются водоносные горизонты, расположенные на территории Восточно-Европейской, Западно-Сибирской, и Восточно-Сибирской платформ (рис 2). Менее перспективными считаются складчатые области, обозначенные на рисунке 2 зеленым цветом. Непригодными для закачки являются массивы кристаллических пород (Балтийский, Анабарский, Алданский).

В основе удержания углерода в пласте лежат следующие механизмы: структурное или стратиграфическое улавливание (удержание в структурах ловушек), физическое улавливание (за счет капиллярных сил и гистерезиса фазовых проницаемостей), химическое улавливание (растворение в пластовой воде с дальнейшим образованием карбонизированной воды), и минералогическое улавливание (геохимическое взаимодействие минералов горных пород и углекислого газа с последующим образованием карбонатных пород) [3]. Эти механизмы работают вместе, повышая безопасность захоронения в зависимости от времени (рис. 1).

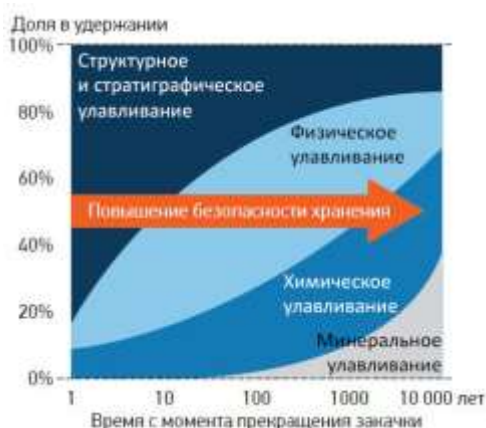


Рис. 1. Механизмы удержания CO₂ [1]



Рис. 2. Перспективные зоны для захоронения CO₂ в России

При поиске подходящих геологических структур для потенциального захоронения CO₂, помимо наличия выдержанного пласта-коллектора с достаточными фильтрационно-емкостными свойствами, важно выполнение определенных требований. Геологический объект должен залегать на достаточной глубине для изолированности от приповерхностных горизонтов с питьевой водой. Достаточная глубина залегания также должна позволять

удерживать CO₂ в состоянии сверхкритического флюида для увеличения эффективности хранения. Углекислый газ переходит в сверхкритическое состояние при 31,3°C и 7,4 МПа. Как правило, для обеспечения таких термобарических условий глубина закачки должна составлять не менее 800 метров [2]. Не менее важным является наличие надежного флюидоупора для предотвращения вертикальной миграции углекислого газа из целевого в вышележащие пласты. Обычно в качестве покрышки выступают глинистые пласты или отложения эвапоритов – такие породы имеют крайне малый радиус поровых каналов и обладают высоким входным капиллярным давлением, препятствующим миграции углекислого газа. Кроме того, выбранный объект закачки должен иметь достаточный ёмкостной потенциал для вмещения запланированного объема CO₂.

На данный момент существует несколько вариантов подсчета ёмкостного потенциала хранения CO₂, одним из которых является методика подсчёта применяемая к водоносным горизонтам (глубинным соленым аквиферам) разработанная министерством энергетики США. На ее основе была создана компьютерная программа CO₂-SCREEN, представляющая собой Excel-таблицу для ввода входных данных, соединенную с GoldSim Player моделью для расчёта симуляций по методу Монте-Карло. На вход подаются исходные данные: пластовое давление и температура, площадь залежи, пористость, а также статистические показатели распределений данных параметров. Через таблицу состояний определяется плотность CO₂ в пластовых условиях, а на основе введенных значений параметров и их распределений рассчитываются потенциальные ресурсы хранения CO₂ [2].

В общем случае, оценка потенциала хранения углекислого газа (G_{CO₂}) проводится по формуле 1:

$$G_{CO_2} = A \cdot h \cdot \varphi \cdot \rho_{CO_2} \cdot E, \quad 1)$$

где A – площадь участка, м²; h – мощность пласта, м; φ – пористость, д. ед; ρ_{CO_2} – плотность CO₂, т/м³; E – коэффициент эффективности хранения, д. ед. Коэффициент E показывает какую долю общего порового пространства может занять CO₂. Выбор данного показателя в наибольшей степени влияет на величину запасов, он рассчитывается как доля пространства формации, доступная для хранения CO₂, умноженная на долю порового пространства, где CO₂ может вытеснить исходный флюид:

$$E = E_{A_n/A_t} \cdot E_{H_n/H_g} \cdot E_{\varphi_{ef}/\varphi_t} \cdot E_A \cdot E_L \cdot E_G \cdot E_D, \quad 2)$$

где E_{A_n/A_t} – доля площади объекта, подходящая для хранения, д. ед; E_{H_n/H_g} – песчанность, д. ед; $E_{\varphi_{ef}/\varphi_t}$ – отношение эффективной пористости к открытой, д. ед; E_A – площадная эффективность вытеснения, д. ед; E_L – вертикальная эффективность вытеснения, д. ед; E_G – эффективность гравитационного вытеснения, д. ед; E_D – коэффициент вытеснения на микроуровне, т.е. доля порового объема где CO₂ может вытеснить исходный флюид.

По данной методике было проведено исследование влияния различных параметров (тип геологических структур, температура и глубина резервуара, ОФП, анизотропия проницаемости и скорость закачки) на эффективность хранения CO₂ [2]. Источником исходных данных послужила база данных Average Global Database (AGD), которая включает в себя информацию о свойствах флюида и геологии 20000 месторождений. На основе данных 8462 месторождений, по которым были доступны данные по обстановке осадконакопления, были выделены 4 типа структур (рис. 3): куполообразная; антиклинальная; моноклиальная без наклона и под углом в 5° (для моноклиалей дополнительно задавались изолирующие разломы на границах моделей). В результате моделирования были выявлено, что эффективность хранения CO₂ возрастает при: наличии купольных структур, при увеличении глубины залегания и пластовой температуры. Уменьшение анизотропии проницаемости, наоборот снижает эффективность хранения, т.к. при малых значениях k_v/k_h CO₂ распространяется наиболее эффективно по латерали, за счёт чего увеличивается охват (рис. 4).

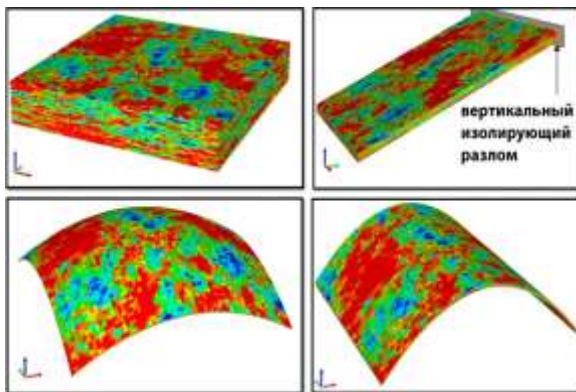


Рис. 3. Кубы пористости исследуемых моделей [2]

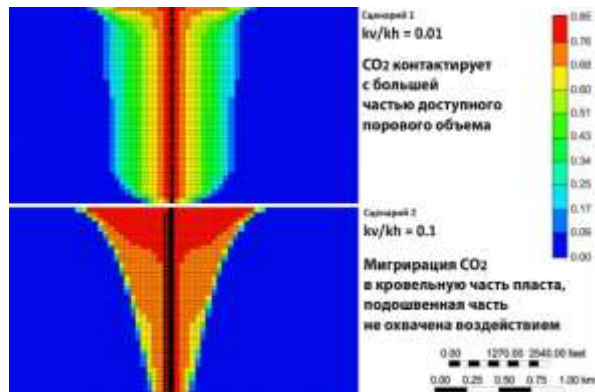


Рис. 4. Разрезы куба насыщенности CO₂ [2]

Подводя итог, нужно отметить, что геологические аспекты секвестрации CO₂ во многом схожи с нефтегазовой сферой. Тем не менее, концепция захоронения CO₂ несет в себе гораздо больше рисков и неопределенностей и поэтому требует большего изучения и развития в будущем.

Литература

1. Клубков С., Емельянов К., Зотов Н. CCUS: монетизация выбросов CO₂ (2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vygon.consulting/products/issue-1911/>
2. Gorecki C., Sorensen J. et al. Development of Storage Coefficients for Determining the Effective CO₂ Storage Resource in Deep Saline Formations (2009) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.2118/126444-MS>
3. Ringrose P. How to Store CO₂ Underground: insights from early-mover CCS Projects (2020) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33113-9>

**ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ Г. ТАШТАГОЛ,
П.Г.Т. ШЕРЕГЕШ И ШОРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА**

Леухин И.В.¹, Дударева Е.В.¹

Научный руководитель профессор Е.Г. Язиков²

¹*Шорский национальный парк. г. Таштагол, Россия*

²*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Обобщаются результаты исследования магнитной восприимчивости на урбанизированных и природных территориях Горной Шории за 2020-2022 гг. Оценка магнитной восприимчивости – экспресс метод, позволяющий косвенно указывать на наличие скопления тяжёлых металлов и прямо указующий на насыщенность исследуемого компонента ионами железа различной валентности. Метод прост и дешёв, позволяет обследовать большое количество территории, не прибегая к дорогостоящему анализу за относительно короткий срок.

Цель: провести сравнительный анализ величины магнитной восприимчивости для почв на территории г. Таштагол, пгт Шерегеш и Шорского национального парка.

Задачи

- 1.) Провести литературный обзор по изучаемой теме
- 2.) Провести комплекс полевых, лабораторных и камеральных работ: отбор, подготовку проб, измерение магнитной восприимчивости и статистический анализ результатов.
- 3.) Оценить на основе полученных данных степень возможной загрязнённости почв урбанизированных и природных территорий соединениями железа и тяжёлыми металлами.

Объект предмет исследования: урбанизированные территории юга Кемеровской области – Кузбасса и природная территория Шорского национального парка. Предмет – магнитная восприимчивость рассматриваемых почв, как индикатор загрязнённости окружающей среды.

В г. Таштагол в течении 2020 – 2021 гг было отобрано 25 проб почвы на глубину 0-10 см., в Шорском национальном парке в 2021 г. взято 5 проб почвы, в Шерегеше осенью 2021 г. забрано 9 проб почвы в трёх основных функциональных зонах: курортной, жилой и промышленной. Такой набор территорий обусловлен схожестью условий почвообразования и как следствие геохимических особенностей региона [1,3,5]. Подобные исследования проводились в г. Междуреченске [7], а изучение геологических и геохимических особенностей Горной Шории велось ещё в начале двадцатого века М.А. Усовым и другими исследователями [4].



Рис. 1. Схема отбора проб в г. Таштагол; красным выделены точки фактического отбора проб, жёлтым – запланированного, синие точки – точки отбора снега, результаты обрабатываются

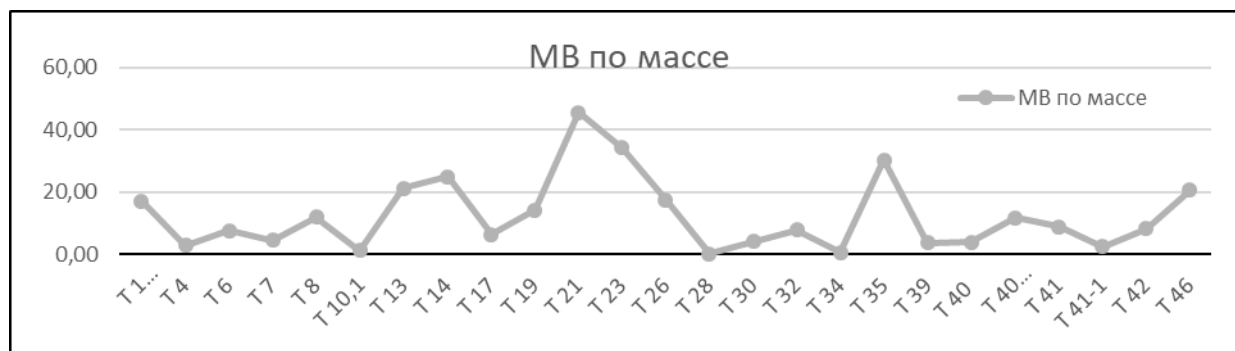


Рис. 2. График по магнитной восприимчивости почв Таштагола

Отбор и подготовка проб осуществлялась на основе общепринятого стандарта «Охрана природы (СООП) Почвы. Общие требования к отбору проб» [2]. Измерение магнитной восприимчивости проводилось согласно инструкции, приложенной к каппометру [6], Магнитная восприимчивость для удобства расчётов приведена по массе на 100 г. подготовленной почвы., объём изучаемого образца 150 мл. Камеральная обработка сводилась к статистической обработке и анализу полученных сведений. Результаты описательной статистики для рассматриваемых территорий приведены в таблицах 1,2,3.

Таблица 1

Описательная статистика по измерениям магнитной восприимчивости (МВ) в пгт Шерегеев

Название	Среднее	Геометр. сред.	Медиана	Мода	Мин	Макс	Разброс	Станд. откл.	Коэфф. Вар.	Асимметрия	Экссесс
МВ по массе	12,69	6,252	6,012	-	0,760	34,71	184,6	13,59	107,04	0,935	- 0,986

Таблица 2

Описательная статистика по измерениям МВ в г. Таштагол

Название	Среднее	Геометр. сред.	Медиана	Мода	Мин.	Макс.	Разброс	Станд. откл.	Коэфф. Вар.	Асимметрия	Экссесс
МВ по массе	12,57	7,435	8,399	-	0,296	45,74	135,2	11,63	92,49	0,464	0,902

Таблица 3

Описательная статистика по измерениям МВ на территории Шорского национального парка

Название	Среднее	Геометр. сред.	Медиана	Мода	Мин	Макс	Разброс	Станд. откл.	Коэфф. Вар.	Асимметрия	Экссесс
МВ по массе	0,884	0,519	0,345	-	0,137	2,640	0,923	0,961	108,7	1,318	0,552

Из таблиц видно, что урбанизированные территории показывают близкие средние значения, в то время как фоновые показатели ниже более чем в десять раз, что говорит о тесной взаимосвязи антропогенного влияния и магнитной восприимчивости. Возможно основополагающую роль в распределении и накоплении магнитной фракции играет рельеф. Ближе к поймам рек наблюдается повышение изучаемого показателя. Также магнитная восприимчивость почв растёт вблизи автомобильных дорог. В то время как жилые массивы, участки расположенные на возвышенности и удалённые от автодорог демонстрируют относительно низкие значения магнитной восприимчивости. Полученные данные указывают на возможно высокую загрязненность урбанизированных территорий Горной Шории соединениями железа и тяжёлыми металлами. Требуется анализ на содержание указанных элементов в изучаемых почвах.

Литература

1. Администрация Таштагольского района, Почвы. [Электронный ресурс] URL: <http://atr42.ru/index/pochvy/0-33> (дата обращения 10.02.2021)

2. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2008.
3. Кадастровые сведения о Шорском национальном парке за 2017 – 2020 гг. – Таштагол, 2020 г.
4. Копытов А.И., Кимеев В.М., Горная Шория: От древней металлургии до современной горнодобывающей промышленности. Исторические очерки: монография. / А.И. Копытов., В.М. Кимеев. – Кемерово: «Примула», 2020. – 432 с.
5. Лойко С.В.: Рекогносцировочные исследования почв площадок мониторинга за беспозвоночной фауной Шорского национального парка – Томск, 2017 г.
6. Пат. 2133487 Россия, МПК6 G 01 V 9/00. Способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель) / Язиков Е.Г., Миков О.А.; заявитель и патентообладатель. Томский политехн. ун-т. – № 98100689; заявл. 08.01.98; опубл. 20.07.99.
7. Е.Г. Язиков, Н.А. Осипова, А.В. Таловская, К.Ю. Осипов. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне воздействия предприятий угледобычи

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ МАЛОСАЛАЙРСКОГО ОТВАЛА ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ В Г. ГУРЬЕВСК КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Луц Е.Ю.

Научный руководитель Азарова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Предприятия по добыче полезных ископаемых оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Это приводит к ухудшению среды обитания человека, изменению ландшафтов, нарушению почвенного покрова, загрязнению воздушного и водного бассейнов, а также к обеднению биологического разнообразия. Почвы являются основным компонентом природной среды, несущим в себе долговременную информацию о техногенном воздействии. Почвы выступают главным физико-химическим барьером на пути миграции техногенных элементов (Рихванов и др., 1994; Экогеохимия..., 1995; Ильин и др., 2001; Сысо, 2004 и др.).

В настоящее время деградация почв носит глобальный характер и является одной из основных причин современного экологического кризиса (Добровольский, 2008; Алексеев, 2010; Апарин, Сухачева, 2015; Васнев и др., 2015).

Существуют регионы, в которых эта проблема приобретает особую значимость, и таким регионом является Кузбасс. В 2011 году в регионе ввели в эксплуатацию около 11 угольных предприятий. Такие темпы роста развития предприятий приведут к возрастанию площади нарушенных земель. Сегодня большая часть площади почвенного покрова сельскохозяйственной части региона в той или иной степени деградировано, около 100 тыс. га уничтожено полностью. (Малахов С.М.)

Целью настоящей работы явилось изучение магнитной восприимчивости исследуемых почвенных образцов, а также установление закономерности распределения данного показателя и содержания тяжёлых металлов.

Задачи: 1) провести измерение магнитной восприимчивости почвы; 2) сравнить полученные значения с данными химического состава почв, а также литературными данными; 4) интерпретировать полученные данные.

Методика исследования включала в себя полевые исследования, в результате которых был изучен рельеф местности, составлены геоботанические описания, в соответствии с которыми были выбраны места для заложения разрезов таким образом, чтобы отобрать образцы распространенных типов эмбриозёмов. Отбор почвенных проб проводился в июле 2019 года на Малосалайрском отвале флюсовых известняков, расположенном на Севере г. Гурьевск Кемеровской области. В процессе исследований было заложено 12 разрезов различных типов эмбриозёмов – инициальных, органо-аккумулятивных, дерновых. Из 12 заложённых разрезов измерение подвижных форм тяжёлых металлов проводилось для 8 проб, а измерение МВ в 13 почвенных пробах. Определение магнитной восприимчивости проводилось методом капаметрии прибором Kappameter Model: КТ-5. Подвижные формы тяжёлых металлов определялись в амонино-ацетатной вытяжке атомно-абсорбционным методом. Всего было изучено 13 проб.

В результате исследования была составлена диаграмма распределения величин магнитной восприимчивости в разных почвенных пробах, ед (рис.1).

Таким образом, измерение МВ показало, что наибольшие значения имеют пробы органо-аккумулятивных и дерновых эмбриозёмов, а также верхние горизонты разрезов, что может объясняться тем, что в верхних горизонтах происходит аккумуляция гумуса, а также илстой фракции почвы, которая прочно связана с металлами группы ферромагнетиков. По данным [2], магнитная восприимчивость может служить критерием интенсивности протекания таких элементарных почвенных процессов как гумусоаккумуляция, оглеение, осолодение и др. Также существуют исследования, в которых указывается, что подвижность железа снижается в щелочной среде, чем и объясняется снижение МВ вниз по почвенному профилю исследуемых почв, так как почвообразующей породой в данном случае служат известняки [1].

Также был проведён корреляционный анализ величины МВ и содержания тяжёлых металлов (ТМ) в почвенных образцах. В табл. 1 приведены результаты исследования.

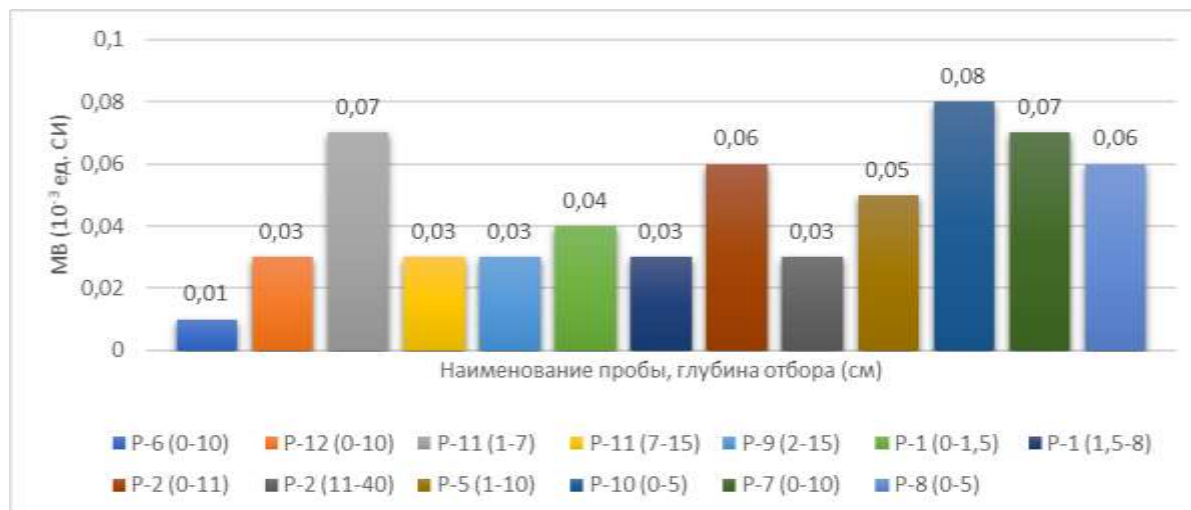


Рис. 1. Изменение магнитной восприимчивости в исследуемых почвенных пробах

Таблица 1

Коэффициент корреляции магнитной восприимчивости исследуемых почв и содержания подвижных форм тяжелых металлов

ТМ	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni	Cr
МВ	-0,257	0,661	0,81	0,211	-0,108	0,016	-0,165

В результате было выявлено, что значимый показатель коэффициента корреляции наблюдается между МВ и Cd. Согласно исследованиям [4], наиболее активно оксиды железа взаимодействуют с тяжелыми металлами, имеющими высоким значением МВ, коим и является Cd. Также имеются сведения, что в цементной пыли наблюдаются высокие концентрации кадмия [3], сырьём для которого является известняк.

Для установления зависимости гумусового состояния почвы и величины МВ был посчитан коэффициент корреляции между гумусом и содержанием подвижных форм ТМ. Результат расчёта приведен ниже в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициент корреляции содержания гумуса исследуемых почв и содержания подвижных форм тяжелых металлов

ТМ	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni	Cr
Гумус	-0,048	0,157	0,711	0,141	-0,234	-0,2	-0,4

Таблица 2 является подтверждением того, что величина МВ имеет прямую взаимосвязь с гумусом, так как значимый показатель коэффициента корреляции наблюдается между МВ и Cd, а Cd, в свою очередь, имеет значимый коэффициент корреляции по отношению к гумусу.

В ходе работы было установлено, что исследуемые почвы характеризуются невысокими показателями магнитной восприимчивости. Наибольшее значение МВ приурочено к разрезу 5 и 7. Проб с этих разрезов отбиралась на глубине 0-5см и 0-10см соответственно. Высокий показатель МВ относительно других проб объясняется морфологическими особенностями почв – наличием дернового и органо-аккумулятивного горизонтов, так как гумус является мощным геохимическим барьером, где происходит накопление тяжёлых металлов. Расчёт коэффициента корреляции показал, что значимый коэффициент корреляции прослеживается лишь в отношении МВ и подвижного Cd. Также было выявлено, что магнитная восприимчивость исследуемой почвы, также, как и кадмий имеет прямую взаимосвязь с органическим веществом почвы – гумусом. Таким образом МВ почвы может служить индикатором загрязнения почв тяжёлыми металлами, а, следовательно, и геоэкологической обстановки территории.

Литература

1. Литвинович, А.В. Влияние известкования на накопление марганца и железа растениями яровой пшеницы / А.В. Литвинович, А.О. Ковлева, О.Ю. Павлова // Агрехимия. - 2015. - № 5. - С. 61–68.
2. Магнитный метод: Руководство по изучению палеоэкологии культурных слоев древних поселений [Текст] / Ю.Н. Водяницкий, М.И. Скрипникова – М.: РАН, МГУ, 2000. – 88 с.
3. Страдина, О.А., Магнитная восприимчивость почв среднего предуралья как показатель их загрязнения тяжелыми металлами [Текст]: дис. ... к. с.-х. наук. / Страдина Ольга Алксандровна. – Уфа, 2008. – 240 с.

4. Morton Bermea, O. Mexico City topsoils: heavy metals vs. magnetic suscepti bility [Text] / O Morton Bermea., E. Hernandez, E. Martinez Pichardo, A.M. Soler Arechalde, R. Lozano Santa Cruz, G. Gonzalez Hernandez, L. Beramendi Orosco, J. Urrutia Fucugauchi // Geoderma. - 2009. – Vol. 151. – Is. 3-4. – P. 121-125

СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Малютена С.А.¹, Большунова Т. С.²

Научный руководитель доцент Азарова С.В.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²АО «ТомскНИПИнефть» г. Томск, Россия

Эпифитные лишайники в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды широко применяются в биомониторинговых исследованиях. Данный метод обладает рядом преимуществ. Например, отсутствие корневой системы, за счет чего поглощение питательных веществ происходит из атмосферного воздуха и осадков. Особенный механизм концентрирования различных веществ, в том числе и поллютантов, вызывает огромный научный интерес для изучения оказываемого вредного воздействия хозяйственной деятельности человека [2].

В ряду наиболее опасных элементов-загрязнителей биосферы особое внимание уделяется ртути, в отношении которой применяются первоочередные меры по урегулированию ее вредного воздействия на окружающую среду [7]. Негативный эффект на организмы живых существ можно наблюдать при очень низких концентрациях [3]. Соединения ртути широко распространены в природе и способны мигрировать на огромные расстояния как в газообразной форме, так и в качестве аккумулированного соединения в живом веществе [4].

На территории горного Алтая эмиссия ртути обусловлена как природными факторами, так и антропогенными. Природные факторы представлены обусловлены наличием на данной территории месторождений ртути и месторождений других полезных ископаемых, где ртуть является элементом-спутником. Антропогенные факторы главным образом связаны с добычей россыпного золота [6] и атмосферным переносом с сопредельной территории Восточного Казахстана.

Целью данного исследования является оценка уровня загрязненности атмосферы ртутью методом лишеноиндикации на территории республики Алтай и Алтайского края.

Образцы эпифитных лишайников (*Usnea subfloridana*, *Evernia mesomorpha*, *Lobaria pulmonaria*) отбирались со стволов взрослых деревьев на высоте 1,5-2 метра в сухую погоду на территориях с. Чемал, с. Шебалино, с. Язула, окрестностей г. Белокуриха, северной и юго-западной части Телецкого озера и р. Малая Сумульта. Пробы лишайников высушивались при комнатной температуре, затем очищались от инородных включений и измельчались [1]. Также в работу были включены результаты, полученные ранее при изучении содержания ртути в лишайниках, отобранных у подножья горы Белуха [5].

Определение количественного содержания ртути в лишайниках проводилось в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета с помощью анализатора ртути с зеемановской коррекцией неселективного поглощения «РА-915М», пиролитической приставки «ПИРО-915+» и пакета программ RA915P. Перед началом измерений проводилась градуировка по стандарту «Лист березы» (ГСО 89232007, СО КООМЕТ 0067-2008-RU) с содержанием ртути 37 нг/г. Масса навески составляла 20-60 мг.

Результаты анализа показали, что средние содержания ртути по каждой территории колеблются в пределах 125 до 218,65 нг/г. Максимальные значения наблюдаются на территориях более возвышенным рельефом (гора Белуха, окрестности г. Белокуриха). Концентрации ртути по каждой территории представлены рисунке 1.

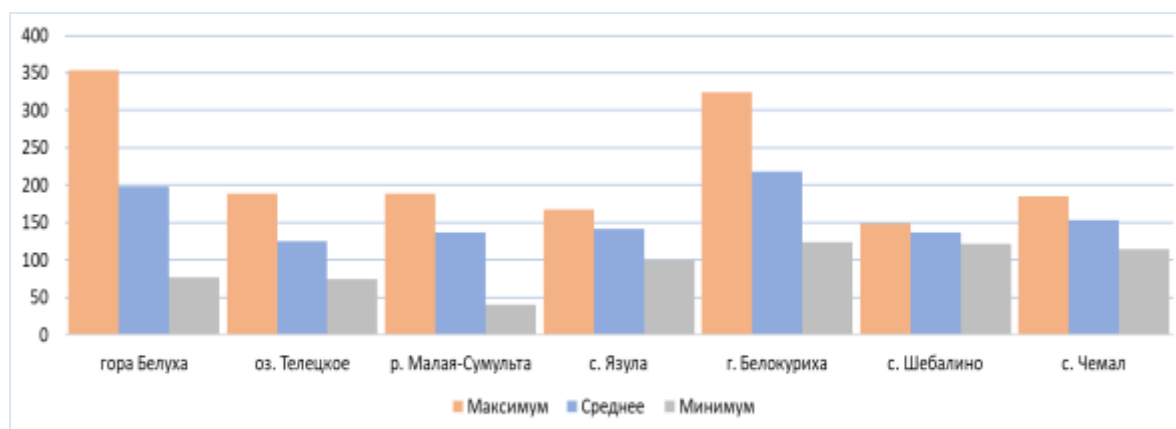


Рис. 2. График концентраций ртути в эпифитных лишайниках республики Алтай и Алтайского края

На возвышенных территориях концентрации ртути выше, что указывает на взаимосвязь, объясняемую характером поведения ртути в условиях высокогорья [6]. Аналогичная картина наблюдается в исследованиях Крымского полуострова – с повышением рельефа концентрация увеличивалась (рис. 2) [3].

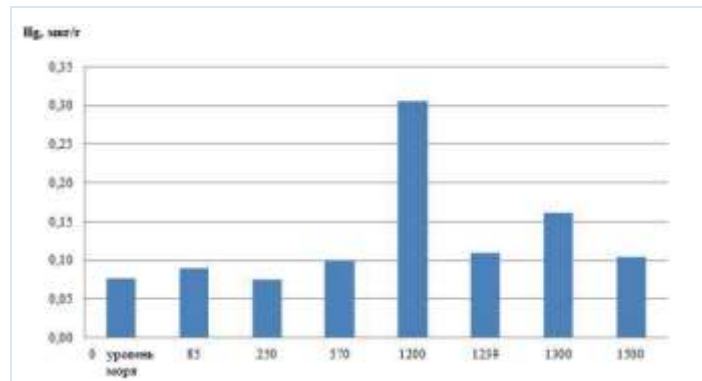


Рис. 3. Содержание ртути (мкг/г) в эпифитных лишайниках Крымского полуострова, произрастающих на разной высоте над уровнем моря [3]

Согласно тому же исследованию, концентрация ртути в крымских лишайниках обусловлена преимущественно природными факторами, а также трансграничным переносом. Также отмечается, что данные по Крыму не имеют существенных различий с подобными исследованиями в Регионах России. Данные по концентрациям ртути в лишайниках в настоящем исследовании в целом тоже схожи.

Анализируя полученные сведения, можно сделать вывод, что концентрации ртути в эпифитных лишайниках на территориях республики Алтай и Алтайского края не имеют значимых превышений, относительно других регионов.

Выражаем благодарность Барановской Наталье Владимировне за предоставление проб лишайников с территорий: с. Язула, р. Сумульта и юго-восточной части Телецкого озера, отобранных вы рамках гранта РФФИ № 20-64-47021 «Влияние литолого-геохимической специфики горных ландшафтов Сибири и Дальнего Востока на формирование элементного состава организма млекопитающих».

Литература

1. Большунова Т. С. Оценка степени трансформации природной среды в районах нефтегазодобывающего комплекса Томской области по данным изучения снегового покрова и лишайников-эпифитов [Текст]: диссертация на соискание ученой степени канд. г-м наук. / Большунова Татьяна Сергеевна. – Томск, 2015. – 182 с.
2. Бязров, Л. Г. Лишайники -индикаторы радиоактивного загрязнения / Л. Г. Бязров ; Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 476 с. – ISBN 5-87317-223-4.
3. Евстафьева Е. В. и др. Содержание ртути в эпифитных лишайниках на территории Республики Крым //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №. 7. – С. 93-103.
4. Ляпина Е. Е., Головацкая Е. А., Ипполитов И. И. Исследование содержания ртути в природных объектах Западной Сибири //Сибирский экологический журнал. – 2009. – Т. 16. – №. 1. – С. 3-8.
5. Малютена С. А., Большунова Т. А., Чернышев К. Н. Содержание ртути в эпифитных лишайниках на территории природного комплекса "Золотые горы Алтая" //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. Т. 1.–Томск, 2021. – 2021. – Т. 1. – С. 379-382.
6. Робертус Ю. В. и др. Ртуть в компонентах природной среды Республики Алтай //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – №. 3. – С. 158-167.
7. World Health Organization/ United Nations Environment Programme (WHO/UNEP). Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. World Health Organization, Geneva, Switzerland: Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals, 2008. 167 p. URL: <https://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf> (дата обращения: 23.03.2022).

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВАНИИ СНЕГОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Матюхин И.А, Субботина Д.А, Ланько А.В.

Научный руководитель доктор технических наук, доцент О.Л.Качор

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г.Иркутск, Россия

В настоящее время проблема качества атмосферного воздуха в городах привлекает все больше внимания. Наиболее доступным и информативным объектом для изучения состояния атмосферного воздуха в городской среде

является снежный покров, так как в условиях длительного зимнего времени он накапливает и сохраняет различные поллютанты, и поэтому может рассматриваться как задерживающая среда для пылевых выпадений и различных химических соединений. С геохимической точки зрения изменение химических свойств воздуха, несвязанное с естественными природными процессами, является загрязнением.

На территории Иркутского городского образования, а также в его пределах, расположен ряд промышленных объектов, таких как Иркутский авиационный завод, Иркутский завод тяжелого машиностроения, Иркутский релейный завод и ряд иных предприятий. В городе имеется действующая ТЭЦ, а также более 100 котельных. Наличие данных объектов подтверждает актуальность проведения снегохимических опробований с целью выявления ореолов распространения загрязняющих веществ.

Снегохимическое опробование - метод эколого-геохимических исследований состояния окружающей среды. Метод используется для определения загрязнения атмосферного воздуха различными элементами за счет трансрегиональных ветровых переносов и дымовых выбросов местных промышленных предприятий [1]. Снег обладает достаточно высокой сорбционной способностью, поэтому во время снегопада захватывает значительную часть аэрозолей и адсорбирует различные газы. На снежном покрове депонируются поллютанты, вследствие чего за период его залегания минеральные и органические вещества накапливаются в однородном естественном субстрате, сохраняясь в исходном состоянии. В свою очередь это позволяет определить устойчивую структуру атмосферных выпадений, то есть установившийся уровень концентрации загрязняющих веществ и элементов, учитывающий, как климатические условия, так и особенности городской застройки [2].

Данное исследование проводилось в Свердловском округе г.Иркутска, в п.Марково и г.Шелехов. Было отобрано 94 пробы снега, а также 2 фоновые пробы, отобранные на значительном удалении от возможных источников загрязнения. Образцы были проанализированы на большой перечень химических элементов, включающий литий, мышьяк, свинец, уран, барий и т.д. По результатам определения концентрации загрязняющих веществ, были построены карты превышения концентрации 61 химического элемента над фоновыми концентрациями. На основании данных химического анализа и карт делалось заключение о состоянии качества атмосферного воздуха в изучаемой области, а также выделялись ореолы распространения загрязнения с привязкой к предполагаемым источникам.

Масштабные снегохимические исследования проводились с целью установления качества атмосферного воздуха в районах проживания ведущих профессоров института «Сибирская школа геонаук» ИРНТУ и студентов - геологов, граничащих с зонами влияния потенциальных приоритетных источников загрязнения (Рисунок 1) - Ново-Иркутская ТЭЦ (на севере) и Иркутский алюминиевый завод (юго-запад).

Для представления результатов исследования нами были выбраны 2 элемента (мышьяк и барий), распределение превышения концентрации которых над фоновым значением наиболее контрастно отображает как зону загрязнения, так и предполагаемые источники загрязнения.

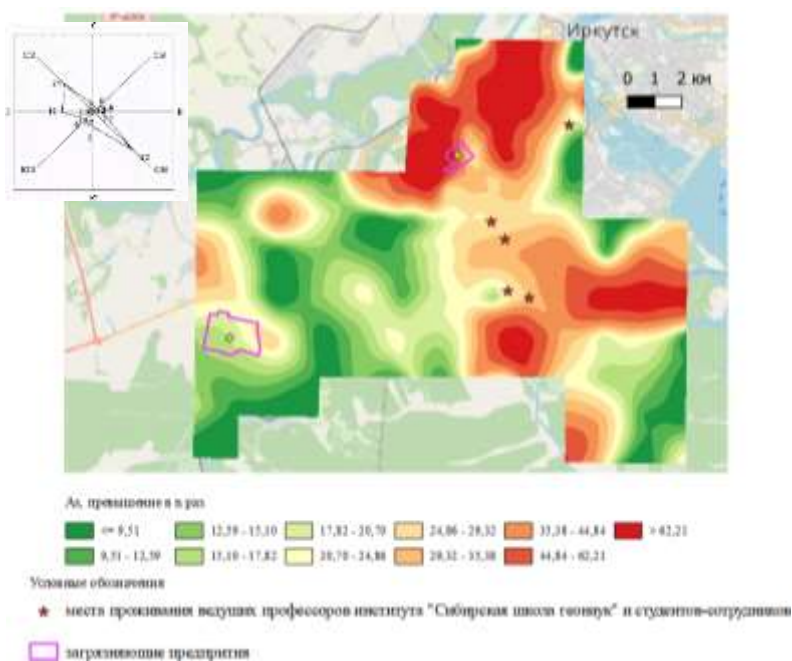


Рис. 4. Превышение концентрации мышьяка над фоновым содержанием

Максимальное превышение содержания мышьяка над фоновым значением наблюдается на севере Свердловского округа г. Иркутска (Рис.). Предполагаемый источник загрязнения - Ново-Иркутская ТЭЦ.

Ореолы распространения загрязнения мышьяком совпадают с розой ветров на территории г. Иркутск, что в конечном итоге позволяет предположить о зависимости между загрязнением и используемым топливом на теплоэнергоцентрали.

Вторым элементом, превышение концентрации которого над фоновым содержанием выделяется относительно остальных соединений, является барий (Рис.2). Основные очаги загрязнения наблюдаются вокруг Иркутского алюминиевого завода, а также в районе расположения Ново-Иркутской ТЭЦ. Загрязнение возле территории алюминиевого завода обусловлено тем, что барий используется в качестве газопоглотителя при выплавке алюминия. Также очевидно, что превышение концентрации бария возле ТЭЦ связано со сжиганием твердого топлива.

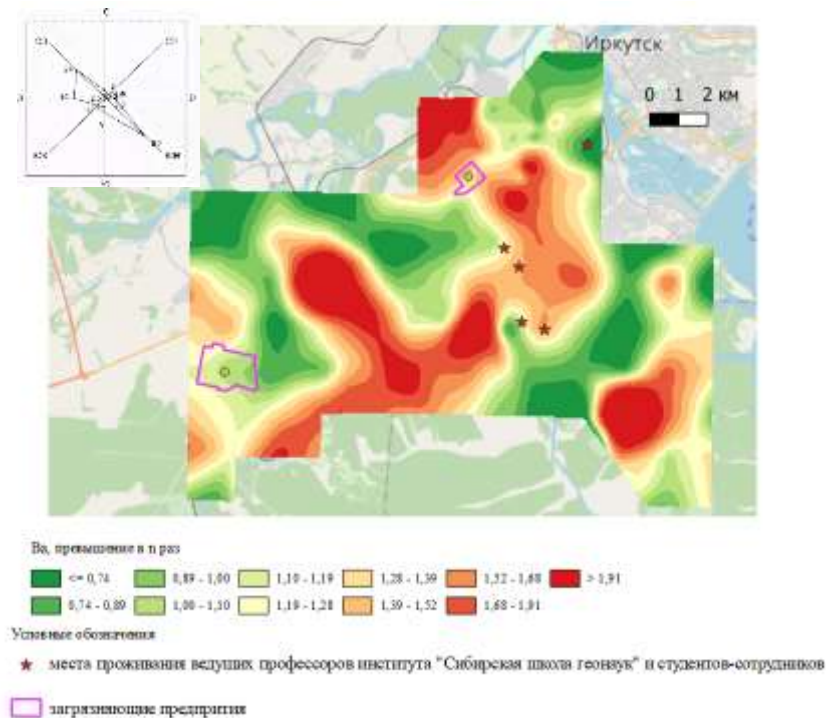


Рис. 5. Превышение концентрации бария над фонового содержанием

В ходе выполнения снегохимической съемки были определены концентрации 61 химического элемента в исследуемой области, а также сделан вывод о состоянии качества атмосферного воздуха. Наибольшее превышение фонового значения наблюдается у мышьяка в районе Ново-Иркутской ТЭЦ (в 62 раза). Наибольший ореол загрязнения наблюдается у бария, что может быть связано с деятельностью алюминиевого завода и работой теплоэнергоцентрали. Также можно констатировать, что наши ведущие профессора проживают в не самом экологически безопасном районе. Тут наблюдается превышение по барию и мышьяку. Общежитие 3 испытывает на себе негативное влияние только мышьяка.

Литература

1. Оценка атмосферного воздуха города Красноярска по снеговому покрову [Текст] / Т.П. Стримжа, М.В. Неустроева, О.Ю. Перфилова, А.И. Фертиков // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2012. – № 3. – С. 319 – 327.
2. Оценка загрязнения атмосферы в районе алюминиевого производства методом геохимической съемки снежного покрова [Текст] / Л. М. Филимонова, А. В. Паршин, В. А. Бычинский // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 10. – С. 75 – 84.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ В РАЙОНЕ Р. РОМАШКА (ЧЕРНИЛЬЩИКОВО), Г. СЕВЕРСК

Мезенцева В.Е.

Научный руководитель доцент А.Ю.Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основным источником антропогенного воздействия на территории г. Северск долгое время был «Сибирский химический комбинат», далее «СХК». Этот комплекс ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) активно работал в прошлом веке.

Влияние деятельности «СХК» до сих пор интересует как научную сторону, так и население в целом. Фиксация результатов оценки окружающей среды происходила в различных средах: пылеаэрозольных выпадениях, донных отложениях, торфе и почве. Именно почва является одним из продуктивных индикаторов загрязнения, благодаря своему свойству удерживания элементов длительное количество времени, что является и большой

опасностью, так как элементы в почве участвуют в обмене веществ с компонентами биогеоценоза. Поэтому изучение геохимических особенностей почв является актуальным и позволяет сделать выводы об уровне загрязнения и, возможно, об его источниках.

Целью работы является изучение геохимических особенностей почв в районе р. Ромашка, г. Северск.

В сентябре 2021 года на территории г. Северск, в районе р. Ромашка (протока Черныльщикова) автором были отобраны пробы пойменных почв и доставлены для дальнейшего исследования в учебный корпус №20 Томского политехнического университета. Отбор проб происходил из прикопок глубиной 20-25 см методом конверта. Почвы просушивались при комнатной температуре, после этого извлекались все посторонние частицы. Далее с помощью сито проба весом 500 гр., была разделена по фракциям. Полученные фракции были истерты до 200 меш на установке МВИ-1 для дальнейших исследований.

Для изучения химических элементов в почве были применены современные методы анализа. Основным методом выступал инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА), (аналитики А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская).

Содержание ртути в почве было определено методом атомной адсорбции на приборе РА-915М с приставкой ПИРО-915+ (консультант Н.А. Осипова)

Результаты проведенного атомно-абсорбционного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация ртути в почве по фракциям

Гранулометрический состав, мм	Концентрация, нг/г
>2	26,7
>1	26,4
>0,5	27,9
>0,25	20,4
>0,125	21
>0,1	42,2
>0,04	45,5
<0,04	46,2

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что концентрация ртути почти в 2 раза выше в более мелкой фракции от >0,1 мм до <0,04 мм. Данные показатели находятся ниже ПДК (2100 нг/г) и ниже или около значения Кларка земной коры (45 нг/г).

Также результаты проведенного инструментального нейтронно-активационного анализа показаны в табл. 2.

Таблица 2

Среднее содержание элементов в почвах в районе Томской области

Элементы, мг/кг	Район р. Ромашка	Г. Томск [Жорняк, 2009]	Фон [Языков, 2006]	р. Ромашка, г. Северск [Берчук, 2012]	Кларк в верхней континентальной коре [Григорьев, 2009]
Na, %	1,10	1,1	0,46	-	2,07
Ca, %	2,69	1,4	0,43	-	3,89
Fe, %	2,18	3,2	1,3	-	4,06
Br	1,88	8,8	1,24	-	11
Ba	331	550	124	-	210
Co	8,76	14,3	6,5	-	17
Cr	106	103,6	43,2	-	150
Sb	0,63	1,6	0,3	-	0,5
As	3,88	0,4	0,4	-	6,5
Rb	55,51	76,7	17,2	-	110
Cs	2,07	3,6	1,25	-	4
Sr	172	67,3	1,64	-	270
Hf	5,87	6,6	3,8	-	4,5
Ta	0,86	0,85	0,16	-	1,4
Sc	8,24	11,3	8,3	-	15
Tb	0,56	1	0,13	1,2	0,89
Sm	4,63	5,7	3,9	4,4	5,7
Eu	0,89	1,3	1,4	1,9	1,3
La	20,63	25,7	17,3	29,1	32
Ce	21,97	58,6	33,4	95,2	63
Yb	2,32	2,7	0,9	2,7	2,5
Lu	0,31	0,4	0,16	0,4	0,51
U	1,79	2,4	0,5	4,8	2,5
Th	5,87	7,5	3,7	10,7	9,3



Рис. 1. Среднее содержание элементов в почвах в районе Томской области

Геохимические ряды представлено в таблице 3.

Таблица 3

Геохимические ряды

Мезенцева (р. Ромашка)	Ba _{1,58} – Hf _{1,30} - Sb _{1,26} – Yb _{0,93} – Sm _{0,81} – U _{0,72} – Cr _{0,71} – Ca _{0,69} – Eu _{0,68} – La _{0,64} – Sr _{0,64} – Th _{0,63} – Tb _{0,63} – Ta _{0,61} – Lu _{0,61} – As _{0,60} – Sc _{0,55} – Fe _{0,54} – Cs _{0,52} – Co _{0,52} – Rb _{0,50}
Жорняк (г. Томск)	Sc _{3,2} – Cs _{2,62} – Th _{1,47} – Eu _{1,12} – Yb _{1,08} – Ca ₁ – Cr ₁ – Hf _{0,96} – Sm _{0,93} – Ta _{0,9} – Na _{0,84} – Ba _{0,81} – U _{0,80} – Co _{0,8} – Rb _{0,79} – Sb _{0,78} – La _{0,75} – Lu _{0,70} – Fe _{0,69} – Sr _{0,61} – Br _{0,53}

Результаты инструментального нейтронно-активационного анализа показали, что данные почв района р. Ромашка практически не превышают кларк (по Григорьеву). Исключение составляют такие элементы как Барий, Сурьма и Гафний.

Метод атомной адсорбции показал, что в более мелкой фракции содержание ртути несколько выше, чем в крупной фракции. Данные показатели находятся ниже ПДК (2100 нг/г) и ниже или около значения Кларка земной коры (45 нг/г).

Литература

1. Берчук, В.Ю., Рихванов Л.П., Готье-Ляфай Ф. Уровни накопления и характер распределения лантаноидов и трансурановых элементов в вертикальном разрезе пойменных почв протоки Чернильщикова р. Томи [Текст] / В.Ю. Берчук, Л.П. Рихванов, Ф. Готье-Ляфай // Известия Томского политехнического университета. – 2012. - Т. 320. - № 1. - С. 170–178.
2. Григорьев, Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры [Текст] / Н.А. Григорьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 383 с.
3. Жорняк, Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв [Текст]: автореферат дис... кандидата геол.-мин. наук / Жорняк Лина Владимировна. - Томск, 2009. – 22 с.

СИБИРСКИЙ ШЕЛКОПРЯД В ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ

Мирошниченко М.С.

Научный руководитель доцент Осипова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сибирский шелкопряд – один из наиболее опасных вредителей хвойных лесов Сибири. Самый крупномасштабный очаг был зафиксирован в Томской области в 1954 году, где число гусениц на одно дерево равнялось 12 - 15 тысячам. К концу 1956 было поражено более 2 млн га лесов, а более 300 тыс. га были повреждены

до степени усыхания. Последний очаг был зафиксирован в 2016 году, который был к 2018 году предотвращен в связи с низкой численностью вредителей [3].

Цель данной работы – это анализ влияния Сибирского шелкопряда в припоселковых кедровниках Томской области с изучением геоэкологических последствий и мер борьбы с ним.

Влияние сибирского шелкопряда охватывает гектары лесов Томской области усыханием и угнетением древесины. Очаги вредителя увеличивают риск возникновения лесных пожаров до полного исчезновения насаждений. Для проведения мероприятий по уничтожению и подавлению численности сибирского шелкопряда разработана проектная документация Конева А.С. с целью применения биологических препаратов авиационным способом в насаждениях Томской области [1].

В настоящее время происходит период так называемый – «волны жизни», колебания (или флуктуации) численности особей в популяции. Учитывая быстрый рост численности сибирского шелкопряда, необходимо подобрать верные методики для их уничтожения с минимальным риском геоэкологическим условиям насаждений районов Томской области.



Рис. 1. Значимость борьбы в Томской области [2]

Размер лесопользования регулируется расчетной лесосекой, которая утверждена по Томской области в объеме 38,6 млн. м³, в том числе, по хвойному хозяйству - 7,2 млн. м³. Леса характеризуются невысокой производительностью. Преобладают насаждения с полнотой 05 - 07, занимающие 69% лесопокрытой площади. В настоящее время в лесном хозяйстве накопилось ряд проблем, решение которых будет способствовать эффективному и рациональному использованию лесных ресурсов.



Рис. 2. Последствия угнетения хвой и древесины в Лучаново-Ипатовском припоселковом кедровнике

Одним из наиболее перспективных путей использования неделовой древесины и ее отходов является пиролизическая переработка с целью получения угля-сырца, который может быть использован в различных отраслях промышленности, в том числе и для получения углеродных сорбентов различного назначения.

В химическом отношении древесина представляет собой сложный комплекс, состоящий из углеводной части (целлюлоза, гемицеллюлоза), ароматической (лигнин) и экстрактивных веществ (липиды, терпеноиды, флавоноиды и др.). Физико-механические свойства древесины, главным образом, определяются аморфным полимером (лигнином), который составляет 20 - 30 % от массы сухой древесины. Основной угле образующей частью в древесине является лигнин. В химическом отношении лигнин весьма реакционноспособен. Это легко объясняет протекающие реакции конденсации с образованием новых углерод-углеродных связей и возрастание молекулярной массы [4].

При изучении кинетики термической деструкции древесины и целлюлозы был изучен химический состав пихты сибирской различного возраста поражения в сравнении со здоровой. В результате проведенных исследований установлен один из наиболее приемлемых путей переработки неиспользуемого до настоящего времени этого вида сырья. Переработка такой древесины на угольные материалы – одно из направлений ее полезного применения, снижения зараженности лесов и сокращения объема свежезаготавливаемой древесины.

Литература

1. Конев, А.С. Обоснование проведения мероприятий по уничтожению или подавлению численности сибирского шелкопряда с применением биологических препаратов авиационным способом в насаждениях Кожевниковского лесничества Томской области на 2017 г. Проектная документация [Текст] - ОГАУ «Томский лесхоз», 2017. – 46 с.
2. Малькевич М.В. доклад: «Меры, принимаемые по борьбе с сибирским шелкопрядом на территории Томской области» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://duma.tomsk.ru/upload/site/2017/02/16/58a5704b958f8%D0%BA_%D0%B2%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%83_%D0%BF%D0%BE_%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%B8_3_%D0%B2%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81.pdf
3. Никитин, В.М. Химия древесины и целлюлозы [Текст] / Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. - М.: Лесная пром-сть, 1979 - 368 с.
4. Пасько О.А. Оценка лесных ресурсов: учеб. изд. [Текст] / О.А. Пасько – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 - 123 с.
5. Справочно-проектное бюро Влажность древесины. - 2011-2012. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.klaq.ru/spravka/vlazhnost-drevesiny/>

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ ТОРФОВ ЭВТРОФНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Митина А.А.

Научный руководитель: доцент Голубина О.А.

Сибирский государственный медицинский университет, г.Томск, Россия

В составе биологически активных веществ находятся различные элементы, которые при нормальных концентрациях могут благоприятно влиять на протекание биохимических процессов в биоценозе. По этой причине необходимо исследовать природные объекты (в данной статье описаны гуминовые кислоты торфов) на элементный состав. Особое внимание обращено на концентрации тяжелых металлов, при увеличении которых может оказываться пагубное действие на объекты биоценоза.

Для исследования было выбрано болото эвтрофного типа месторождения Таган, расположенного в Томской области. Торфяная залежь расположена в древней ложбине стока реки. Подстилающими породами являются заиленные пески, мощность залежи составляет около 3 м.

Таблица 1

Вид торфов эвтрофного болота месторождения Таган в зависимости от глубин

Глубина, см	Группа торфа
0-25	травной
25-50	травяной
50-75	травяно-гипновый
75-150	травяной
150-175	древесно-травяной
175-200	осоковый
200-225	древесный
225-250	папоротниковый
250-275	травяной
275-300	древесно-травяной

Определение микроэлементов выполнялось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Для проведения анализа образцы, предварительно высушенные и истертые до однородной массы, переводили в раствор. Перевод в раствор осуществляли, используя предварительно очищенную концентрированную азотную кислоту, перекись водорода и систему микроволнового разложения Milestone Start D (200 °С, 700 Вт). После чего, пробы высушивали при температуре порядка (100-110) °С, до состояния влажных солей, затем количественно переносили в одноразовые, полипропиленовые пробирки объемом 50 мл с помощью фонового раствора – 15%-ной азотной кислоты со следами плавиковой кислоты.

Параллельно с образцами готовили холостой опыт. Перед анализом в каждую пробирку с образцами и холостой пробой был добавлен внутренний стандарт – раствор индия. После чего и все образцы были разбавлены до единого объема. Анализ проводили на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой низкого разрешения Agilent 7500cx (Agilent Technologies, США).

Таблица 2

Содержание макро- и микроэлементов, зольность и рН месторождения Таган на различных глубинах

Глубина, см	Содержание элементов, мкг/г, мг/кг								А, %	рН
	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Mo	Cd	Pb		
0-25	5,7	771	5,9	3,0	37,0	2,10	0,220	11,0	11,17	5,79
25-50	3,6	316	4,2	2,3	21,0	2,40	0,102	1,20	9,410	5,79
50-75	7,0	381	8,5	3,2	32,0	2,30	0,087	1,09	11,16	5,58
75-100	13,6	462	11,8	3,9	17,5	2,90	0,106	0,97	6,630	5,57
100-125	5,3	296	6,3	3,2	31,0	2,70	0,079	0,99	10,32	5,67
125-150	7,0	287	8,5	3,1	48,0	2,80	0,121	1,05	11,34	5,77
150-175	6,7	276	11,0	3,4	20,0	3,40	0,085	1,23	10,48	5,78
175-200	6,3	308	11,3	3,5	13,1	2,30	0,092	1,15	12,09	6,02
200-225	6,5	277	11,3	3,5	12,3	2,10	0,140	1,30	10,71	6,08
225-250	5,9	287	13,3	4,2	18,3	2,10	0,122	1,10	10,27	6,17
250-275	15,7	270	12,0	5,0	17,1	1,40	0,112	3,60	8,89	6,11
275-300	20,0	152	11,0	3,1	17,0	0,26	0,066	6,40	17,43	6,12
Среднее значение	8,61	340,25	9,59	3,45	23,69	2,23	0,11	2,59	10,83	5,87



Рис. Карта, указывающая на расположения месторождения Таган

Во всех исследуемых образцах среда остаётся слабокислой и увеличивается с глубиной. Максимальное значение рН = 6,17 приходится на глубину 250 см, минимальные значения приходятся на глубину 100 см – 5,57. Значение зольности меняется скачкообразно, её максимальное значение наблюдается у пробы глубиной 300 см - 17,24 %. Наибольшее содержание хрома приходится на глубины 275 и 300 см (15,7 и 20 мг/кг), наименьшее – на верхних слоях (5,7 и 3,6 мг/кг соответственно), а на глубинах 175- 250см наблюдается относительно равное количество этого элемента (от 5,9 до 6,7 мг/кг). Чёткая корреляционная зависимость между содержанием Cr и значением зольности ($r = 0,33$), рН ($r = 0,30$), содержанием никеля ($r = 0,48$) и меди ($r = 0,48$) не была выявлена. Распределение марганца, в отличие от хрома, уменьшается с увеличением глубины (наибольшее значение 771 мг/кг на глубине 25 см, наименьшее – 152 мг/кг на глубине 300 см). Коэффициент корреляции между содержанием марганца и кадмия составляет $r = 0,81$, а между Mn и свинцом – $r = 0,58$. Между содержанием марганца и молибдена чёткая корреляционная зависимость не выявлена ($r = 0,25$). Содержание никеля на глубинах 25 и 50 см наименьшее и составляет 5,9 и 4,2 мг/кг, на глубине 100 см наибольшее – 11,8 мг/кг, относительно стабильное содержание ионов этого элемента наблюдается на глубине в диапазоне 175-225 см (11-11,3 мг/кг). Содержание Ni и меди находятся в линейной корреляционной зависимости ($r = 0,77$). Корреляционный коэффициент между содержанием ионов никеля и значением рН составляет 0,54. Исследуемые образцы не характеризуются высоким содержанием меди и молибдена. Содержание ионов Cu колеблется от 2,3 до 5 мг/кг, Mo – от 0,26 до 3,4 мг/кг. Коэффициенты корреляции между содержанием ионов Mo и значением зольности и рН составляет -0,66 и -0,64 соответственно. Чёткой зависимости между содержанием ионов Cu и значением рН не наблюдается ($r = 0,42$). Наименьшее содержание

среди исследуемых ионов металлов наблюдается у кадмия 0,066-0,14 мг/кг. Выявлена линейная корреляционная зависимость между содержанием Cd и содержанием свинца ($r = 0,62$). Наибольшее значение цинка содержится в образце глубиной 150 см – 48 мг/кг, наименьшее на глубине 300 см – 17 мг/кг. Коэффициенты между содержанием цинка и содержанием марганца составляет 0,28, между Zn и Cd – 0,32, между Zn и Pb – 0,20.

В ходе работы были выявлены корреляции между Mn и Cd ($r = 0,81$), Cu и Pb ($r = 0,77$), Mo и A% (0,66), Mo и pH (0,64), Cd и Pb (0,62). Закономерности по содержанию Zn и Cr в исследуемых образцах не прослеживаются [5].

Были использованы ПДК почв, поскольку для торфов ПДК на данный момент пока не зарегистрированы: Cr(III) – 6,0 (в кислых почвах Cr в основном содержится в виде иона Cr^{3+} [3]); Mn – 1500,0; Ni – 4,0; Cu – 3,0; Zn – 23,0; Mo – 5,0; Cd – 2,0; Pb – 32,0 мг/кг. Среднее значение содержания элементов исследуемых образцов значительно превышает предельно допустимые концентрации у хрома (8,61 мг/кг) и никеля (9,59 мг/кг). Незначительное повышение отмечается у меди (3,45 мг/кг) и цинка (23,69 мг/кг). Остальные средние значения содержания элементов не превышает предельно допустимые концентрации.

Литература

1. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета [Текст] / Л. И. Инишева, В. Ю. Виноградов, О. А. Голубина, Г. В. Ларина, Е. В. Порохина, Н. А. Шинкеева, М. В. Шурова. - Томск: Изд-во ТГПУ, 2010. - 148 с.
2. О взаимодействии хрома (III) с гумусовыми веществами почв вод, донных осадков [Текст] / И.Я. Кощеева, С.Д. Хушватова, В.В. Левинский, В.Н. Данилова, Ю.В. Холин // Геохимия. - 2007. - №2. - С. 208–215.
3. Орлов, Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115/titles/8P20LR>
5. Содержание биогенных элементов (Zn, Co, Cr), щелочных (Rb, Cs), щелочноземельных (Sr, Ba) металлов и лантана в эвтрофной торфяно-болотной экосистеме [Текст] / О.А. Голубина, Т.Н. Цыбукова, Е.Н. Тверякова, И.А. Передерина, Г.А. Жолобова, Е.П. Князева, М.В. Зыкова // Химия растительного сырья. - 2019. - №4. - С. 337–347. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045131
6. Эффективность применения природных сорбентов для детоксикации почв, загрязненных солями тяжелых металлов и нефтепродуктами [Текст] / Д.В. Пономаренко, Л.В. Малиновская, С.Н. Перевалов, В.Г. Яценко, А.А. Ивлева // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - №6. – С. 5-9.

КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФРАКЦИЯХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ С ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА-(ЯКУТИЯ))

Мишанькин А.Ю.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Как известно, без изучения почв трудно добиться полноценных результатов в ходе проведения эколого-геохимических исследований окружающей среды.

Объектом исследования в настоящей работе является территория золоторудного месторождения Вьюн. Предметом исследования являются почвы месторождения, отбор проб которых был произведен в летний период 2017 г. сотрудниками кафедры Геоэкологии и геохимии (ныне Отделения геологии) в рамках комплексных эколого-геохимических работ на доэксплуатационной стадии освоения месторождения.

Почвы исследуемой площади характеризуются как глеевые мерзлотно-таёжные и относятся к Восточносибирской мерзлотно-таёжной области бореального пояса [2].

Целью работы являлось установление уровней концентраций химических элементов в валовых пробах почв и в отдельных их фракциях различной размерности, выявление закономерностей их распределения и, как итог, характеристика геохимической специализации почв территории золоторудного месторождения Вьюн.

Отбор проб почв производился с глубины 0-10 см «методом конверта». Всего было отобрано 19 проб.

Перед проведением химического анализа почвы высушивались при комнатной температуре, измельчались вручную и на микровиброистирателе и просеивались через сито с размером ячейки 1 мм.

Концентрации 55 химических элементов в 19 пробах почв устанавливались методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в аккредитованном химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

Пробы почв, отобранные в районе локализации рудного тела месторождения (Вьюн-1, Вьюн-2, Вьюн-3, Вьюн-4), а также другие выделяющиеся высокими относительно средних по месторождению концентрациями элементов-спутников золотокварцевого оруденения (пробы Вьюн-7 и Вьюн-16 отобраны у южной границы месторождения, проба Вьюн-9 – ближе к центральной части месторождения), просеиванием были разделены на фракции размерностью 0,5 мм, 0,25 мм, 0,1 мм. Навески почвы указанных размерностей, а также исходные валовые пробы размерностью <1 мм, для проведения инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА)

упаковывались в конверты из алюминиевой фольги марки А-995. Масса каждой навески при этом составляла 100±1 мг. Всего на анализ методом ИНАА было отправлено 28 навесок из 7 проб почв.

Далее упакованные навески отправлялись на облучение тепловыми нейтронами в исследовательском тепловом ядерном реакторе ИРТ-Т (аккредитованная ядерно-геохимическая лаборатория Национального исследовательского Томского политехнического университета). После облучения производилось измерение наведенной активности на гаммаспектрометре с полупроводниковыми детекторами. Устанавливалось содержание в пробах почв 28 химических элементов, включая тяжёлые металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы.

После проведения лабораторно-аналитических исследований и определения средних по месторождению концентраций химических элементов в почве, были рассчитаны кларки концентрации (отношения средних концентраций элементов в почве к их кларкам). За кларки в данном случае принимались средние содержания химических элементов в верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1].

Также было проведено сравнение средних по 7 пробам концентраций некоторых специфичных для месторождения элементов в валовых пробах почв (фракция <1 мм), полученных методом ICP-MS и ИНАА (таблица 1).

Табл. 1

Средние концентрации химических элементов в валовых пробах почв (фракция <1 мм) (мг/кг) и их кларки концентрации относительно средних содержаний химических элементов в верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1].

Химический элемент	Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)		Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	
	Концентрация, мг/кг	Кларк концентрации, ед.	Концентрация, мг/кг	Кларк концентрации, ед.
As	55,9	10,0	91,3	16,3
Sb	3,34	4,13	2,71	3,34
Au	0,04	9,1	0,017	3,93

Результаты ИНАА отдельных фракций почв различной размерности с учётом всех 7 проб представлены на рисунке. Среди элементов, формирующих основу геохимической специализации территории золоторудного месторождения Вьюн, наибольшие концентрации As зафиксированы для пробы Вьюн-1, отобранной в районе локализации рудного тела, причём максимальная концентрация (655 мг/кг) установлена для фракции почвы, размерностью 0,1 мм. Концентрации Au в большей части проб также ниже предела обнаружения. Однако, в пробе Вьюн-1 фракции 0,1 мм концентрация Au зафиксирована на уровне 0,227 мг/кг, что в 51,5 раз превышает кларк верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1]. Для Sb не отмечено закономерностей в дифференциации концентраций по фракциям почвы. Наибольшие концентрации данного элемента (7,4–7,8 мг/кг) установлены для пробы Вьюн-3, также приуроченной к району залегания рудного тела.

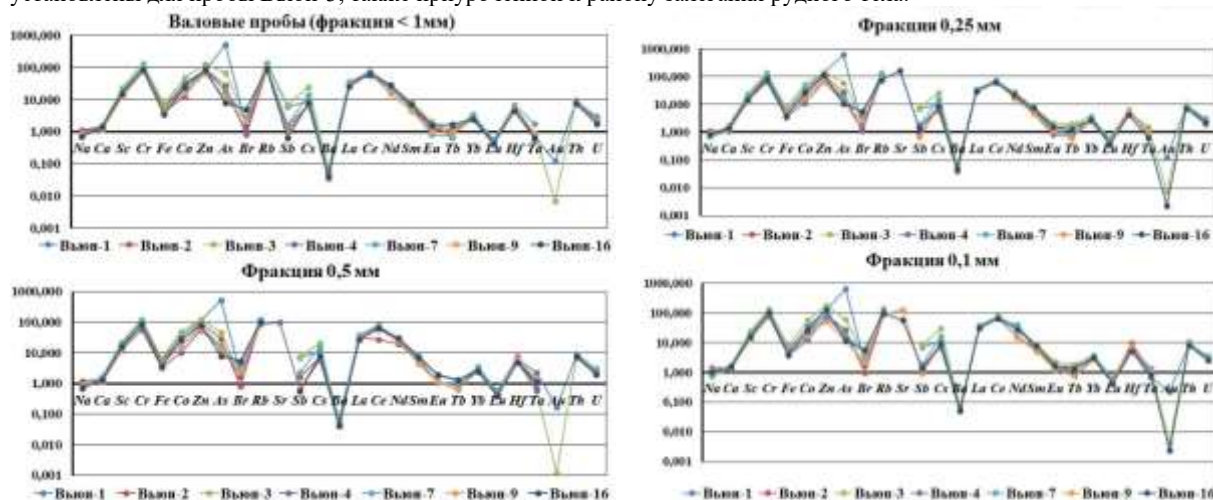


Рис. Концентрации химических элементов в отдельных фракциях почв различной размерности с территории золоторудного месторождения Вьюн

Средние по 7 пробам концентрации наиболее специфичных для месторождения химических элементов в фракциях почв различной размерности, полученные методом ИНАА, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние концентрации As, Sb и Au в фракциях почв различной размерности (мг/кг)

Фракция почвы	Средняя концентрация химического элемента, мг/кг		
	As	Sb	Au
Валовая (<1 мм)	91,3	2,71	0,017
0,5 мм	92,3	2,93	0,0024
0,25 мм	103	2,94	0,019
0,1 мм	112	3,14	0,033

Таким образом, опытным путём установлено, что в среднем наибольшими уровнями концентрирования некоторых элементов, формирующих геохимическую специализацию почв месторождения Вьюн, а именно As, Sb и Au, характеризуется тонкая фракция почв размерностью 1 мм, что потенциально свидетельствует о целесообразности её детального химического анализа для поисков скрытого оруденения.

Литература

1. Григорьев, Н. А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры [Текст] / Н. А. Григорьев // Геохимия. – 2003. – № 7. – С. 785–792.
2. Минералого-геохимические особенности почвенного покрова золоторудного месторождения Вьюн (Республика Саха (Якутия)) [Текст] / А. Ю. Мишанькин, Е. Г. Язиков, Е. А. Филимонок, Ю. П. Собянин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 11. – С. 98–109.

ДЕТАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗ. КУЧЕРЛИНСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Новиков В.С.

Научный руководитель А.В. Дарьин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

На сегодняшний день, обеспокоенность по поводу глобальных климатических изменений и их последствий для природы и деятельности человека, включая различные социальные, экономические и политические вопросы, оказывает колоссальное давление на науку в целях разработки современных моделей и прогнозов будущих климатических изменений. Знание сроков и масштабов экологических и климатических тенденций прошлого может помочь в таких прогнозах [3].

Изучая керн донных осадков можно выяснить, как погодно-климатические вариации влияли на их состав с течением времени и попробовать установить связь. Особенный интерес для изучения во всем мире вызывают озерные отложения с годовыми слоями (варвами), исследование которых позволяет строить климатические реконструкции с высоким временным разрешением.

Представлено исследование современных осадков озера Кучерлинское, расположенного у подножия Катунского хребта (49.87,86.41) на высоте 1790 метров. Озеро имеет размеры 4,5 км x 0,7 км, находится в труднодоступной местности и подвержено минимальному антропогенному воздействию.

Керн осадков (112 см) был получен в марте 2018г. ударной трубкой в самом глубоком месте озера (45 м). При отборе особо контролировалась сохранность верхней (слабо консолидированной) части осадка. После транспортировки в Новосибирск, керн был вскрыт в лаборатории Института геологии и минералогии СО РАН. В верхней части керна были обнаружены слои толщиной 0,5 – 4 мм [1].

С использованием гамма-спектрометрии получено распределение активности изотопов Cs-137 и Pb-210 для верхнего интервала 0-200 мм. Был проведен подсчет визуальных слоев по фотографиям влажного керна и оптических шлифов и построена возрастная модель на интервале 0 – 200 мм. Общее совпадение результатов подсчета, и их соответствие положению слоя Cs-137, подтверждает предположение о годовой природе выделяемых слоев. Максимальное расхождение в датировке слоя с максимальной активностью Cs-137 (1962 г.) на глубине 165 мм составляет величину в 4 года, от 1957 г. до 1965 г. [2]. Оценка ошибки при подсчете слоев составляет величину ~ 7%. При этом среднее значение датировки подсчетом слоев хорошо совпадает с изотопной датировкой.

По результатам подсчета визуально выделяемых слоев на фото влажного (исходного) керна и исследования шлифов на интервалах, соответствующих 480-650 мм и 940-1110 мм, была построена возрастная модель на интервале керна 200 – 1120 мм (рис.1). После чего все полученные данные были усреднены и аппроксимированы экспоненциальной функцией.

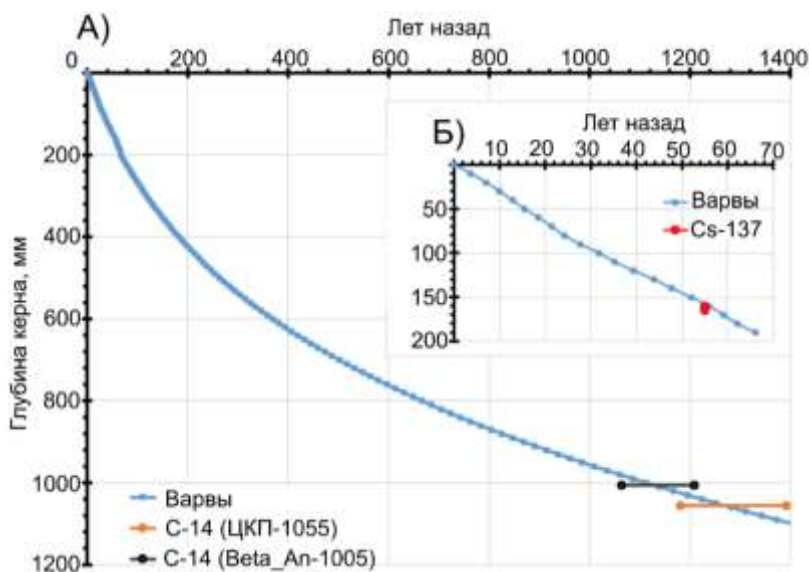


Рис. 1. А – возрастная модель (глубина керна – возраст слоя осадка) для керна Куч_2018 на полную глубину опробования. Модель построена по данным подсчета слоев и верифицирована датировками по ^{14}C . ЦКП-1055 – анализ образца с глубины 1050-1060 мм, выполненный в ЦКП «Геохронология кайнозоя», Новосибирск. Beta_An-1005 – анализ образца с глубины 1000-1010 мм, выполненный в Beta Analytic, Inc., Florida, USA. Б – возрастная модель для верхнего интервала керна 0-200 мм по данным подсчета слоев и изотопных анализов Cs^{137}

Проведено синхротронное микро-РФА сканирование оптических шлифов с пространственным разрешением 0,1 мм с одновременным определением более 20 породообразующих и следовых элементов. Сравнение аналитических данных с фотографиями шлифов показало возможность выделения границ слоев по геохимическим индикаторам (Rb/Sr отношение).

Построены функции, связывающие региональные погодно-климатические метеопараметры (среднегодовая температура – $^{\circ}\text{C}$ и количество атмосферных осадков – Pr) с временными рядами геохимических данных.

Функция для среднегодовой температуры выглядит следующим образом:

$$T^{\circ}\text{C} = 1,103 \times \text{Ti} + 0,131 \times \text{Ni} - 0,939 \times \text{Sr} + 1,535 \times \text{Y} + 2,920 \times \text{Nb} - 1,623 \times \text{Mo} - 7,505.$$

Функция для атмосферных осадков выглядит следующим образом:

$$\text{Pr} = 55,964 \times \text{Mn} + 93,354 \times \text{Fe} + 72,755 \times \text{Ni} - 179,487 \times \text{Cu} - 111,561 \times \text{As} - 143,347 \times \text{Sr} - 54,758 \times \text{Y} + 272,812 \times \text{Mo} + 642,349$$

Использование сглаженных 10-ти летних величин позволяет увеличить коэффициент корреляции до +0,84, при этом уменьшив величину погрешности до 0,52 $^{\circ}\text{C}$. На рис.2 представлен сглаженный метеоряд на интервале обучения, реконструкция по трансферной функции и интервал погрешности.

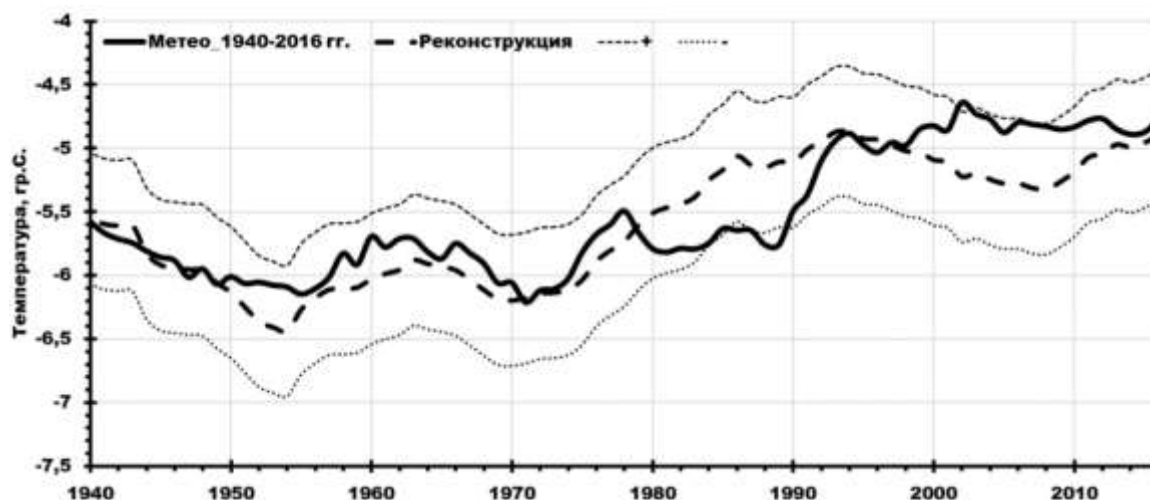


Рис. 2. Сглаженные 10-летние температуры на интервале 1940-2016 гг (метеостанция Кара-Тюрек), реконструкция по геохимическим данным, 95% интервал погрешности реконструкции

Экстраполяция полученных трансферных функций на всю глубину опробования керна позволит получить количественную реконструкцию среднегодовой температуры воздуха для исследуемого региона с расчетной погрешностью. Однако первоначально необходимо сравнить полный набор литолого-геохимических данных по всему интервалу керна с интервалом для верхушки керна. В случае наличия расхождений по набору параметров или отдельным характеристикам необходимо оценить возможности применения найденных закономерностей для реконструкции внешних условий для полученного интервала керна.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (грант № 19-05-50046).

Литература

1. Appleby, P. The use of 210Pb and 137Cs as tracers in modelling transport processes in lake catchment systems // *Studies in Environmental Science*. – 1997. – V. 68. – P. 441-448.
2. Darin, A. Layer counting and isotopic analysis of the recent bottom sediments of the glacial lake Kucherla (Russia, Gorny Altai) / A. Darin, G. Chu, M. Maksimov, V. Novikov // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – P. 257-264.
3. Zolitschka, B. Annually dated late Weichselian continental paleoclimate record from the Eifel, Germany / B. Zolitschka, A. Brauer, J. Negendank, H. Stockhausen, A. Lang // *Geology*. – 2000. – V. 28. – P. 783-786.

ЭКОЛОГО-ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛОНЬ-ШИБИРСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Новолодская Э.В.

Научный руководитель доцент Осипова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уголь, благодаря своему высокому энергетическому потенциалу, по-прежнему остается одним из основных видов энергетического сырья. Согласно прогнозу Международного энергетического агентства, к 2040 г. потребление угля в мире достигнет почти 5.5 млрд. тонн, что на 18% больше, чем объем потребляемый в настоящее время [7].

Так как, уголь содержит в себе большой перечень элементов, при промышленном использовании ряд токсичных и радиоактивных элементов, а также тяжелых металлов, способен привести к увеличению ряда экологических проблем, связанных с его добычей, переработкой и сжиганием.

Почва является депонирующей средой, накапливая в гумусово-аккумулятивном горизонте продукты техногенеза, под воздействием химических реакций она способна включать токсичные составляющие в природные циклы, осуществляя их миграцию по пищевым цепям [4].

Целью данной работы явилось изучение химического состава почв, расположенных в зоне влияния Олонь-Шибирского каменноугольного месторождения.

Задачи: 1) на основе базы данных по элементному составу рассчитать основные статистические параметры; 2) провести сравнение средних содержаний с кларками для почв; 3) выделить элементы, которыми обогащены изучаемые почвы.

Исследование проводилось на территории Олонь-Шибирского месторождения, которое располагается на границе Мухоршибирского района Республики Бурятия и Петровск-Забайкальского района Забайкальского края. Объектами исследования послужили каштановые почвы, расположенные под степными пастбищными фитоценозами, серые почвы, формирующиеся под темнохвойной растительностью, а также техногено-измененные почвы, претерпевающие влияние антропогенного воздействия.

Отбор почвенных образцов проводился методом прикопок, на глубину 20 см. Для изучения был отобран только гумусово-аккумулятивный горизонт, из соображений высокой адсорбирующей способности почвенного гумуса.

Определение содержания элементов было выполнено инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) непосредственно в почве без предварительного концентрирования. Лабораторное определение элементов производилось в Ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (исполнитель А.Ф. Судько).

В результате исследования был составлен следующий график (Рис. 1) сравнения среднего содержания элементов со средним содержанием элементов в верхней части земной коры по А.П. Виноградову [1].

При сравнении средних содержаний элементов в почве со средним содержанием элементов в верхней части земной коры по А.П. Виноградову, мы наблюдаем повышенные содержания следующих элементов: хрома, мышьяка, брома, стронция, цезия, лантана, европия, урана. Самыми высокими значениями коэффициента концентрации характеризуются иттербий и гафний со значениями 7,1 и 6,8 соответственно.

При сопоставлении данных по содержанию элементов в пробах почв и каменных углей данного месторождения (Рис. 2) можно наблюдать близкий перечень элементов, чьи значения превышают кларк. При этом содержание некоторых этих элементов, согласно данным элементного состава золы, существенно возрастает при сжигании и доходит до 3140 г/т у стронция, 2128 г/т у бария и 169 г/т у цезия [5].

При анализе почвенных вытяжек из проб почв были определены значения реакции среды, представленные на графике (Рис. 3).

Почвы на изученном участке характеризуются нейтральной реакцией среды, обусловленной их формированием на карбонатных отложениях (карбонатные песчаные суглинки, супеси, аллювий) [2]. Полученные

результаты могут свидетельствовать об инертности изучаемых почв в отношении многих токсичных соединений. Не вступая в реакции с почвенным поглощающим комплексом данные вещества способны, не задерживаясь в верхних горизонтах вымываться в более глубокие слои, оставаясь там в виде неактивной составляющей.



Рис. 1. Сравнение среднего содержания элементов в почве Олонь-Шибирского месторождения со средним содержанием элементов в верхней части земной коры по А.П. Виноградову [1]



Рис. 2. Сравнение среднего содержания элементов в каменном угле Олонь-Шибирского месторождения со средним содержанием элементов в углях по Я.Э. Юдович [6]

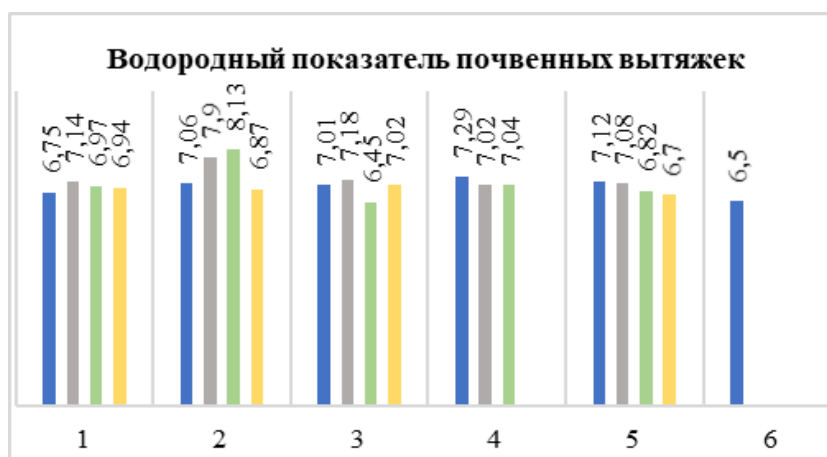


Рис. 3. Водородный показатель почвенных вытяжек изучаемых проб почв

Также, во время лабораторных исследований проб почв было проанализировано содержание ртути, результаты которого представлены на графике (Рис. 4).



Рис. 4. Содержание ртути в исследуемых пробах почв

Среднее значение ртути в исследуемых пробах почв составило 27,31 нг/г или 0,02731 мг/кг. Максимальные значения (53,3 нг/г; 62,3 нг/г) принадлежат единичным точкам, расположенным в зоне застройки поселения. Региональное медианное значение фонового содержания в почвах Забайкалья составляет 0,018 мг/кг [3]. Опираясь на ранее проведенные исследования на данной территории можно говорить о повышении содержания ртути в почвенном покрове, расположенном в зоне влияния каменноугольного месторождения, однако данное содержание существенно ниже кларковых значений для верхней части земной коры (0,083 мг/кг) [1].

Таким образом, почвенный покров, формирующийся в зоне влияния Олонь-Шибирского месторождения, специализируются на такие элементы, как хром, мышьяк, бром, стронций, цезий, лантан, европий, уран, иттербий и гафний. При этом средние содержания хрома, брома, мышьяка, иттербия и гафния значительно превышают их кларковое значение для верхней части земной коры. Содержание ртути в исследуемых пробах почв превышает региональное значение для почв Забайкалья, в частности в зоне застройки и рекреации, что может создавать риски для здоровья населения. При этом почвы имеют нейтральную реакцию среды, что смягчает воздействие непрерывной разработки месторождения.

Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 237 с.
2. Запханов Ю.Д. Почвенно-климатические условия и динамика плодородия пахотных почв республики Бурятия // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №10. С. 77-80.
3. Иванов Г.М., Кашин В.К. Ртуть в гумусовых горизонтах почв Забайкалья/ Почвоведение. – 2010. - № 1. - С. 30-36
4. Крылов Д.А. Воздействие микроэлементов от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 8. – С. 9-16.
5. Новолодская, Э. В. Эколого-геохимическая характеристика углей Олонь-Шибирского каменноугольного месторождения / Э. В. Новолодская ; науч. рук. Н. А. Осипова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2021. – Т. 1. – [С. 387-389].
6. Юдович Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях/ Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2005. – 648 с.
7. Meylan, F.D. CO2 utilization in the perspective of industrial ecology, an overview / F.D. Meylan, V. Moreau, S. Erkman // Journal of CO2 Utilization. – 2015. – V. 11. – P. 54–62.

ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОЧВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ ПЛАСТОВЫХ ВОД

Носова М.В.^{1,2}, Середина В.П.²

¹Научный руководитель профессор Середина В.П.

¹АО «ТомскНИПинефть»,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В условиях роста техногенной нагрузки на окружающую природную среду актуальными становятся вопросы ее экологического состояния. В соответствии с исследованиями многих учёных [1, 2, 3, 5, 6, 10] воздействие минерализованных жидкостей на природные экосистемы связаны с геохимическими и физическими нагрузками. При этом почвы пойменных экосистем обладают самым низким потенциалом к самоочищению от техногенных поллютантов и высокой способностью к аккумуляции всех загрязняющих веществ, поступающих с элювиальных почв водоразделов. Поэтому пойменные почвы являются своего рода индикатором экологического состояния всей системы геохимически сопряженных элементарных ландшафтов.

Процессы самовосстановления природных экосистем не справляются с мощным одноразовым техногенным всплеском, тем самым замедляется время реабилитации природной среды от такого рода загрязнений в условиях Западной Сибири. Поэтому проблема загрязнений высокоминерализованными водами ландшафтов является одной

из наиболее ключевых задач, для решения которой требуется разработка комплексного и систематизированного подхода, внедрения новых технологических решений и научной обоснованности. Необходимо отметить, что в настоящее время для почв, подвергшихся техногенному засолению, отсутствует утвержденная технология рекультивации. Поэтому исследования, посвященные практическим аспектам рекультивации таких почв, приобретают особую значимость.

Целью настоящей работы является выявление особенностей и экологических последствий техногенной трансформации легкорастворимых солей в почвах пойменных экосистем в условиях локального загрязнения минерализованными жидкостями и оценка методов возможной их рекультивации.

Основным объектом проведения полевых исследований послужили разливы сырой минерализованной жидкости на территории пойменных экосистем. Почвенные пробы отбирались в трех зонах загрязнения: эпицентр, импактная зона, граница. За полевые сезоны было заложено шесть полнопрофильных почвенных разрезов и 25 почвенных прикопок (глубина отбора проб 0-10 и 10-20 см). Условным фоном являлись несколько типов аллювиальных почв: аллювиальная луговая обычная грунтово-глеевая тяжелосуглинистая почва, формирующаяся в центральной части поймы, аллювиальная лугово-болотная среднесуглинистая почва, аллювиальная перегнойно-глеевая ненасыщенная малогумусированная среднесуглинистая. Почвы, подвергшиеся загрязнению и засолению минерализованными водами в соответствии с общепринятой классификацией почв [8], являются хемоземами. Определение легкорастворимых солей выполнялось методом водной вытяжки.

Поступление в почвы больших объемов минерализованных вод вызывает усиление восстановительных процессов в почвах и развитию процессов техногенной солончаковатости, не свойственных для гумидного почвообразования Западной Сибири. Уровень содержания солей и характер их радиального распределения зависят от свойств исходных почв: наличия и мощности органических горизонтов и гранулометрического состава, определяющих скорости миграции и интенсивность изменения вещественного состава техногенных потоков. Засоление почв вызывает деградацию и гибель растительности. В связи с тем, что «суммарный эффект» засоления обусловлен неодинаковой токсичностью для растений различных солей и ионов, то при агрономической оценке засоленных почв важнейшее значение приобретает качественный состав солей. Сумма солей в наиболее соленасыщенных горизонтах почв (0-20 см) варьирует в широких пределах (от 0,29 до 1,2 %), что обусловлено аккумуляцией солей в понижениях микрорельефа местности. После прекращения залповых выбросов поллютантов, наиболее подвижный ион Cl^- преобладает в нижних горизонтах почв эпицентра разлива и краевой зоны загрязнения, при этом общее содержание менее подвижных ионов Ca^{2+} постепенно убывает от верхних слоев почв к нижним. Такое перераспределение ионов в почвенной толще обуславливается высоким содержанием катиона Na^+ и аниона SO_4^{2-} . Поэтому засоление носит в основном сульфатный и хлоридно-сульфатный характер. Степень засоления изученных почв изменяется в диапазоне от слабой до средней. Токсичные соли представлены соединениями NaCl , Na_2SO_4 , MgCl_2 .

При выполнении восстановительных работ необходимо задействовать механизмы естественного рассоления почв. Факторами, влияющими на скорость миграции водорастворимых солей в почве, являются: количество осадков, рельеф участка, температурный режим воздуха, глубина сезонного промерзания почво-грунтов и их фильтрационные свойства. В данных почвах необходим дополнительный полив пресной водой, который обеспечит вымывание солей из верхних и нижних горизонтов почв. Процесс вымывания солей можно интенсифицировать системой дренажных канав. Для экономии времени и снижения затрат по ввозу пресных вод, обустройство данных канав рекомендуется проводить в зимний период и использовать снежные валы. В весенний период, при таянии снега начнется постепенная миграция талых вод внутри почвенного профиля, а затем дождевые осадки и система рассоляющих дренажных канав усилят горизонтальную миграцию водорастворимых солей в верхних горизонтах почв и выравняют их концентрацию в почвенном профиле. Устранение токсичного действия солей предполагается осуществить гипсованием и другими агротехническими приемами.

Завершающим этапом является фитомелиоративный посев аборигенных растений-галофитов, способных к аккумуляции остаточных легкорастворимых солей путём подтягивания их к биогенно-аккумулятивному горизонту почв (в том числе и при вторичном засолении почв), с последующим удалением соленасыщенной растительной фитомассы и многократным досевом трав.

Литература

- Геннадиев, А.Н. Нефть и окружающая среда [Текст] / А.Н. Геннадиев // Вестник Московского университета. Серия 5. География. - 2016. - № 6. - С. 30–39.
- Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири [Текст] / В.П. Середина, Е.В. Колесникова, В.А. Кондыков, А.И. Непотребный, С.А. Огнев // Нефтяное хозяйство. - 2017. - № 5. - С. 108-112.
- Пиковский, Ю.И. Параметры нативного углеводородного состояния почв различных биоклиматических зон [Текст] / Ю.И. Пиковский, М.А. Смирнова, А.Н. Геннадиев // Почвоведение. - 2019. - № 11. - С. 1307–1321.
- Середина, В.П. Техногенное загрязнение аллювиальных почв углеводородами и его экологические последствия (Западная Сибирь) [Текст] / В.П.Середина, М.В. Носова // Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования кафедры почвоведения. - 2020. - С. 281-285.
- Солнцева, Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза [Текст] / Н.П. Солнцева // Почвоведение. - 2002. - № 1. - С. 9–20.

12. Углеводородное состояние аллювиальных почв на территории Истринского морфоструктурного узла (Московская область) [Текст] / Ю.И. Пиковский, А.Н. Геннадиев, Р.Г. Ковач, Н.И. Хлынина, А.В. Хлынина // Почвоведение. - 2016. - № 12. - С. 1421–1434.
13. Шишов, Л.Л. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Л.Л. Шишов // Смоленск: Ойкумена, 2004. - 342 с.
14. Nosova, M.V. Ecological State of Technogeneous Saline Soil of Oil - Contaminated Alluvial Ecosystems and Their Remediation Techniques [Text] / M.V. Nosova, V.P. Seredina, A.S. Rybin // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. - 2020. - Vol. 921. - P. 1-7.
15. Nosova, M.V., Seredina V.P., Rybin A.S. The use of the basic parameters of water-physical properties of oil-contaminated soils in the technology of the biological remediation stage (Western Siberia) [Text] / M.V. Nosova, V.P. Seredina, A.S. Rybin // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. - 2020. - Vol. 976. - P. 1-6. doi:10.1088/1757-899X/976/1/012023.
16. Seredina, V.P. The soils of West Siberia middle taiga oil deposits and a predictive estimate of contamination hazard with organic pollutants [Text] / V.P. Seredina, M.E. Sadikov // Contemporary Problems of Ecology. - 2011. - V.4. - №5. - P. 457 – 461.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ЛУГИНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Оманбоев Д.И, Жилина Е.Н.

Научный руководитель доцент Жилина Е.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Лугинецкое нефтегазоконденсатное месторождение находится в пределах Пудинского нефтегазового района, который входит в состав Васюганской нефтегазовой области. Месторождение одно из крупнейших по запасам в Томской области, обладает большими остаточными запасами углеводородного сырья в юрских отложениях, однако является не простым объектом для разработки из-за своего геологического строения и относится к категории сложнопостроенных с трудноизвлекаемыми запасами [1]. Поиски таких сложнопостроенных объектов неантиклинального типа и проблема локализации залежей углеводородов актуальна для всех нефтегазоносных бассейнов. Она тесно связана с прогнозом коллекторов, имеющих локальное развитие в условиях геологической неоднородности отложений (наличие нефтяных оторочек, мощных шапок и пропластков газа, свойств пластовых флюидов и др.) [2].

Нефтегазодобывающая отрасль – одна из самых экологически опасных отраслей промышленности. Химические реагенты, применяемые при бурении скважин, добыче и подготовке нефти, а также добываемые углеводороды и примеси к ним являются вредными веществами для растительного и животного мира, а также для человека. При добыче углеводородов на Лугинецких месторождениях разными видами антропогенного воздействия могут быть спровоцированы: нефтяное загрязнение окружающей среды вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природоохранных требований; загрязнение атмосферы при сгорании газа в факелах и потери через негерметичное оборудование в районе компрессорной станции, при авариях на газо- и нефтепроводах; загрязнение природной среды промышленными и бытовыми отходами; развитие отрицательных физико-геологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов (изменение поверхностного стока, заболачивание, подтопление, развитие оврагов, оползней, эрозии, активизация криогенных процессов на участках распространения многолетнемерзлых пород, засоление выходом сеноманских вод); значительное изъятие земель и изменение баланса земельного фонда за счет сельскохозяйственных и лесохозяйственных предприятий [5]. Следствием воздействий могут стать воздействия на природную среду: сокращение площадей пастбищ и соответственно, поголовья скота; сокращение ареалов редких видов растений, площадей, занятых ягодниками, лекарственными растениями и другими ценными видами флоры; нарушение лесов и нерациональный расход древесины (при обустройстве передвижных поселков, временных дорог, промышленных площадок и др.); сокращение рыбных запасов вследствие загрязнения поверхностных вод (из-за нарушения гидрологического режима территории при строительстве и эксплуатации месторождений); сокращение численности видов диких животных (из-за браконьерства и перераспределения мест обитания основных видов).

На Лугинецком месторождении имеется 80 источников выброса загрязняющих веществ, из них: 22 организованных, 57 неорганизованных и 1 передвижной. Основными существующими источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются: факельные установки (факелы высокого и низкого давления), котельные, технологические печи, дизельные электростанции и 51 кустовая площадка [5].

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от объектов разработки Лугинецкого месторождения являются: передвижная котельная с котлами ПKN–2С; дизельная установка А-50; кустовые площадки; новые добывающие скважины; двигатели внутреннего сгорания автомобильной и строительной техники; установки предварительного сброса воды [5]. Анализ проб атмосферного воздуха показали, что в целом на месторождениях все компоненты содержатся в концентрациях, не превышающих максимальные разовые величины ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе рабочей зоны. Основным загрязняющим компонентом является метан с содержанием 2,33 мг/м³ (ПДК с.с. 1 мг/м³). В наименьшем количестве на месторождении содержится диоксид серы (содержание 0,005 мг/м³). Уровень загрязненности снегового покрова во всех точках контроля в соответствии со шкалой аэрогенных очагов загрязнения, оценивается как низкий, неопасный.

Негативное влияние при разработке месторождения на водную среду осуществляется при строительстве кустовых площадок эксплуатационных скважин, коридора инженерных сетей, применении подземного водозабора (пресных вод для производственных и хозяйственно-питьевых нужд, минерализованных вод в системе подержание

пластового давления, сбросы сточных вод, аварийных разливах минерализованных вод и нефти [5]. При бурении скважин большому загрязнению подвержены приповерхностная область вокруг стволов скважин и воды подземных горизонтов, а при возможных авариях (аварии водоводов, нефтесборных сетей, нарушениях обвалов кустовых площадок на земную поверхность и в приповерхностную зону) в водную среду попадают ещё и высокоминерализованные воды, нефть и нефтепродукты. Основные загрязнители поверхностных и подземных вод нефтепродукты, ПАУ, СПАВ, метанол, взвешенные вещества. Загрязнение вод может проявляться в изменении содержания неорганических компонентов (нитратов, нитритов, аммония, хлоридов, фосфатов, сульфатов, карбонатов, бикарбонатов и др.), рН, химическое и биологическое потребление кислорода, температуры и др. Состояние поверхностных вод на Лугинецком месторождении удовлетворительное. Наблюдаются превышения ПДК для рыбохозяйственных водоемов по мутности, химическое потребление кислорода, содержанию железа и аммонийного азота, однако такая ситуация характерна в целом для всех рек таежной зоны Западной Сибири. Вероятность аварий на участках акваторий составляет 0,06 аварий за 25 лет или 1 авария на 400 лет. Анализ мониторинговых исследований подземных вод за период наблюдений 2015-2019 г.г. показал, что качество вод остается постоянным, за исключением содержания железа, кремниеслоты и перманганатной окисляемости. Исследование проб на микробиологические показатели соответствует санитарно-эпидемиологическим нормам (общее микробное число – 3-5 в поле зрения). Вода гидрокарбонатная магниевая-кальциевая, пресная, величина минерализации равна 0,4 г/л. Пробы донных отложений из р. Чижанка содержат следы нефтепродуктов, что может быть следствием многочисленных разливов нефти на стадии эксплуатации месторождения.

Основными видами воздействия на почвенно-растительный покров на изучаемой территории являются: отчуждение земель, а как следствие трансформация почвенно-растительного покрова; вырубка древостоев спелого возраста, свodka древесной растительности; земляные работы; загрязнение отходами производства. Общие экологические последствия поступления углеводородного сырья и других загрязнителей в природную среду сводятся к изменению свойств почв и почвенного покрова, изменению химического состава растений и трансформации растительного покрова, общей деградации ландшафтов. Негативное воздействие на почвенный покров при строительстве объектов происходит при разрушении и замене естественных почвенных горизонтов на минерализованные грунты (при отсыпке площадок строительства скважин и строительстве насыпей автодорог минеральным грунтом (песком); при загрязнении нефтепродуктами). Для отсыпки площадок строительства эксплуатационных скважин и насыпи автодорог к ним требуется порядка 1000000 м³ минерального грунта. Для снижения ущерба возможно использование минеральных грунтов из существующих гидронамывных карьеров: Митькинского (в долине р. Чижанки), Колгинского (в долине р. Колга) и Екыльчакского (в долине р. Екыльчак).

При разработки месторождения негативное воздействие оказывается на растительность: вырубка леса на отводимых под строительство землях; повреждение растительного покрова при корчевке и захоронении шпех.

Воздействие объектов добычи на животный мир на территории месторождения осуществляется по следующим направлениям: использование и механическая трансформация мест обитания диких животных в результате строительства; усиление беспокойства диких животных в окружающих угодьях; нарушение миграционного поведения животных; сокращение кормовой базы для животных в результате расчистки полосы нарушаемых земель в связи с механическим повреждением растительного покрова; загрязнение почв и поверхностных вод химреагентами (применяемыми на месторождении) и горюче-смазочными материалами; возможные аварийные разливы нефти. Численность животных вследствие изъятия и трансформации их местообитаний сократилась незначительно из-за локальности изымаемой территории, более сильное влияние на животных оказывает фактор беспокойства. Однако, ввиду отсутствия на территории строительства и на прилегающих ландшафтах крупных путей миграции животных, а также при исключении браконьерства влияние выше перечисленных факторов на животное население будет практически неощутимым. Так как на территории могут находиться редкие и исчезающие животные, необходимо соблюдать меры по охране, предусмотренные Красной книгой Томской области и действующим законодательством. В целом, воздействие на животный мир характеризуется как незначительное, локальное, возможно

При разработке Лугинецких месторождений негативное воздействие на недра могло возникнуть в процессе перфорации водоносных и нефтегазоносных пластов добывающими, нагнетательными и водозаборными скважинами [3]. При минералого-петрографическом изучении разрезов нефтегазоносных структур, в изучаемых образцах выявлен широкий спектр вторичных преобразований в продуктивных и водоносных породах-коллекторах, произошедшие в основном за счет процессов формирования структур растворения под давлением, окварцевания, преобразования каолинового цемента, аутигенного мусковита и др. Минеральные и органо-минеральные новообразования в верхней части разреза под влиянием углеводородов в небольшом объеме изучались вдоль зон нефтепроводов [4]. В почвах и грунтах на расстоянии 5-10 м от нефтепровода выявлены высокоопасные загрязняющие компоненты, обусловленные в основном соединениями металлов с тяжелыми и высокомолекулярными углеводородами (соединения углеводородов с цинком, оловом, стронцием и редкоземельными элементами). Наиболее распространенными новоминеральными образованиями, связанными с утечкой углеводородов из нефтепроводов, являются кальцит, стильбит, шамозит и др. [5].

Литература

1. Жилина, Е.Н. Условия формирования и геометризация келловей-волжских природных резервуаров Лугинецкой зоны нефтегазоаккумуляции (Томская область) [Текст]: Автореферат дис. канд. геол.-мин. Наук / Жилина Елена Николаевна. – Томск, 2015. – 23 с.

2. Жилина, Е.Н. Комплексный седиментологический подход к изучению сложнопостроенных природных резервуаров [Текст] / Е.Н. Жилина, О.С. Чернова // Сборник статей одиннадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности» под ред. А.П. Кудинова. Высокие технологии, образование, промышленность. - 2011. - Т.4. - С. 272-278.
3. Лебединских, Э.А. Экологические проблемы при добыче углеводородов на Лугинецком месторождении (Томская область) [Текст] / Э.А. Лебединских // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. - 2018. - Том I. – С. 811-813.
4. Минеральные новообразования в нефтегазоносных разрезах и почвах в связи с разливами углеводородов [Текст] / В.Н. Устинова, И.А. Вылцан, Е.Н. Жилина, Л.Н. Мишенина // Уральский геологический журнал. – 1999. – С.159-163.
5. Минеральные новообразования в нефтегазоносных разрезах и нефтемещающих техногенных объектах [Текст] / В.Н. Устинова, И.А. Вылцан, Е.Н. Жилина, Л.Н. Мишенина // Минералогия техногенеза. - 2000. - Т.1. - С.106-126.

МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТА ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ Пименова М.В.

Научный руководитель ассистент Поян А.В.
Государственный университет по землеустройству, г. Москва, Россия

Важное значение при разработке проекта ландшафтной организации территории имеет обоснованный выбор состава методов научных исследований, которые позволяют наиболее рационально провести предпроектный анализ и разработку проекта.

Под методами научных исследований понимается способ освоения действительности, который основан на доказательном и системном исследовании природы и общества. К основным методам, применяемым при разработке ландшафтного проекта, на наш взгляд, относятся общенаучные и частные методы. Так, математические методы чаще всего используются для статистической обработки данных наблюдений за состоянием продуктивности или степени деградации элементов ландшафта. Сравнительный метод исследования предполагает не только сбор упорядоченных данных, но и сравнения данных эксперимента. Особенно важным методом исследования является картографический метод, который используется как на стадии разработки концепции, так и при составлении самого проекта. Специальными методами, исключительно характерными для разработки подобных проектов, являются методы ландшафтного картирования, морфографический, морфометрический, когда необходимо проводить ландшафтное описание, давать количественную характеристику ландшафта, выделять ландшафтные единицы. Однако эти методы должны четко применяться дифференцированно на каждой стадии разработки проектов [1].

По мнению В.С. Теодоронского, при проведении ландшафтных работ, разработки благоустройства и организации территории, в зависимости от значимости, целей и задач, поставленных при проектировании, выделяются следующие стадии:

- разработка концепции проекта благоустройства и озеленения территории, включая этап предпроектного анализа;
- разработка эскизного проекта;
- разработка непосредственно проекта;
- разработка рабочего проекта и рабочей документации [3].

Вышеперечисленные стадии разработки проекта должны быть тесно связаны с методами исследованиями. Основное внимание нами уделяется содержанию и методам исследования, применяемые на стадиях разработки концепции и эскизного проекта.

Под концепцией понимаются общие контуры идеи для дальнейшего ландшафтного проектирования, которые способствуют выработке проектного решения. Совершенно очевидно, что при ее разработке используются теоретические методы исследования, в частности, методы анализа и синтеза, с помощью которых не только характеризуются, но и оцениваются природно-климатические условия, факторы среды и их влияние на микроклимат территории, градостроительная ситуация, инженерно-строительные условия, численность населения, структура окружающей застройки, материалы фотофиксации и др. В целом, это позволяет создать варианты концептуальных предложений по формированию и планировке территории.

Цель методов на этапе разработки концепции - получение достоверных исходных данных об исследуемой территории, определение привлекательности участка проектируемого объекта для осуществления и поддержания градостроительной, рекреационной, природоохранной функций ландшафтного комплекса.

На данной стадии необходимо использование материалов, полученных в ходе предпроектного анализа территории, включающего в себя следующие мероприятия:

- анализ и оценка топографической характеристики местности
- анализ и оценка характеристики состава почв и почвообразующих пород
- изучение природных условий – комплексное полевое обследование, сбор данных о территории, сбор и систематизация данных по основным компонентам природного ландшафта, климатических условиях
- учет ассортимента существующей и сформировавшейся растительности, в том числе дендрологическое обследование различных типов зеленых насаждений

- фотофиксация территории, выявление проблемных точек, зон, наиболее характерных видовых точек, на основе которых будут использованы при проектировании
- составление схемы пространственного зонирования территории
- трассировка дорожно-тропиночной сети с учетом существующей ситуации
- разработка вариантов колористических решений
- составление концептуальных схематических решений [2].

В совокупности с теоретическими методами на этом этапе должны применяться и эмпирические методы исследования, то есть методы познания реальности действующие на уровне опыта, в виде наблюдения и эксперимента.

С помощью метода наблюдения на исследуемой территории проводится визуальное обследование:

- 1) зеленых насаждений, которые описываются по таким параметрам как общее визуальное состояние насаждения; порода; его высота; диаметр; состояние листвы; плодов при наличии.
- 2) существующей дорожно-тропиночной сети, с подсчетом занимаемой покрытием территории в балансе площадей, а также с указанием материала и состояния дорожной одежды.
- 3) сложившегося композиционно-планировочного решения территории, влияния близости расположения населенных пунктов, внимание основным точкам притяжения и скопления на территории для создания функционального зонирования, корректировки планировочного решения, также необходимо учитывать ландшафтные и экологические угрозы и возможности исследуемой территории при увеличении рекреационной нагрузки и создании дополнительных связей между элементами в ландшафтном комплексе

Путем проведения наблюдений и обследования территории выявляются точки, с которых открываются живописные виды, определяют места расположения различных зон, объектов, проводится оценка и сравнение концептуальных решений, изучается возможность организации открытых и закрытых пространств, определяются места для спортивных, детских площадок, входов и выходов.

После разработки концепции приступают к разработке эскизного проекта, который подразумевает совокупность схем, отражающих принципиальные конструктивные проектные решения, проектные проработки, эскизы отдельных элементов проекта с указанием номенклатуры сооружений, оборудования, насаждений. При разработке эскизного проекта следует учитывать множество различных факторов, например природные и социально-экономические факторы, включая качество экологической обстановки местности, численность населения, рекреационную нагрузку на проектируемый объект, уровень экологической осознанности населения, возможные экологические угрозы, а также их последствия.

На этапе разработки эскизного проекта важно грамотное сочетание научных методов исследования, которые позволяют решать вопрос ландшафтной организации территории более конструктивно. Учитывая, что эскизный проект в процессе разработки будет уточняться, необходимо предусмотреть всевозможные аспекты будущих преобразований, такие как:

- функциональный аспект – учет геологических, почвенных, геологических, дендрологических и дендрометрических условий;
- гигиенический аспект – учет экологического уровня территории, качества и чистоты водных ресурсов, оценка уровня загрязнений и их влияния на проектное решение;
- эстетический аспект – учет эстетических качеств рельефа, геопластики, особенностей и достоинств рельефа.

Например, при составлении примерного баланса территории следует применить математический метод исследования, включающий метод балансов, метод статистической обработки данных. Для выбора лучшего проектного решения на этой стадии целесообразно применение, как расчетно-графического метода, так и вариантного метода показывающего функциональные, планировочные, эстетические и экономические преимущества одного из вариантов эскизного проекта.

С помощью расчетно-конструктивного метода решаются вопросы ландшафтной организации участка, обоснование размеров, параметров и структуры функциональных зон территории.

Расчетно-конструктивный метод базируется на концепции количественного соотношения эколого-экономических характеристик объекта проектирования. Этот метод позволяет наиболее полно учесть все условия и факторы, влияющие на установлении площади таких элементов как: плоскостные сооружения, малые архитектурные формы, малоэтажные здания, зеленые и буферные зоны, площади мощения и участков без покрытия.

В случаях неоднозначности результатов и недостаточности логического обоснования, когда преимущество того или иного решения не очевидно, расчетно-конструктивный метод дополняется вариантным методом. Сущность его состоит в том, что для оценки, сравнения и выбора лучшего решения разрабатываются, анализируются и оцениваются по показателям несколько возможных решений, при соблюдении принципа сопоставимости вариантов. Варианты проектных решений должны быть сопоставимыми по условиям ландшафтной организации территории, по архитектурно-планировочным, объёмно-пространственным, экологическим, экономическим условиям.

Наиболее часто вариантный метод применяется при обосновании: размеров и расположения функциональных зон; ассортимента подобранных малых архитектурных форм; ассортиментной ведомости насаждений; номенклатуры покрытия и мощения и др.

Одним из современных методов исследования является моделирование, предусматривающее применение различных цифровых инструментов: ArchiCAD, AutoCAD, Autodesk 3ds Max, Civil 3D, Chief Architect Software, Revit, Rhino 6, Sketchup. Использование данного метода позволяет наглядно изучить топографические особенности местности, формы и объемы ландшафтных сооружений, а также расположение плоскостных сооружений на участке,

что способствует созданию и выявлению наиболее эффективного объемно-планировочного решения ландшафтной организации территории.

Подобные исследования проводятся ландшафтным архитектором на стадии предпроектного анализа проектируемой территории, на основе полученных сведений, тем самым способствуя созданию наиболее рационального проектного решения, которое учитывало бы все ландшафтные, экологические, а также социально-экономические особенности участка.

Литература

1. Методы ландшафтных исследований. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsia.com/13xse34.html>
2. Разумовский, Ю.В. Ландшафтное проектирование [Текст] / Ю.В. Разумовский, Л.М. Фурсова, В.С. Теодоронский. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М. - 2017. – С. 90-91.
3. Теодоронский, В.С. Ландшафтная архитектура с основами проектирования [Текст] / В.С. Теодоронский, И.О. Боговая. – 2-е изд. – Москва : ФОРУМ. - 2016. – С. 250-253.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ

Пинаев Д.В.

Научный руководитель доцент Турбаков М.С.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

С 1960 года разрабатываются месторождения на территории арктического шельфа. В себе он хранит огромные запасы углеводородного сырья. Добыча очень важна, так как по оценкам шельф может содержать до 80% нефтегазоносных запасов России.

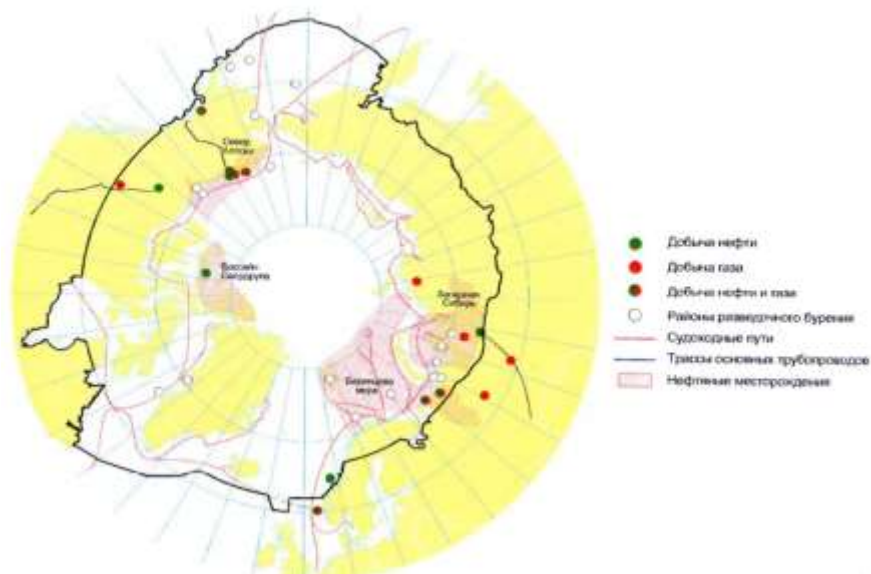


Рис. 1. Карта добычи и разведки нефти и газа в Арктике

Гидрометеорологические условия особо опасны при разработках из-за низких температур, густых туманов и сильных ветров. Такие условия мешают спасательным судам в случае неконтролируемых выбросов из скважин. Также районы осуществления добычи углеводородов граничат с особо охраняемыми территориями. Выбросы могут нанести ущерб таким животным, как морж, белуха, тюлени. Также огромный ущерб наносят и водным обитателям, так как при проведении геологоразведочных работ, а в частности сейсморазведке, эффект гидроудара может привести к гибели или поражению органов и тканей взрослых рыб и мальков. Помимо утечек нефти существуют утечки буровых растворов, которые несут в себе тяжелые металлы, соли и шлам с остаточным содержанием углеводородов, а также сброс пластовых вод, которые поступают из скважин. В первую очередь состав вод отличается аномальной минерализацией, которая обычно выше солёности морской вод, что может привести к нарушению гидрохимического режима, а также пластовые воды характеризуется содержанием углеводородов и тяжелых металлов.



Рис. 2. Районы формирования крупных стамух

Не менее значимая проблема-воздействие ледяных образований на дно и берега. При увеличении сброса айсбергов, повышается вероятность выплывания ими дна и встречи с судами. Такую же опасность для танкеров и судов представляют стамухи. Они могут отрываться от грунта и передвигаться вместе со льдом, что критично сказывается как на транспортных судах, так и на проектирование нефтяных сооружений на шельфе.

Разработка на арктическом шельфе перспективна и важна, но с учетом всех экологических и других немало важных трудностей.

Литература

1. Акимов, Т.А. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России [Текст] / Т.А. Акимов, В.П. Молчанов, Ю.И. Соколов // Изв. Федеральное государственное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций». – 2010. – Т. 7. – № 4. – С. 26–49.
2. Медведев, Д. В. Экологические угрозы добычи, транспортировки нефти и газа в Арктике [Текст] / Д. В. Медведев // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2014. – Т. 42. – № 5. – С. 170–171
3. Экологические и гидрометеорологические проблемы развития промышленного освоения ресурсов нефти и газа на шельфе морей российской Арктики и пути их решения [Текст] / В.Н. Воробьев, В.В. Дроздов, В.Б. Митько, Е.Э. Куприна, А.В. Косенко // Изв. Российский государственный гидрометеорологический университет. – 2015. – Т. 19. – № 2. – С. 50–55.

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

Пяткова М.Е.

Научный руководитель Есина Е.Н.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Мировой опыт подземной газификации угля (ПГУ) показывает, что предотвращение загрязнения окружающей среды возможно за счёт своевременного изучения горно-геологических, природно-климатических и горнотехнических особенностей освоения ресурсов недр.

Процесс ПГУ может эффективно реализовываться при освоении запасов угольных месторождений в различных геологических условиях. Однако для минимизации возможных экологических рисков потенциальные участки для выгазовывания должны соответствовать минимальным требованиям (мощность угольного пласта – более 0,5 м., минимальная глубина – 20 м., участок должен иметь хороший доступ для буровых работ и организации системы мониторинга, газификации следует подвергать породы ниже уровня грунтовых вод, вода не должна быть источником местной питьевой воды). Для качественной оценки рисков необходима стратиграфическая и структурная характеристика. Предпочтение следует отдавать участкам глубиной более 200 м, с прочными или жесткими вышележащими слоями, не следует выбирать участки, где угольные пласты или окружающие слои действуют как водоносные горизонты.

Целостность скважины важна для защиты грунтовых вод и для контроля процесса горения. При размещении скважины следует избегать мест, где наблюдается деформация породы, так как это может повлиять на целостность обсадной колонны. Направленное бурение потенциально может быть использовано для того, чтобы избежать установки скважины в геологически нестабильной зоне. Строительные материалы скважин должны выдерживать повышенные температуры и коррозию. Тестирование механической целостности рекомендуется проводить на начальном этапе, а также через равные промежутки времени в ходе реализации ПГУ. Наземные сооружения должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать изменения, связанные с составом, скоростью движения синтез-газа [2]. Расположение производственных объектов должно быть рассмотрено на начальной стадии, необходимо учитывать состав и глубину разрабатываемого пласта.

Контроль давления, при котором воздух, пар или другие вещества вводятся в пласт, является основным для управления процессом горения, предотвращения потерь образующихся газов и миграции загрязняющих веществ из зоны выгазовывания. Слишком высокое давление впрыска значительно увеличивает риск распространения

загрязнения в грунтовые воды. Пределы давления впрыска должны быть установлены заранее и тщательно контролироваться на протяжении всей операции [1]. Повышение проницаемости между инжектором и добывающими скважинами гарантирует, что продуктивные газы и летучие загрязняющие вещества будут перемещаться к скважине предпочтительно по вторичным путям миграции. Важно поддерживать надлежащую скорость впрыска. Высокие скорости потока могут способствовать подъему уровня грунтовых вод и загрязняющих веществ из зоны горения на поверхность. Оптимизированные скорости потока также поддерживают желаемые температуры горения, которые обеспечивают сгорание многих загрязняющих веществ.

Таблица

Мероприятия по снижению рисков при ПГУ

Процесс	Снижение рисков	
	Скважины	Наземный комплекс
Размещение объектов ПГУ и их эксплуатация	Применение направленного бурения, применяемые материалы должны выдерживать повышенные температуры и коррозию	Изучение стратиграфической и структурной характеристик участков
Инициирование сжигания, фронт горения	Поддержание надлежащей скорости впрыска. Пределы давления впрыска должны быть установлены заранее и тщательно контролироваться на протяжении всей операции.	
Защита подземных вод	Удаление загрязняющих веществ путем контролируемого затопления и откачки реакционной зоны, проведение мониторинга полевых операций	
Управление оседанием	Выбор пласта на большой глубине, правильная структурная и геомеханическая характеристика вышележащих блоков, мониторинг геомеханического состояния массива горных пород, контроль технологических процессов.	

В тех случаях, когда уголь имеет гидравлическую связь с подземным источником питьевой воды, любые загрязняющие вещества, которые остаются в зоне реакции, должны быть удалены с целью избежания последующего загрязнения грунтовых вод. На испытательных полигонах в США [4] удаление загрязняющих веществ было достигнуто путем контролируемого затопления и откачки жидкости из реакционной зоны. Кроме того, важно закупоривать скважины по всей длине и предусматривать ликвидацию нагнетательных, эксплуатационных и мониторинговых скважин. Закупорка цементом, бентонитом или буровым раствором может предотвратить миграцию загрязняющих веществ.

Проект «Шиншилла» (Австралия) продемонстрировал, что экологическими опасностями можно управлять, поддерживая давление в реакторе ниже давления окружающей среды ("отрицательное давление", обычно близкое к литостатическому) [3]. В таких случаях вода поступает из вмещающей породы в полость ПГУ, предотвращая перенос загрязняющих веществ в водоносные горизонты. Работа при отрицательном давлении может значительно снизить риски, связанные с опасностью загрязнения подземных вод при ПГУ. Другой способ избежать загрязнения пресной воды - работать на глубине значительно ниже пресных вод. Во многих бассейнах пластовые воды глубиной ниже 150-200 м слишком солёные для обычных применений, поэтому обычно рекомендуется эксплуатация на этих глубинах или ниже. Однако следует отметить, что в некоторых местах зона аэрации очень глубокая (> 300 м), и пресная вода может залегать на глубине более 500 м. Как правило, эти зоны распознаются ещё на начальных этапах разработки, и относительно просто избежать работы в них.

Поскольку ПГУ превращает уголь в газ и выводит этот газ на поверхность, объем породы обязательно уменьшается. Там, где породы кровли угольных пластов слабые, результаты оседания могут иметь неблагоприятные последствия, вплоть до обрушения в значительных масштабах. Управлять этим оседанием и уменьшать его последствия возможно несколькими способами. Во-первых, выбор пласта на большой глубине позволит уменьшить оседания земной поверхности. Разработка пластов глубиной более 400 м будет иметь минимальные следы на поверхности, отчасти потому, что прочностные свойства пород и нагрузка на них увеличивается с глубиной. Во-вторых, правильная структурная и геомеханическая характеристика вышележащих блоков имеет центральное значение для управления процессами деформирования. Простое геологическое картографирование и геофизические исследования могут значительно снизить вероятность обрушения за счет заблаговременного выявления ослабленных, потенциально опасных участков. Существует множество программ для структурного анализа, которые могут быть использованы для оценки потенциальных рисков [4].

Проблемы, связанные как с притоком грунтовых вод, так и с деформированием массива горных пород, могут быть решены при внедрении системы комплексного мониторинга геомеханического состояния массива горных пород, земной поверхности и контроля технологических процессов. В проекте «Шиншилла» 19 скважин предусмотрены для мониторинга давления и химического состава воды с целью получения данных о загрязнении подземных вод. Эти операции имели центральное значение для контроля процессов газификации и предотвращения загрязнения подземных вод. Также деформации массива горных пород и оседания земной поверхности можно было контролировать с применением геодезических наблюдений, наблюдательных скважин, датчиков наклона. Электро-резистентная томография или электромагнитно-индукционная томография могут дать представление об изменении

полостей, переносе подземных вод и потенциальной потере продукта. Такой мониторинг позволяет своевременного выявлять признаки деформаций массива горных пород и земной поверхности при скважинной геотехнологии [5].

Таким образом, имеется значительный потенциал для развития процессов мониторинга с целью управления этапами подземной газификации угля. Комплексный мониторинг деформационных процессов при скважинной геотехнологии позволяет оперативно выявлять признаки, предшествующие развитию неблагоприятных ситуаций, на основе которых осуществляется выбор мероприятий по снижению экологических и горнотехнических рисков.

Литература

1. Есина Е. Н. Фильтрационные и теплофизические процессы при подземной газификации бурого угля Подмосковского бассейна [Текст] / Е. Н. Есина, Г. В. Стась, А. Н. Качурин // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 2. – С. 288–302.
2. Качурин Н. М. Геомеханическое обеспечение комбинированной геотехнологии на завершающей стадии освоения угольных месторождений [Текст] / Н. М. Качурин, Г. В. Стась, Е. Н. Есина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2021. – № 3. – С. 277–285.
3. Наумов Ю. А. Мировой опыт в области технологии газификации угля. Ч. 1 [Текст] / Ю. А. Наумов, Д. А. Туник, Ю. А. Юсипук // Дни науки – 2011: Сборник материалов региональной научно-практической конференции: В 2т. – Красноармейск: КИИ ДонНТУ. – 2011. – 173 с. – С. 76–78.
4. Burton, E. Best Practices in Underground Coal Gasification [Text] / E. Burton, J. Friedmann, R. Upadhye // U.S. Department of Energy by the University of California, Lawrence Livermore National Laboratory under contract – No. W-7405-Eng-48. 119 p.
5. Friedmann, J. LLNL Capabilities in Underground Coal Gasification [Text] / J. Friedmann, E. Burton, R. Upadhye // U.S. Department of Energy by University of California, Lawrence Livermore National Laboratory under Contract – W-7405-Eng-48., July 19. – 2006.

ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕЦИФИКИ ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЭЛЕМЕНТНОМ СОСТАВЕ КОСТНОЙ ТКАНИ СВИНЬИ ДОМАШНЕЙ (*SUS SCROFA DOMESTICUS*) И ДИКОГО КАБАНА (*SUS SCROFA*) НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Рулик М.А.¹, Куровская В.В.¹

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.¹, Паничев А.М.²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Тихоокеанский Институт Географии Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, Россия

Исследования элементного состава костной ткани млекопитающих выполнены на территории Сихотэ–Алинского заповедника в Тернейском районе и территории, прилегающей к Лазовскому заповеднику в Ольгинском районе Приморского края.

Тернейский район характеризуется наличием горных пород, приуроченных к выходам на поверхность вулканических и вулканогенно-осадочных раннекайнозойских пород кальдерных отложений палеовулкана Солонцовый. Общая площадь, занимаемая литокомплексами палеовулкана, около 300 км², максимальной отметкой древнего вулкана является г. Солонцовая –1160 м. На данной территории распространена литофагия среди млекопитающих [1]. Минеральный состав поедаемых пород схож с минеральным составом в Ольгинском районе, за исключением цеолитов, имеющих большую долю, и достигают до 50%. Ольгинский район в геолого-геоморфологическом отношении представляет собой вулканотектоническую впадину, которая образовалась в раннем кайнозое. Площадь впадины около 75 км² с абсолютными отметками 380 до 580 м. В минеральном составе горных пород преобладают цеолиты (клиноптилолит, гейландит) от единиц до 35% объема и глинистые минералы (преимущественно смектит) от 15 до 95% [1].

Работа выполнена по материалам, полученным в ходе выполнения гранта РФФИ № 20-64-47021 «Влияние литолого-геохимической специфики горных ландшафтов Сибири и Дальнего Востока на формирование элементного состава организма млекопитающих» коллективами Томского политехнического университета и двух институтов ДВО РАН (ТИГ и ДВГИ). Аналитическая обработка данных проводилась с использованием методики ИСП-МС в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НИ ТПУ (зав. лабораторией к.г.-м.н. Хвощевская А.А.).

Целью данных исследований является сравнение межвидовой специфики элементного состава костной ткани млекопитающих, обитающих на одной территории со схожими литолого-геохимическими условиями, а также сравнение животных одного вида, но обитающих на разных территориях и с разными литолого-геохимическими условиями.

Исследования элементного состава выполнены на примере четырех животных: два диких кабана (*Sus scrofa*), обитающих в районе р. Сухая (бассейн Милоградовки) (Ольгинский район), а также в районе кл. Петлевочный (Тернейский район) и двух свиней домашних (*Sus scrofa domesticus*) из двух населенных пунктов, расположенных в непосредственной близости к территории обитания диких животных (п. Терней и п. Лазо).

В качестве фактического материала была взята бедренная кость, концентрации элементов установлены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

В качестве макроэлементов были выбраны такие элементы, как кальций (Ca), фосфор (P), магний (Mg), калий (K) и натрий (Na). По микроэлементам были выбраны элементы, как литий (Li), хром (Cr), марганец (Mn),

кобальт (Co), медь (Cu), цинк (Zn), селен (Se), молибден (Mo) и олово (Sn). Данные элементы оказывают большое влияние на развитие костной ткани млекопитающих. Недостаток тех или иных элементов может неблагоприятно сказаться на организме животного, так, например, хрупкость костей может привести к остеохондрозу [2].

Сравнение межвидовой специфики элементного состава костной ткани показало (рис.1), что на территории Тернейского района различий в накоплении макроэлементов между свиной домашней и диким кабаном практически не наблюдается. В то же время, нами отмечено более существенное накопление этой группы элементов в организме свиной домашней по сравнению с диким кабаном на территории Ольгинского района. Это говорит о том факте, что на накопление химических элементов влияет не столько видовой специфика, сколько территориальный фактор и, возможно, корма.

Территориально, свиная домашняя с п. Терней и дикий кабан с кл. Петлевочный имеют высокие концентрации по группе макроэлементов, чем свиная домашняя и дикий кабан с Ольгинского района. Дикий кабан с Тернейского района имеет высокие концентрации кальция (Ca) - 193074 мг/кг и фосфора (P) – 90610 мг/кг по сравнению дикого кабана с Ольгинского района (содержание кальция (Ca) - 102703 мг/кг и фосфора (P) – 72175 мг/кг. Свиная домашняя с п. Терней имеет высокие концентрации натрия (Na) - 5957 мг/кг, кальция (Ca) - 169443 мг/кг и магния (Mg) - 3771 мг/кг. Свиная домашняя с п. Лазо, по сравнению с домашней свиной с п. Терней, имеет высокие концентрации фосфора (P) - 82942 мг/кг и калия (K) – 543 мг/кг. Несмотря на это, наименьшие значения по приведенным 5 макроэлементам имеет дикий кабан с р. Сухая (Ольгинский район).

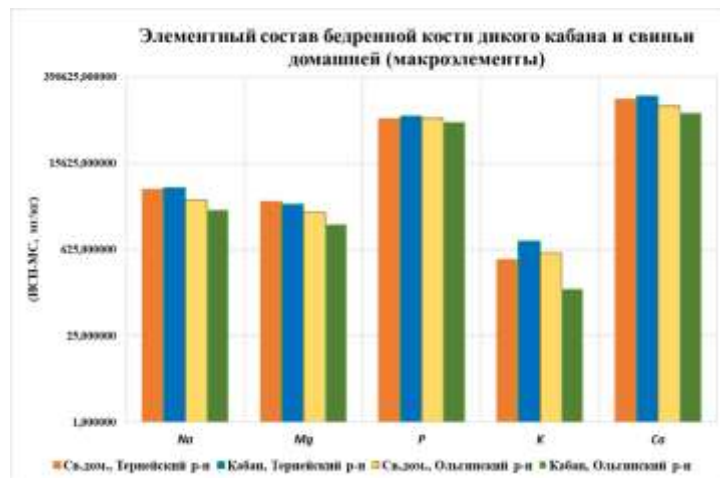


Рис. 1. Элементный состав бедренной кости дикого кабана и свиной домашней (мг/кг) по группе макроэлементов

Концентрация макро- и микроэлементов, таких как литий, калий, марганец и селен выше у диких кабанов, а у свиной домашних наблюдаются более высокие концентрации натрия, магния, хрома, меди, цинка, молибдена и олова. Фосфор, кальций и кобальт у кабанов и свиной домашних находятся приблизительно в схожих концентрациях.

Анализ коэффициентов концентраций микроэлементов показал, что для животных с одной территории показатели близкие в организме животных разных видов, в то время как территориальные различия весьма существенные (рис.2).

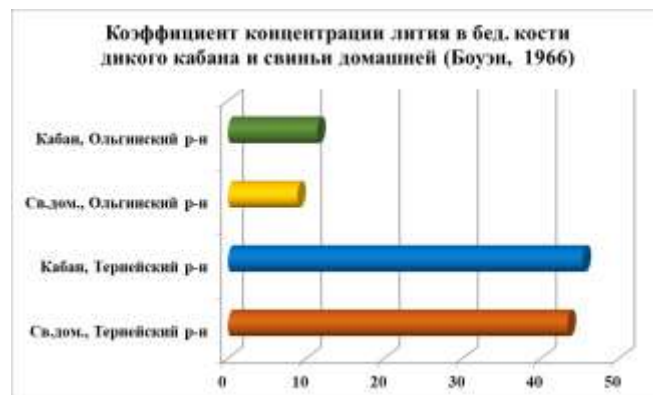


Рис. 2. Коэффициент концентрации лития в бедренной кости дикого кабана и свиной домашней районов Приморья относительно среднего содержания по Боузу (1966 г.)

Таким образом, проведенные исследования показали, что видовая специфика накопления химических элементов в костях двух видов животных имеет место, но она не столь значительна, как влияние территориального фактора. Между домашней свиньей и диким кабаном, обитающими в одном районе практически нет существенных различий по изученным элементам. В то же время, как свинья домашняя, так и кабан имеют существенную разницу в накоплении ряда элементов в зависимости от района обитания. Установлено, что животные на территории Тернейского района концентрируют в составе бедренной кости значимо более высокие количества практически всех изученных элементов по сравнению с животными Ольгинского района. Поэтому, на наш взгляд, ведущим фактором формирования элементного состава костной ткани является фактор литолого–геохимической специфики территории.

Литература

1. Редкоземельные элементы как причинный фактор геофагии среди растительноядных животных / А. М. Паничев [и др.] // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2021. – Т. 499, № 1. – С. 82-86
2. Comparison of the accumulation of macro- and microelements in the bone marrow and bone of wild and farmed red deer (*Cervus elaphus*) / Tajchman Katarzyna [и др.] // BMC Veterinary Research. – 2021. – Т. 324, № 17.

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ САЖЕНЦЕВ К ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Сальникова Ю.М., Игнатченко П.П.

Научный руководитель доцент Алексеенко А.В.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Развитие горной и нефтегазовой промышленности приводит к нарушению и выводу из пользования огромных площадей плодородных земель. Не только добыча разного рода сырья, но и другие сферы деятельности человека, такие как создание свалок, золоотвалов, хвостохранилищ и т.д., приводят к ухудшению состояния ценных для народного хозяйства земель [5]. Ежегодно в мире уничтожается 10 млн гектаров леса (2015-2020 годы) [7]. Для восстановления утерянных ландшафтов применяют различные виды мероприятий по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия.

В европейских странах, к примеру, во Франции, Дании, Италии и др., где нарушение ландшафтов происходят, в основном, из-за добычи строительных материалов и разработки месторождений угля, превалирует вопрос рекультивации карьеров и озеленения терриконов [5]. Этот процесс начинается по мере завершения добычи сырья. В настоящее время ведущим для большинства стран Европы является направление рекреационной рекультивации [1].

В США наблюдается преобладание лесохозяйственной рекультивации рекреационного назначения. Что касается способов рекультивации, повсеместно реализуется гидронамыв семян [3] на крутых откосах, аэросев наравне с ручным способом посадки. Особенное внимание уделяется подбору видов растений, наиболее устойчивых к конкретным экологически неблагоприятным условиям [5].

Поскольку Российская Федерация занимает огромные территории, невозможно выделить определённый тип климата и подходящий вид рекультивации для всей территории. Для оценки возможности применения зарубежного опыта рекультивации была выбрана территория климатически сопоставимая с Европой, по данной характеристике подходит Ленинградская область. Регион находится в лесной зоне, поэтому большая часть земель заимствуется именно из лесного фонда – это делает лесохозяйственную рекультивацию ведущим направлением, оно на данный момент преобладает над остальными (70% от всех восстановленных земель) [4].

Согласно Государственному докладу о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году на 1 января 2019 года площадь нарушенных земель в России составила 1 076,9 тыс. га, что на 4,5 тыс. га больше, чем в 2018; в Ленинградской области площадь нарушенных земель равна 22,9 тыс. га [6]. Основная часть их (свыше 70 %) представлена выработанными торфяниками [2]. Кроме разработки месторождений полезных ископаемых к нарушению земель приводит выполнение геологоразведочных, изыскательских строительных и других работ.

В целях сокращения негативного влияния человека на окружающую среду в данной области необходимо создавать проекты, направленные на его предотвращение и восстановление пострадавших земель. Одним из таких проектов можно считать теплицу для выращивания саженцев хвойных деревьев.

Данный проект представляет собой комплекс сооружений, состоящий из теплицы и «склада», объединенных территориально. Под складом подразумевается место для хранения саженцев, для этого подойдет заброшенный (отработанный) карьер строительных материалов. Проект способствует восстановлению лесов, что благоприятно скажется на улучшении качества воздуха. С помощью 3D-моделирования в пакете Autodesk 3ds Max авторами был создан макет теплицы (рисунок).

Для проектирования строительства теплицы были выбраны материалы, используемые в разных отраслях промышленности. Среди них оцинкованная сталь, стекло, алюминий. Фундамент ленточного типа более всего подходит для данного региона. Он представляет собой железобетонную ленту, которая сооружается непосредственно из бетона (из фарфорово-керамического песка, имеющего низкий углеродный след) с предварительным армированием (стальная арматура, связанная в решётку диаметр 14-20 мм). Главными критериями

были устойчивость, прочность и продолжительный срок эксплуатации. Предусматривается возможность использования переработанных материалов, например, пленки фторопласт-40 (ETFE).



Рис. Макет автономной теплицы (авторская работа)

Основные положительные стороны: возврат к производственному циклу нарушенных земель; использование уже проложенных транспортных артерий; использование оборотного водоснабжения; максимальное исключение сброса сточных вод в водные объекты; возможность использования промышленных сточных вод; создание совместно с промышленным предприятием комплекса очистных сооружений; независимость от городских сетей водоснабжения; компактное использование альтернативных источников энергии; использование не только энергии ветра и солнца, но и энергии водорослей, дождей и ливневых стоков.

Проект следует Целям устойчивого развития ООН и может внести огромный вклад в лесовосстановление. Промышленный прогресс не остановить. Изъятие земель для промышленности и производств будет продолжаться, а значит и количество незатронутых ландшафтов будет стремительно уменьшаться. Чтобы сократить площади пострадавших земель, необходимо производить их изъятие в плановом, а не в стихийном порядке, с обязательными предварительными исследованиями, чтобы обойтись наименьшими потерями для страны и природы в целом. Рекультивацию стоит планировать заранее, еще до начала проектных работ по использованию территории, предназначенной для добычи определенных полезных ископаемых. Результатом рекультивации должно являться полное или частичное восстановление нарушенных земель и улучшение условий окружающей среды. Стоит заметить, что рекультивация позволяет не только снять экологическую напряженность в горнопромышленном районе, но и получить экономический эффект от хозяйственного использования территории и повысить кадастровую стоимость земель.

Литература

1. Ворончихина, Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты: монография [Текст] / Е.А. Ворончихина – Пермь, 2010. – 165 с.
2. Капелькина, Л. П. Рекультивация нарушенных земель в Ленинградской области [Текст] / Л.П. Капелькина // Региональная экология. – 2011. – № 3-4(32). – С. 105-110.
3. Кожевников, Н.В.. Отечественный и зарубежный опыт биологической рекультивации нарушенных земель [Текст] / Н.В. Кожевников, А.В. Заушинцева // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. - 2017. - №1 (1).
4. Минакова, Т.Б. Рекультивация - путь повышения природно-ресурсного потенциала горнопромышленных районов [Текст] / Т.Б. Минакова // Сергеевские чтения: Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. - 2019. - С. 520-526.
5. Назына, К. С. История развития рекультивации нарушенных земель: мировой и российский опыт [Текст] / К.С. Назына // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2013. – № 12. – С. 131-138.
6. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. / Сост. О.А. Скуфинский, А.И. Бутовецкий, Г.Ю. Елизарова. - М.: - 2020, - 206 с.
7. Доклад о Целях в области устойчивого развития, 2020 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Russian.pdf

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ
Сапетный А.И.

Научный руководитель доцент Турбаков М.С

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

С самой первой скважины, пробуренной для получения полезных ископаемых во благо промышленности, экологи забили тревогу о неизбежных последствиях разработки нефтегазовых месторождений для хрупкой морской экосистемы. По сей день эта проблема остается актуальной, именно поэтому в данной статье я решил изучить вопросы влияния нефтедобывающей промышленности на подводную флору и фауну и способы их решения.

Разработка нефтяных и газовых месторождений состоит из 4 стадий, каждая из которых негативно влияет на морскую среду.

- геологоразведочные работы;
- промысловое обустройство месторождения;
- эксплуатация месторождения;
- ликвидация (консервация) месторождения.

Рассмотрим каждый этап, их влияние и способы снижения неблагоприятных последствий на каждом этапе.

Основной инструмент геологоразведочных работ – сейсморазведка. Сейсморазведка – метод исследования структуры горных пород с целью выявления газонасыщенных и нефтенасыщенных пластов. Сейсморазведка сокращает количество мест пригодных для рыболовства, кроме этого, наносит вред гидробионтам. Разведочное бурение, которое изменяет структуру дна, загрязняет воздух вследствие технологических выбросов.

Промысловое обустройство месторождения. На этой стадии происходит процесс прокладки трубопровода при помощи танкеров, установка буровой платформы, строительство береговых сооружений. Основные воздействия на природу на этом этапе – физические нарушения, постоянные вибрации, влияющие на координацию морских обитателей, сброс отходов (жидких и твердых), запрет рыболовства.

На третьей стадии – эксплуатации месторождения, проводится бурение, транспортировка оборудования и технологические мероприятия. Каждое действие на данном этапе сопровождается разливами и выбросами различных отходов.

После выработки месторождения происходит демонтаж нефтедобывающего оборудования (платформы и труб), а также консервация скважины, которые приводят к загрязнению вследствие выбросов отходов и неисправимому нарушению микрофлоры морского дна.

Каждая из этих проблем неоднократно обсуждалась экологами, но до сих пор вопрос о нейтрализации последствий остается открытым. Хочется рассмотреть основные проблемы на каждом этапе и уделить внимание способам решения каждой из них.

Перейдем к вопросу решения проблем на каждом этапе:

Чтобы исправить проблему изменения структуры дна на первом этапе, необходимо, после бурения разведочных скважин, прибегать к помощи опытных экологов и океанологов для восстановления первоначального ландшафта морского дна.

Уменьшить влияние постоянных вибраций на жизнедеятельность подводных организмов помогут вибропоглощающие и амортизирующие материалы при бурении прокладки труб.

Во избежание загрязнения большого количества воды отходами нефтепромысла нужно разработать систему фильтров на перемещающихся установках во круг нефтедобывающей платформы.

Рассмотрев проблемы на каждом этапе и изучив способы их решения имеющихся в настоящее время, можно предположить, что развитие очищающего оборудования и инновационных материалов в дальнейшем помогут экологами минимизировать вред, наносимый нефтедобывающими компаниями окружающей среде.

Литература

1. Патин, С. А. Нефть и экология континентального шлейфа Ч. 1: учеб. пособие [Текст] / С.А. Патин – М.: ВНИРО, 2017. – 321 с.
2. Поиски и разведка месторождений нефти и газа: учебное пособие [Текст] / Российский университет дружбы народов (РУДН); сост. М.И.Бурцев – Москва: Издательство РУДН, 2006. – 263 с.
3. Экологические проблемы добычи нефти и газа на шельфе Мирового океана [Текст] / Д.Д. Ганченко, Е.В. Чернеева, В.А. Щерба, А.В. Янкевский. // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т.9. – № 6. – С. 40.

ПЫЛЕВАЯ И РТУТНАЯ НАГРУЗКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАРАГАНДА, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Сапрунова И.А.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Одним из производств, оказывающих негативное воздействие на состояние окружающей среды, является машиностроение. На различных этапах этого сложного производства выделяется целый комплекс веществ, которые

при попадании во внешнюю среду приводят к загрязнению атмосферного воздуха, водных объектов и почвы [11]. Снеговой покров представляет собой природный компонент, используемый в качестве индикатора техногенного загрязнения городских территорий в зимнее время года [1].

Отбор проб снегового покрова осуществлялся в феврале 2022 года автором работы с целью определения минералого-геохимических особенностей твердого осадка снега в зимний период в зоне воздействия литейно-машиностроительного завода, расположенного на территории г. Караганды. Отбор проводился в соответствии с методическими рекомендациями [1], а также на основании многочисленных эколого-геохимических исследований, проводимых сотрудниками ИШПР ТПУ [2,5].

Пробы снегового покрова были отобраны согласно методическим рекомендациями [1,2] по регулярной точечной сети с шагом от 500 до 1000 м, с учетом доступности отбора проб в зоне воздействия литейно-машиностроительного завода на окружающую среду (юго-восточный район г. Караганда). Пробы были отобраны на всю мощность снегового покрова, кроме 5 см, прилегающих к почвенному покрову. Вес каждой пробы составлял от 10 до 15 кг.

Первым этапом пробоподготовки являлось таяние снега при комнатной температуре, затем производилась отсечка снеготалой воды от крупных включений с помощью пинцета. Далее большая часть снеготалой воды была слита через полиэтиленовую трубку в банки. Также был проведен учет слитой воды. Оставшаяся часть воды была профильтрована через обеззоленный фильтр. Твердый осадок снега был высушен на фильтре и просеян через сито с диаметром ячеек 1 мм. Затем пробы твердого осадка снега взвешивали и подготавливали для проведения дальнейших аналитических исследований: шлиховой анализ и определение концентрации ртути в твердом осадке снега. Также осуществлялись расчеты пылевой и ртутной нагрузок.

Изучение снегового покрова показало равномерное распределение пылевой нагрузки. Значения пылевой нагрузки варьируются от 7,66 до 31,73 мг/м² в сут., что соответствует низкой степени загрязнения [8]. Согласно ранее полученным данным [10], значения пылевой нагрузки в районе расположения литейно-машиностроительного завода достигали 319 мг/м² в сут., что соответствует средней степени загрязнения [8]. Согласно [10], величина пылевой нагрузки в целом по городу Караганда в 2016 году составляла 412 мг/м² в сут., что соответствует средней степени загрязнения.

Актуальным является изучение вещественного состава пылевых частиц, осевших из атмосферы на снеговой покров. В учебно-научной лаборатории стереоскопического анализа в МИНОЦ «Урановая геология» ИШПР ТПУ автором проводилось определение вещественного состава на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике [3].

В пробах твердого осадка снега были обнаружены частицы природного происхождения: кварц (бесцветные прозрачные частицы разной окатанности), карбонатные (частицы неправильной формы, светлых оттенков), алюмосиликатные (со стекляннным блеском, светлых оттенков) и железистые частицы (с жирным металлическим блеском, темных оттенков), а также слюды (чешуйчатые частицы разного цвета) и включения растительного происхождения. Частицы техногенного происхождения, обнаруженные при анализе, представлены сферами (включения круглой формы), шлаками (бесформенные частицы черного цвета), угольными частицами (черные, уплощенной формы), волокнами (нитевидные). По визуальному анализу, количество частиц природного происхождения (75%) преобладает над количеством частиц техногенного происхождения (25%).

В ходе дальнейшего изучения проб твердого осадка снега были определены концентрации ртути. Определение концентрации ртути в пробах было выполнено в лаборатории микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» ИШПР ТПУ на анализаторе ртути RA 915+ с приставкой Пиро-915+, согласно [9] под руководством Н.А. Осиповой. В качестве стандартного образца использовали почвы ГСО-8923-2007. Навеска ртути составила 50-60 мг.

Основным источником антропогенных выбросов ртути (46% от суммарного показателя) является доля сжигания ископаемого топлива, в особенности угля [7]. Поскольку отопление на рассматриваемом литейно-машиностроительном заводе осуществляется системой автономного отопления, то не стоит исключать данный фактор при анализе.

Максимальное среднее содержание ртути было отмечено на территории, прилегающей к заводу с северной стороны (500м на север) – 0,242 мг/кг, также в пробах около завода среднее содержание ртути колеблется от 0,125 до 0,242 мг/кг. Данные представлены на рисунке 1.

Путем перемножения среднего содержания ртути на пылевую нагрузку была вычислена ртутная нагрузка в окрестностях предприятия машиностроительной отрасли. Данные представлены на рис. 2. При анализе ртутной нагрузки определено, что в окрестностях литейно-машиностроительного завода концентрация ртути в твердом осадке снега максимальна в пределах санитарно-защитной зоны, по мере удаления от нее концентрация снижается. В целом, содержание ртути в пробах превышает фоновое значение от 4 до 8 раз (в качестве фонового участка была выбрана территория, удаленная от города Караганды на расстоянии 55 км в северо-западном направлении [10]).

Максимальный уровень среднесуточного выпадения ртути из атмосферы на снеговой покров также приходится на северную и восточную границы санитарно-защитной зоны. По мере удаления от санитарно-защитной зоны ртутная нагрузка снижается.

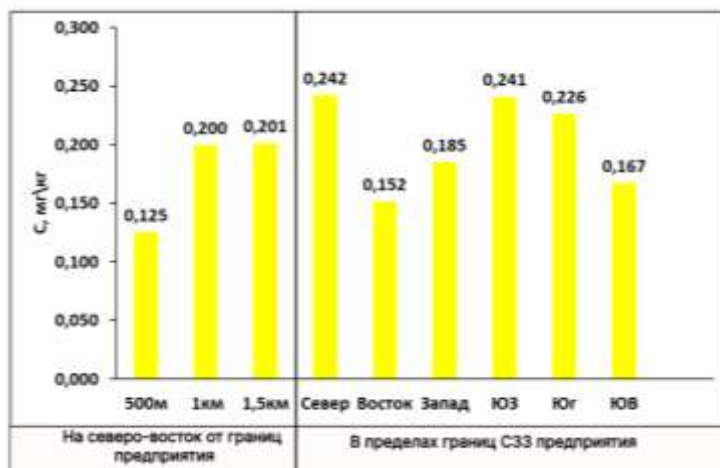


Рис. 1. Содержание ртути в твердом осадке снегового покрова в окрестностях литейно-машиностроительного завода г. Караганда, мг/кг

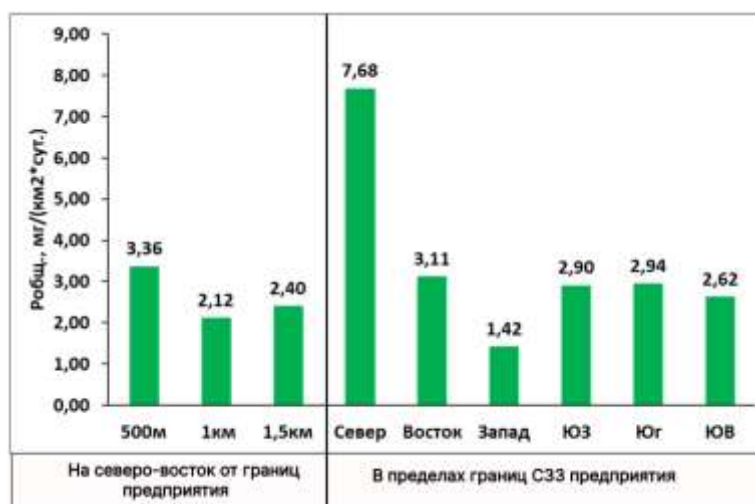


Рис. 2. Ртутная нагрузка в окрестностях литейно-машиностроительного завода г. Караганда по данным изучения твердого осадка снега, мг/(км²*сут.)

Обобщая изложенные данные, стоит сказать, что в пробах твердого осадка снега были обнаружены частицы природного и техногенного происхождения, вносящие свой вклад в формирование пылевой нагрузки в районе исследования. Твердый осадок снега может являться индикатором атмосферной эмиссии ртути. Ртуть в составе взвешенных частиц может перемещаться потоками ветра с загрязненных районов города, каким является исследуемый район предполагаемого воздействия, в другие районы. Машиностроительная отрасль является габаритным фактором формирования загрязнений в районах города.

Литература

1. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Н.В. Кошелева, Д.В. Власов, Е.В. Терская // Вестник Московского ун-та. Сер. 5: «География». – 2012. – № 4. – С. 14 – 24.
2. Влияние угледобывающих предприятий на загрязнение снегового покрова прилегающих урбанизированных территорий (на примере г. Междуреченск) [Текст] / Н.А. Осипова, А.А. Быков, А.В. Таловская, А.Н. Николаенко, Е.Г. Язиков, С.А. Ларин // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов – 2017. – Т. 328. - № 12. – С. 36-46.
3. Пат. 2229737 Российская Федерация, МПК7 G 01 9/00. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами / Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В. заявитель и патентообладатель Томский политехн. ун-т. – № 2002127851 заявл. 17.10.2002 опубл. 27.05.2004
4. Ртуть в пылеаэрозолях на территории г. Томска [Текст] / А.В. Таловская, Е.А. Филимоненко, Н.А. Осипова, Е.Г. Язикова // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 2. – С. 30 – 34.
5. Таловская, А.В. Геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений на территории г. Томска [Текст] / А.В. Таловская // Оптика атмосферы и океана. - 2010 - Т. 23. - № 6. - С. 519-524.
6. Филимоненко, Е.А. Минералогия пылевых аэрозолей в зоне воздействия промышленных предприятий г. Томска [Текст] / Е.А. Филимоненко // Фундаментальные исследования. – М., 2013. – № 8. – С. 760 – 765.

7. Руководство по оптимизации процессов сжигания угля на электростанциях в целях сокращения выбросов ртути: отчет сектора партнерства по сжиганию угля; исполн: Войцех Йожевич. – Женева, Швейцария, 2010. – 102 с.
8. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. М.: Госкомгидромет, 1991. 693 с.
9. РД 52.18.827-2016 Массовая доля ртути в пробах почв, грунтов, донных отложений и биологического материала. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии "холодного пара". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556459506>
10. Адильбаева Т.Е. Эколого - геохимическая оценка территории в зоне влияния теплоэлектростанции (г. Караганда, Республика Казахстан) [Текст]: диссертация на соискание звания магистра / Тамара Ерлановна Адильбаева - Томск, 2015.
11. Шишкина, П.А. Влияние предприятий машиностроительного и станкостроительного производства на окружающую среду и почву [Текст] / П.А. Шишкина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. - №12. – С. 172-175.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Свиридова А.С.

Научный руководитель доцент Соктоев Б.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Содержание в водных объектах сульфатов и карбонатов кальция является источником образования солевых отложений. В результате этого данные соединения не растворяются в воде даже при высоких температурах. Именно поэтому в бытовых условиях повышенное содержание солей приносит вред не только электроприборам и другим предметам водопользования, но и здоровью человека. С другой стороны, солевые отложения, которые образуются в процессе кипячения, могут быть использованы в эколого-геохимических исследованиях для косвенной оценки качества питьевых вод [2,8,9,10].

В Кемеровской области развито большое количество отраслей промышленности, основными из которых являются добыча и переработка угля, металлургия, машиностроение и другие. Металлургическая и горнодобывающая отрасли считаются ведущими в экономике области [6]. На северо-востоке Кузбасса в горно-таёжной местности расположена Мариинская тайга. В пределах Мариинской тайги находится бассейн р. Кия, который известен как район золотых лихорадок. В 1856 г. купцы обнаружили залежи золота и больше полувека проводили его добычу. В 19 веке на одном из притоков р. Кия в близлежащих населенных пунктах – Комсомольск и Тисуль – производилась добыча и переработка золотых руд. Золотодобыча производилась и на притоках р. Кия [5]. Также на территории Чебулинского района было открыто Малиновское месторождение урана с запасами в первые тысячи тонн [7].

В рамках данной работы был проанализирован состав солевых отложений питьевых вод (накипи), отобранных в населенных пунктах ряда районов (Мариинский, Тисульский, Чебулинский) северной части Кемеровской области. Пробы были отобраны в следующих населенных пунктах: г. Мариинск, пгт. Тисуль и Комсомольск, с. Приметкино, Алчедат и Усть-Чебула, д. Дмитриевка. Для данной работы отобрано 30 проб, которые были отправлены на инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) [10].

Высокое содержание отмечено для таких элементов как Са, Fe, Sr и Ва. Известно, что именно Са и Fe являются структурообразующими в минеральном составе накипи. Основные минералы, образующие накипь, – кальцит и арагонит. Высокие концентрации Sr и Ва обусловлены геохимическим родством к кальцию с образованием полиморфных модификаций карбоната кальция [1].

На основе данных по средним концентрациям в солевых отложениях питьевых вод были рассчитаны коэффициенты концентрации относительно следующих фоновых показателей: кларк ноосферы [3], кларк осадочных карбонатных пород [4], накипи воды оз. Байкал [9], среднее содержание (медиана) по всей выборке (таблица).

Полученные результаты показывают, что для проб солевых отложений питьевых вод характерна геохимическая специализация в каждом населенном пункте.

Относительно кларка по ноосфере во всех населенных пунктах общими элементами в геохимических рядах являются Sr, Ва, Au и Са. При этом Sr и Au имеют наиболее высокие концентрации относительно остальных общих элементов. Также существенно присутствие Zn на всех территориях, кроме д. Дмитриевка. В с. Приметкино содержание урана намного выше, чем в с. Усть-Чебула. Остальные элементы имеют низкие коэффициенты концентрации.

Геохимические ряды относительно кларка осадочных карбонатных пород показывают, что общими элементами для исследуемых населенных пунктов являются Zn, Au и Sr. Концентрации Zn и Sr варьируются от максимальных до минимальных, а содержание золота достигает максимального показателя концентрации в пгт. Комсомольск и Тисуль. Уран также обнаружен в повышенных концентрациях в пробах из с. Приметкино, Усть-Чебула и пгт. Комсомольск с максимальной концентрацией в образцах из с. Приметкино.

Zn является единственным общим элементом в геохимических рядах для изученных населённых пунктов относительно накипи воды оз. Байкал, максимальный коэффициент концентрации отмечен в пробах из пгт. Комсомольск. Стоит отметить, что такие элементы, как Nd и Cs являются общими для всех населенных пунктов, кроме Комсомольска. Присутствие Lu в геохимических рядах также вызывает вопросы.

Относительно среднего содержания (медианы) по всей выборке общими элементами в геохимических рядах являются Tb и Ta. Среди других особенностей можно отметить следующее: в ряде проб выявлены высокие

СЕКЦИЯ 8. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

коэффициенты концентрации галогена (Br) и щелочных (Rb, Cs) элементов. Большая часть химических элементов имеют низкие коэффициенты концентрации. Высокие показатели коэффициентов концентрации отмечены в пробах из н.п. Приметкино (U_{40,8}) и Комсомольске (Sc_{204,3}).

Таблица

Геохимическая специализация солевых отложений питьевых вод на территории северной части Кемеровской области относительно различных фоновых показателей

№ п/п	Населенные пункты	Геохимические ряды
относительно кларка ноосферы [3]		
1	Мариинск	Sr _{42,2} – Ba _{18,2} – Au _{17,9} – Zn _{12,3} – Ca _{10,4} – As _{1,1}
2	Приметкино	Au _{50,9} – Sr _{32,2} – U ₁₇ – Ca _{14,5} – Ba _{6,9} – Zn _{4,9} – As _{3,5}
3	Тисуль	Sr _{154,1} – Au _{129,1} – Ca _{17,47} – Zn _{5,8} – Ba _{3,6} – As _{1,9} – Cs _{1,48}
4	Алчедат	Sr _{163,8} – Ba _{40,7} – Ca _{13,4} – Au _{11,3} – Zn _{4,5} – Nd ₁
5	Дмитриевка	Sr _{171,4} – Ba _{50,5} – Ca _{16,8} – Au _{7,8} – As _{3,1} – Nd _{1,8}
6	Усть-Чебула	Sr _{38,2} – Ca _{14,2} – Au _{7,2} – Ba _{4,4} – U _{3,9} – Zn _{3,8}
7	Комсомольск	Au _{173,9} – Zn _{30,4} – Ca _{23,9} – Sr ₁₀ – As _{3,3} – U _{2,2} – Sb _{1,4} – Ba _{1,1}
относительно кларка осадочных карбонатных пород [4]		
1	Мариинск	Zn _{21,8} – Au _{5,6} – Sr _{4,4} – Ba _{1,8}
2	Приметкино	Au ₁₆ – U _{14,7} – Zn _{8,6} – Sr _{3,4} – Lu _{2,8} – As _{2,4} – Nd ₂
3	Тисуль	Au _{40,5} – Sr _{16,2} – Zn _{10,3} – Cs _{3,1} – As _{1,3} – Ca ₁
4	Алчедат	Sr _{17,2} – Zn _{7,9} – Ba _{4,1} – Au _{3,6} – Nd _{2,5}
5	Дмитриевка	Sr ₁₈ – Ba _{5,1} – Nd _{4,3} – Au _{2,4} – As _{2,2} – Zn _{1,2}
6	Усть-Чебула	Zn _{6,7} – Sr ₄ – U _{3,9} – Au _{2,3} – Cs _{1,2}
7	Комсомольск	Au _{54,6} – Zn _{53,9} – Ag _{8,9} – Ta ₇ – Sc _{2,9} – As _{2,3} – U _{1,9} – Sb _{1,4} – Ca _{1,4} – Sr ₁
относительно накипи воды оз. Байкал [9]		
1	Мариинск	Zn _{35,1} – Nd _{4,7} – Fe _{3,5} – Ba _{3,1} – Cr _{1,5} – Cs _{1,4} – Sr _{1,1}
2	Приметкино	Lu _{16,5} – Zn ₁₄ – Nd _{13,6} – U _{7,2} – Cs _{7,1} – As _{2,6} – Ta _{2,1} – Ce _{1,9} – Eu _{1,4} – Ba _{1,2} – Cr ₁
3	Тисуль	Cs _{23,7} – Zn _{16,6} – Sr ₄ – Nd _{1,8} – As _{1,4} – Ca _{1,2}
4	Алчедат	Nd _{17,2} – Zn _{12,8} – Ba ₇ – Sr _{4,3} – Cr _{1,5} – Cs _{1,4} – Ta ₁
5	Дмитриевка	Nd _{29,6} – Ba _{8,6} – Sr _{4,5} – Fe _{2,5} – As _{2,3} – Zn _{1,9} – Cs _{1,4} – Ca _{1,1} – Lu _{1,1} – Eu ₁
6	Усть-Чебула	Zn _{10,9} – Cs _{8,9} – Nd _{6,1} – Lu _{2,2} – U _{1,6} – Eu _{1,2}
7	Комсомольск	Zn ₈₇ – Ta ₇₀ – Sc _{11,2} – Eu _{7,5} – Ag _{7,1} – Lu _{3,8} – Tb _{3,5} – Sm _{3,1} – As _{2,4} – Fe ₂ – Ca _{1,6} – Yb _{1,4} – Hf _{1,2}
относительно среднего содержания (медианы) по всей выборке		
1	Мариинск	Cr _{3,8} – Fe _{2,9} – Sb _{2,7} – Ba _{2,6} – Zn _{2,5} – La _{1,8} – Sc _{1,6} – Co _{1,1} – Sr ₁ – Cs ₁ – Br ₁ – Tb ₁ – Ta ₁
2	Приметкино	U _{40,8} – Lu _{8,7} – Cs _{5,1} – Ce _{4,5} – Ta _{4,2} – Nd _{2,7} – Ag _{2,7} – Au _{2,6} – Cr _{2,5} – As _{1,9} – Sm _{1,8} – Co _{1,7} – Tb _{1,5} – Eu _{1,1} – Rb ₁ – Br ₁
3	Тисуль	Cs _{17,1} – Au _{6,5} – Sr _{3,7} – Rb _{1,3} – Na _{1,2} – Zn _{1,2} – Ca _{1,1} – As ₁ – Br ₁ – Tb ₁ – Hf ₁ – Ta ₁
4	Алчедат	Ba _{5,9} – Sr ₄ – Cr _{3,9} – Rb _{3,5} – Nd _{3,4} – Ta _{2,1} – Br ₁ – Tb ₁
5	Дмитриевка	Ba _{7,3} – Nd _{5,9} – Sr _{4,2} – Br _{2,8} – Fe _{2,1} – As _{1,7} – Hf _{1,6} – Cr _{1,3} – Ca _{1,1} – Na ₁ – Cs ₁ – Tb ₁ – Ta ₁ – Th ₁
6	Усть-Чебула	U _{9,3} – Cs _{6,4} – Rb _{6,4} – Sm _{2,3} – Co _{1,4} – Nd _{1,2} – Br ₁ – Ce ₁ – Tb ₁ – Ta ₁
7	Комсомольск	Sc _{204,3} – Ta ₁₄₀ – Ag _{25,2} – Tb _{15,6} – Sm _{15,2} – Au _{8,7} – Yb _{8,5} – Sb _{7,6} – La _{7,1} – Hf ₇ – Zn _{6,2} – Eu ₆ – U _{5,2} – Th ₄ – Na _{3,7} – Ce _{2,3} – As _{1,7} – Fe _{1,7} – Lu _{1,7} – Ca _{1,5} – Rb ₁

Примечание: жирным шрифтом выделены элементы, общие для всех населенных пунктов.

Таким образом, по результатам проведенных исследований выявлена геохимическая специализация солевых отложений питьевых вод, отобранных в населенных пунктах ряда районов (Мариинский, Тисульский, Чебулинский) северной части Кемеровской области. Предварительные результаты показывают вероятное влияние особенностей геологического строения и металлогении территории, а также антропогенных факторов (хвостохранилища, разрабатываемые месторождения рудных полезных ископаемых).

Литература

- Аксенов В. И. Химия воды. Аналитическое обеспечение лабораторного практикума: учеб. пособие / Аксенов В. И., Ушакова Л. И., Ничкова И. И. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. – 142 с.
- Арынова Ш.Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2017. – 22 с.
- Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
- Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 383 с.
- Ермолаев А. Н. Уездный Мариинск 1856-1917 гг. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – 120 с.

6. Ильичев, А. И., Виткин, М. П., Калишев, Н. В. КУЗБАСС - ресурсы - экономика - рынок. – Кемерово, 1995. – 280 с.
7. Кондратьева И. А., Максимова И. Г., Надъярных Г. И. Распределение урана в рудоносных породах Малиновского месторождения по данным F-радиографии. Литология и полезные ископаемые. – УДК 551, 2004. – 400 с.
8. Монголина, Т. А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2011. – 21 с.
9. Соколов, Б. Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2015. – 22 с.
10. Фронтасьева, М. Ф. Нейтронный активационный анализ в науках о жизни: обзор / М.В. Фронтасьева // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Том. 42, № 2. - Р. 636-716.
11. Языков, Е. Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра. геол.-минерал. наук. – Томск, 2006. – 47 с.

**РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (U, Th) В СИСТЕМЕ «ВОДА-МАТ-СУБСТРАТ»
ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ**

Смолякова А. Д.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Байкальская рифтовая зона является второй по величине рифтовой зоной в мире, одной из самых динамичных в России и имеет исключительные природные характеристики. Исследование данной территории проводилось на протяжении последнего столетия. Тенденция к постоянным землетрясениям позволяет выявлять значительные геофизические аномалии, в том числе и изменения уровня содержания и накопления радионуклидов (табл.1) [2], так, например, В.В. Чердынцев и П.И. Чалов в 1970 гг смогли теоретически обосновать феномен высокого отношения активностей урана-234 и урана-238 в условиях циркулирующих подземных вод, который происходит ввиду сейсмогенной деформации коры. На данный момент этим направлением исследований занимаются ученые Института земной коры СО РАН и ЛИН СО РАН [3].

Таблица 1

Радиоактивные элементы в системе оз. Байкал (Бухаров А.А.2001)

Содержание : вода озера	Содержание: ил
Уран (U^{238}) – 0,4 мкг/дм ³ ($1,24 \times 10^4$ Бк/г)	Уран (U^{238}) – 12 г/т (150 Бк/кг)
Торий (Th^{232}) – 0,22 мкг/дм ³ ($3,7 \times 10^3$ Бк/г)	Торий (Th^{232}) – 12 г/т (44 Бк/кг)

Дисбаланс в содержании изотопов урана наблюдается в циркулирующих подземных водах, поэтому системы гидротермальных источников являются объективными носителями не только актуальной информации о динамических процессах территории, но и благодаря деятельности микроорганизмов, могут показать тенденции изменений показателей во времени.

Баргузинская впадина характеризуется рудно-водородной урановой минерализацией (соответственно сопутствующим молибденовой и селеновой). Элементы - S, Se, U, Mo, Pb концентрируются на окислительных геохимических барьерах кайнозойских отложений Байкальской рифтовой области (табл.2) [1].

Таблица 2

Содержания Se, U, Mo, Pb и сопутствующих элементов в минеральных новообразованиях термальных источников Байкальской рифтовой системы (Брюханова Н.Н.2002)

Точка опробования	Среда	Se, мг/т	U, г/т	Mo, г/т	Pb, г/т
Источник Кулиные болота	Минеральная грязь (гейзерит)	613	1,74	11,1	10,58
Кучегерский источник		853	2,72	0,6	8,1

При поступлении U и Th с термальными водами, хоть и не в большом количестве, радиоактивные элементы высвобождаются в условиях грейзенизации и показывают тенденцию к концентрированию.

Способность различных микроорганизмов накапливать уран (рис.1), цезий, стронций и др. изучена хорошо, в данной статье сделана попытка закрыть пробел в исследованиях по изучению биологического извлечения и накопления из окружающей среды радиоактивных элементов цианобактериальными сообществами. Ввиду высокой степени приспособляемости организма к экстремальным условиям (высокая щелочность), определяется высокая устойчивость к тяжелым и радиоактивным металлам, а также высокая интенсивность метаболических процессов, рост бактерий.



Рис. 1. Концентрация "U" в матах термальных источников, относительно кларка литосферы (Виноградов А.П. 1962)

В термальных источниках имеет место однотипная система поведения радиоактивных элементов: Th и U характеризуются слабой миграционной активностью с тенденцией к концентрации в цианобактериях и дальнейшем осаждении в субстрат (в условиях данной фациальной обстановки). Закономерно происходит перераспределение U и, реже, Th. В воде источников Кучегэр и Алла, Th накапливается примерно такое же количество как и U.

Определено, что концентрации U в воде стабильно выше Th, в то время как в матах и субстрате Th преобладает во всех пробах (за исключением Арангагуя) (рис.2).

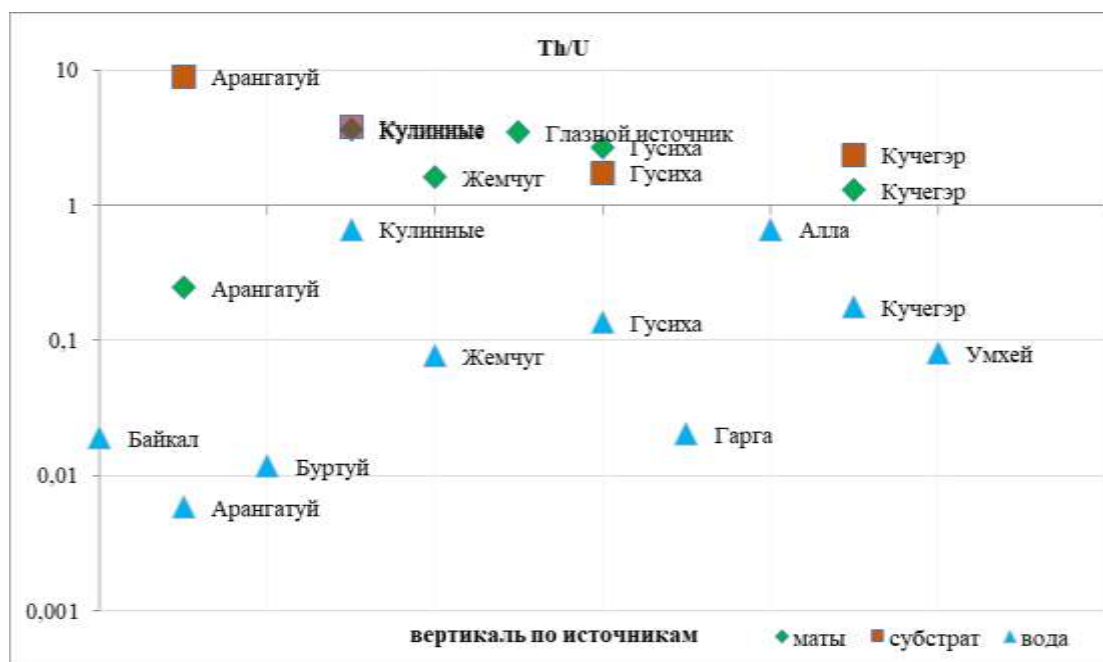


Рис. 2. Торий-урановое соотношение концентраций в компонентах природной среды источников Баргузинской впадины

Количество подвижных комплексов Th в послемагматических щелочных растворах достигает высоких уровней, они характеризуются высокой устойчивостью в первично-щелочной среде и пониженной при падении давления и щелочности раствора.

Литература

1. Брюханова Н.Н. Геохимия Se, S, U и сопутствующих элементов в кайнозойских осадочных отложениях и нефти Байкальской рифтовой зоны. // Мат. молодых учёных – 2002. Современные проблемы геохимии. –Иркутск, 2003. - С. 11-14.
2. Бухаров А.А. Байкал в цифрах (краткий справочник). – Иркутск: Изд-во ИП «Макаров С.Е.», 2001. - 72с.

3. Рассказов С.В., Ильясова А.М., Чувашова И.С. и др. Гидрогеохимическая зональность изотопов урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) на юге Сибирского палеоконтинента: роль резервуара Южного Байкала в формировании подземных вод // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11. № 3. - С. 632–650.
4. Туровский С.Д., Абакиров Ш.А. К геохимии тория в гидротермальном процессе // Радиоактивные элементы в горных породах. Материалы Первого всесоюзного радиогеохимического совещания. Новосибирск, Наука 1975. - С. 166–171.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОРГАНИЗМА АЛТАЙСКОГО МАРАЛА (*Cervus elaphus sibiricus*) В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ ГЕОФАГИИ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)

Стрепетов Д.А.

Научный руководитель доцент Соктоев Б.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геофагия – это феномен заглатывания камней и земляных веществ. Для наземных растительноядных и всеядных млекопитающих геофагия характерна только для некоторых областей. Посещая одну и ту же местность в течение многих поколений, животные формируют особые ландшафтные комплексы – кудюры [5]. Подобные комплексы были выявлены в том числе на территории Республики Алтай в районе реки Малая Сумульта – Сумультинские кудюры (Онгудайский район, Республика Алтай). Они находятся в логах на крутых южных или юго-западных склонах, подверженных выветриванию за счёт повышенного увлажнения и интенсивного облучения солнечной радиацией (инсоляции). Сами же кудюры представлены глинистым элювием широко распространённых здесь зелёных сланцев, в составе которых преобладают слюдистые (глинистые) минералы, такие как серицит, хлорит, монтмориллонит и др., являющиеся природными сорбентами и ионообменниками [4].

Целью данной работы являлось выявление особенностей химического состава органов и тканей алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*). Ареал обитания марала приурочен к бассейну р. Малая Сумульта, вышеописанные кудюры часто посещаются дикими животными, в том числе маралами. Для достижения поставленной цели образцы органов и тканей марала были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Результаты анализа были обработаны с помощью программ Statistica и Microsoft Excel. Всего было проанализировано 32 пробы органов и тканей.

Для большинства химических элементов в организме алтайского марала характерны коэффициенты вариации, соответствующие весьма неоднородному распределению ($>130\%$), в связи с чем были выбраны медианные значения в качестве показателя среднего содержания в организме. Наибольшие коэффициенты вариации наблюдаются для таких элементов, как Cd, Hg и Ni, в то время как наибольшие медианные значения отмечаются у Cl, S и K.

Для выявления систем-концентраторов химических элементов в организме марала изученные пробы органов и тканей были сгруппированы по следующим системам: центральная нервная (спинной мозг), покровная (глаз, ухо, кожа), костно-мышечная (бедренная мышца, бедренная кость, зубы, диафрагма), дыхательная (трахея, бронх, лёгкое), кровеносная (сердце, кровь, костный мозг, селезёнка, печень), пищеварительная (язык, пищевод, рубец, сетка, книжка, тонкая кишка (начало, середина, конец), слепая кишка, ободочная кишка (начало, середина, конец), прямая кишка), мочеполовая (почка, мочевой пузырь, семенник). Для определения геохимической специализации каждой системы были рассчитаны коэффициенты концентрации (K_k) как отношение медианного содержания химического элемента в системе органов к аналогичному показателю во всём организме (Таблица). Изученные системы органов выстраиваются в следующий ряд по количеству химических элементов с $K_k > 2$: пищеварительная – костно-мышечная – покровная – мочеполовая – центральная нервная – дыхательная – кровеносная. Таким образом, пищеварительная система оказывается основным концентратором химических элементов, в том числе редкоземельных (РЗЭ) и радиоактивных. Это указывает на то, что потребляемая пища, особенно в районах, где проявляется феномен геофагии, оказывает существенное влияние на химический состав всего организма. Также наблюдается аккумуляция РЗЭ в покровной системе. Халькофильные элементы накапливаются в мочеполовой и дыхательной системах. Для кровеносной системы как наиболее динамичной среди изученных не характерно накопление химических элементов, за исключением Fe, что обусловлено, прежде всего, гемоглобином.

Таблица

Геохимические ряды ($K_k \geq 2$) в системах органов алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*) (бассейн р. Малая Сумульта, Республика Алтай)

Пищеварительная	$\text{Sm}_{77}\text{-Dy}_{66}\text{-Yb}_{29}\text{-W}_{16}\text{-Eu}_{13}\text{-Pr}_{12}\text{-Gd}_{12}\text{-Er}_{11}\text{-Bi}_{11}\text{-Sr}_{9,5}\text{-Mn}_{8,7}\text{-Sn}_6\text{-Y}_{5,4}\text{-Ba}_{4,9}\text{-Al}_{4,8}\text{-Sb}_{4,1}\text{-Ca}_{3,9}\text{-Ga}_{3,8}\text{-Ni}_{3,4}\text{-Nd}_3\text{-U}_{2,9}\text{-Th}_{2,8}\text{-Pb}_{2,6}\text{-Rh}_{2,6}\text{-Ce}_{2,5}\text{-La}_{2,5}\text{-Zr}_{2,4}\text{-Li}_{2,2}\text{-Mo}_{2,1}$
Костно-мышечная	$\text{Ca}_{69}\text{-Eu}_{41}\text{-Rh}_{27}\text{-Sr}_{26}\text{-Ba}_{8,7}\text{-Ti}_{7,4}\text{-P}_{6,6}\text{-Ga}_{4,6}\text{-Li}_{2,9}$
Покровная	$\text{Sm}_{36}\text{-Dy}_{23}\text{-Yb}_{15}\text{-W}_{13}\text{-Tl}_8\text{-Eu}_{5,7}\text{-Pr}_{3,5}\text{-La}_{2,2}$
Мочеполовая	$\text{Te}_{10}\text{-Tl}_{7,9}\text{-Ag}_{6,6}\text{-Bi}_6\text{-Se}_{2,7}\text{-Mo}_{2,6}\text{-Cd}_{2,1}$
Центральная нервная	$\text{Ag}_{5,2}\text{-Au}_{2,9}$
Дыхательная	$\text{Te}_{10}\text{-Bi}_3$
Кровеносная	$\text{Fe}_{2,5}$

Кластерный анализ показал, что большая часть РЗЭ в организме алтайского марала кластеризуются наиболее плотно, при этом к ним тяготеет Al. Однако La и Ce образуют группу с Mn, а Eu объединяется с другими остеотропными элементами, такими как Ca, Sr, Ba и др. (Рисунок). Также хорошо выделяется ассоциация элементов, типичных для сульфидов, например, Cd, Hg, Te и Tl [2,3], что соответствует специфике металлогении Горного Алтая, где выявлено большое количество сульфидных месторождений [1]. Результаты кластерного анализа подтверждаются корреляционной матрицей и построенной на её основе графической ассоциацией для химических элементов, чьи корреляционные связи превышают критическое значение равное 0,7.

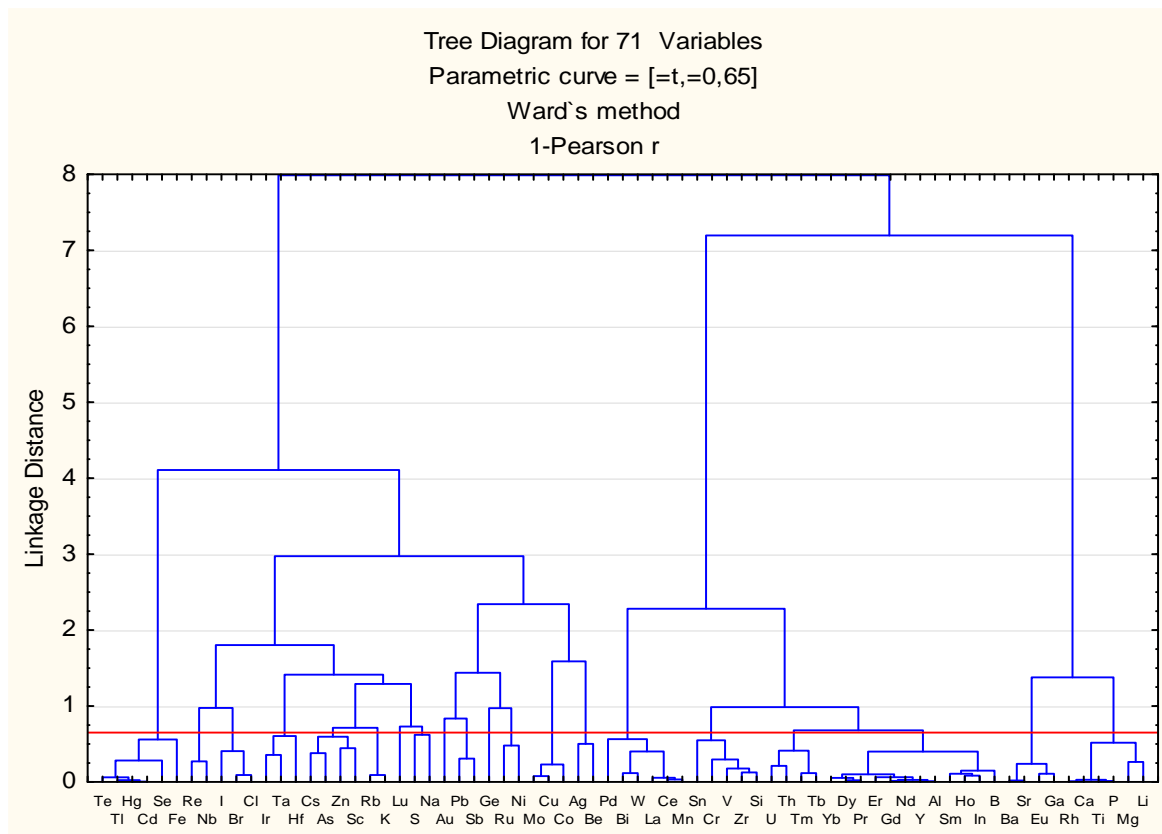


Рис. Дендрограмма корреляционной матрицы химических элементов в организме алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*)

Таким образом, в ходе работы было установлено, что на элементный состав организма алтайского марала (*Cervus elaphus sibiricus*) влияет несколько факторов, ведущими из которых являются: 1) пища, вероятно, в том числе и материал кудров, 2) особенности геологического строения и металлогении ареала обитания животного, 3) особенности накопления тех или иных химических элементов в различных органах и тканях организма.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-64-47021)

Литература

1. Гусев, А.И. Полиметаллическое оруденение Горного Алтая: перспективы и прогнозная оценка [Текст] / А.И. Гусев // Природные ресурсы Горного Алтая. – 2007. – № 8. – С. 16-22.
2. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. Кн. 3: Редкие р-элементы. [Текст] / В.В. Иванов – М.: Недра, 1996. — 352 с.
3. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник: В 6 кн. Кн. 5: Редкие d-элементы. [Текст] / В.В. Иванов. – М.: Экология, 1997. — 575 с.
4. М-45-IX. Карта полезных ископаемых СССР. Алтайская серия: карта полезных ископаемых / сост. и подгот. к печати производств. Западно-Сибирское геологическое управление; гл. ред. В.М. Сенников. - 1:200 000. - М.: Госгеолтехиздат, 1958. - 1 л.
5. Паничев, А.М. Литофагия: причины феномена [Текст] / А.М. Паничев // Природа. – 2016. – №. 4. – С. 25-34.

**КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗАБРОШЕННОЙ ПРОМПЛОЩАДКИ
ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ В Г. СВИРСК**

Субботина Д.А, Матюхин И.А

Научный руководитель доцент Качор О.Л.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г.Иркутск, Россия

Для подготовки заявления о включении промплощадки бывшего завода по производству аккумуляторов – ОАО «Востсибэлемент» в Государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС) в ИРНТУ обратилась администрация г. Свирск с запросом об оценке экологического состояния данного объекта [1].

Промплощадка расположена в 130 км от г. Иркутск и находится в пределах Байкальской природной территории. Были предположения, что она несет в себе существенную опасность для местных жителей, т.к. расположена в границах города и менее чем в 5 м до уреза реки Ангара (объект высшей категории). Площадь объекта исследования составляет 35 гектаров, на его территории находится ряд действующих предприятий.

Для оперативной и наиболее точной оценки экологического состояния большой техногенно нарушенной территории было принято решение использовать следующий комплекс методов: геохимические, химико-аналитические, геофизические, геоинформационные, наземная и воздушная радиометрия, колонковое бурение и БПЛА.

В ходе проведения полевых работы были отобраны 405 проб, включающих в себя грунт из двух горизонтов (0-5 и 5-20 см), сыпучие отходы и обломки строительных материалов. 26 из них находились за пределами промплощадки, 4 были отобраны как фоновые пробы. Произведены маловысотные дистанционные зондирования методами гамма-радиометрии для определения радиационного фона и мультиспектральной фотограмметрии для оценки объемов расположенных на поверхности сыпучих отходов [2].

Химический анализ проб почвы производился при помощи РФА-анализатора в режиме работы «Почвы». По данным измерений были выявлены 2 элемента (Pb, As,) с максимальным превышением ПДК. На основании полученных результатов количественного химического анализа в ПО «Surfer» были созданы электронные карты распределения загрязняющих веществ в грунте территории бывшего завода и по ним выявлены зоны значительных техногенных аномалий (Рис. 1 и 2).

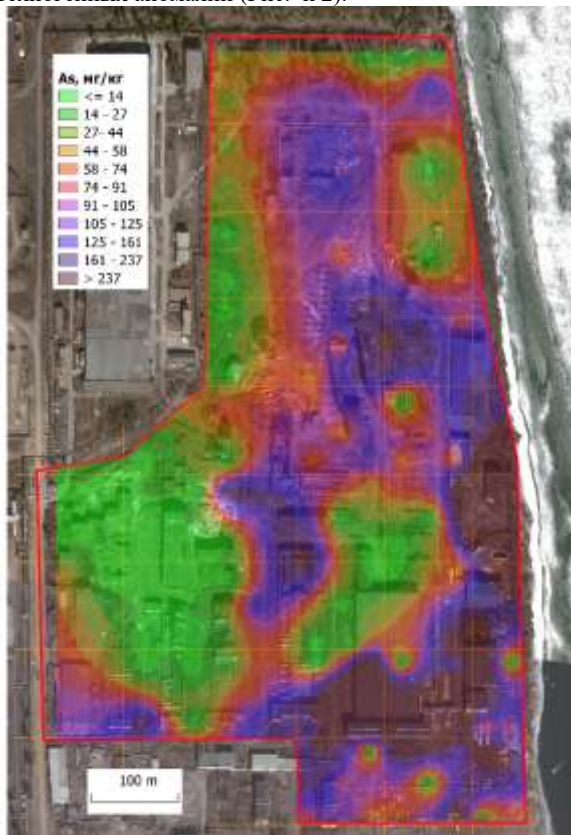


Рис. 1. Распределение мышьяка в поверхностном слое почвы (0-5 см) промплощадки ВСЭ

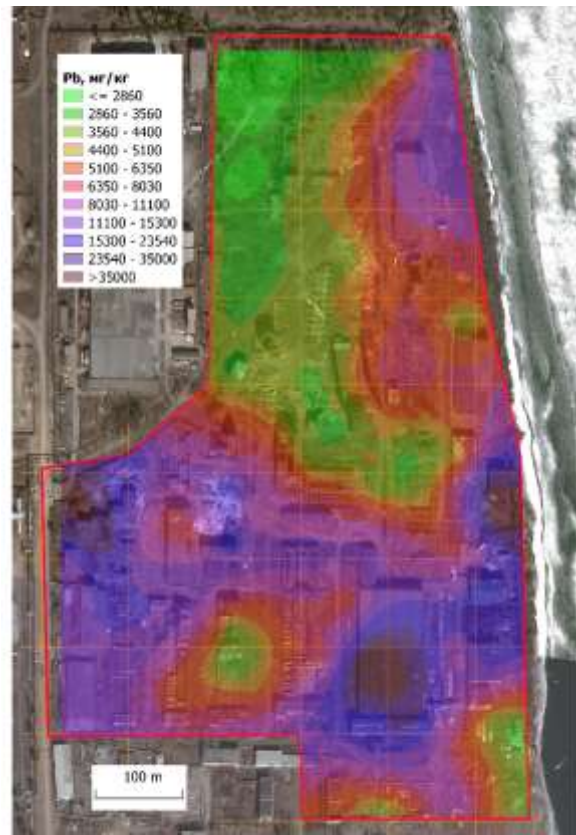


Рис. 2. Распределение свинца в поверхностном слое почвы (0-5 см) промплощадки ВСЭ

Также в ходе исследований было проведено колонковое бурение в точках наибольшей концентрации для того, чтобы определить глубину проникновения загрязняющих веществ. Было выяснено, что загрязнители проникли в грунт на глубину до 1,5 метров и начали концентрироваться на природном геохимическом барьере – глинистых отложениях.

Таким образом полный комплекс примененных на территории промплощадки бывшего завода «Востсибэлемент» геохимических, геофизических, геоинформационных и БПЛА методов позволил в кратчайшие сроки выявить объект накопленного вреда окружающей среде, содержащий отходы II класса, то есть относящийся к категории чрезвычайно опасной степени химического загрязнения. В ходе исследований был получен необходимый объем информации об экологическом состоянии изучаемого объекта, достаточный для составления заявки по внесению его в ГРОНВОС.

Литература

1. Качор О.Л. Геоэкологическая оценка влияния накопленных отходов бывшего мышьяковистого завода поселка Вершино-Дарасунский на объекты окружающей среды // Науки о Земле и недропользование. 2019. Т. 42. № 3 (68). С. 279-286.
2. Gantimurova, S.; Parshin, A.; Erofeev, V. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping of the Circum-Baikal Railway in Russia Using UAV Data. Remote Sens. 2021, 13, 3629.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КАК ВТОРИЧНОГО РЕСУРСА (НА ПРИМЕРЕ ФОСФОГИПСА)

Сучков Д.В., Шайкина К.Д.

Научный руководитель профессор Литвинова Т.Е.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В современном мире одним из важных экологических вопросов является переработка крупнотоннажных промышленных отходов. В частности, для организации специальных сооружений – объектов размещения отходов (полигоны, отвалы, шламохранилища и др.) требуется отчуждение огромных территорий, которые выводят из хозяйственного оборота.

Одним из примеров промышленных процессов, в результате которых образуются крупнотоннажные отходы, является производство экстракционной фосфорной кислоты и удобрений. При экстракции фосфора из минерального сырья образуется отход фосфогипса (ФГ), основной состав которого представлен $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (порядка 80%), где n может принимать значения 0,5 (полугидрат) или 2 (дигидрат) в зависимости от особенностей процесса производства. Мировой выпуск ФГ в год составляет более 150 млн т, в том числе 14 млн т – в России, где в отвалах накопилось уже более 300 млн т отхода. По данным ООН, в мире перерабатывается до 4% ФГ, в России этот показатель не превышает 2%.

Исследование нацелено на решение **актуальной проблемы** полезной утилизации многотоннажных техногенных отходов минерально-сырьевого комплекса. **Целью** является разработка технического решения для эффективного использования **объекта** исследования – низкосортного сырья техногенного происхождения (фосфогипса) – в качестве вторичного материального ресурса **Предметом** исследования является возможность использования отхода для дальнейшего создания товарной продукции, а также физико-химические закономерности, лежащие в основе процессов извлечения ценных компонентов из отхода.

Этапы:

- 1) Исследование действующей системы обращения с отходами в России и за рубежом;
- 2) Поиск эффективных направлений утилизации ФГ (патентно-литературный анализ);
- 3) Исследование физико-химических закономерностей, лежащих в основе процессов извлечения ценных компонентов из отхода.

Научная новизна данного исследования заключается в установлении физико-химических закономерностей, которые лежат в основе процесса карбонатной конверсии фосфогипса при его переработке на фосфомел. Отдельное внимание уделено вопросу мелкодисперсности получаемого фосфомела (существующие технические решения по получению фосфомела не акцентируют внимания на данной проблеме).

Практическая значимость исследования: разработаны рекомендации по комплексной утилизации отхода фосфогипса для получения ряда ценных продуктов: фосфомел (карбонат кальция), сульфат аммония, натрия или калия (в зависимости от условий конверсии), концентрат редкоземельных элементов. Также предлагаемое решение подразумевает возможность попутной утилизации производственных дымовых газов, содержащих углекислый газ, который используется в процессе карбонатной конверсии.

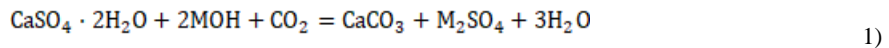
Проблема образования и утилизации техногенных отходов фосфогипса. В Северо-Западном федеральном округе (СЗФО) действует ряд промышленных предприятий, которые являются источниками образования ФГ, а также находятся три крупных гипсонакопителя, масса размещенного отхода в которых достигает 150 млн т. Из-за климатических условий региона по причине повышенной влажности полностью изолировать объект размещения от окружающей среды не представляется возможным. Вопрос утилизации таких многотоннажных техногенных отходов как ФГ в совокупности с необходимостью обязательного экологического мониторинга

существующих объектов размещения является одной из важнейших экологических проблем СЗФО, требующих срочного решения. Транспортирование отхода в накопители связано со значительными капиталовложениями и эксплуатационными затратами. Для создания объектов размещения, которые являются источником совокупного негативного воздействия на окружающую среду, приходится отчуждать все новые площади земель. Использование ФГ – важная проблема не только Российской Федерации, но и практически всех стран мира, производящих минеральные удобрения.

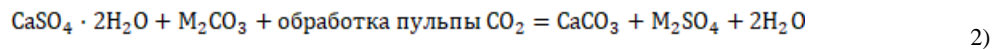
Анализ информации по возможным направлениям полезной утилизации ФГ демонстрирует следующие наиболее перспективные области применения отхода: в промышленности строительных материалов, в сельском хозяйстве и как источник ценных компонентов, например, редкоземельных элементов (РЗЭ). Однако, у ФГ есть существенное отличие от гипсосодержащего сырья природного происхождения – наличие некоторого количества нежелательных примесей, таких, как оксиды тяжелых металлов. С одной стороны, это ограничивает его применение в качестве мелиоранта в сельском хозяйстве и в качестве составляющего строительных материалов. С другой стороны, его использование без предварительного извлечения ценных химических веществ ведет к утрате последних. Стоит отметить, что большинство существующих направлений не предлагают комплексного подхода к переработке потенциальных источников получения ценных компонентов, а имеющиеся технологии производства либо не пригодны для масштабирования, либо представляются экономически не рентабельными.

Описание предлагаемого технического решения. В качестве решения проблемы комплексной утилизации отхода предлагается производство карбоната кальция CaCO_3 , или фосфомела, из ФГ газожидкостным методом (насыщение суспензии ФГ углекислотой), причем источником CO_2 могут являться отходящие промышленные газы, которые образуются в процессе производства минеральных удобрений.

Были рассмотрены основные способы комплексной переработки ФГ на CaCO_3 с получением различной добавочной полезной продукции. В общем виде они могут быть сведены к двум основным группам реакций: жидкостная и газожидкостная конверсии. В первом случае предполагается проведение конверсии ФГ с использованием растворов M_2CO_3 , где M^+ – ионы NH_4^+ , Na^+ или K^+ (здесь и далее). Газожидкостная конверсия – с использованием CO_2 – может быть осуществлена посредством предварительной карбонизации раствора МОН для получения M_2CO_3 или непосредственно для карбонизации суспензии ФГ по реакции общего вида (1):



Также возможно использование CO_2 для дополнительной карбонизации по реакции общего вида (2):



Одним из главных достоинств данной технологии является продукт гидрохимического синтеза - фосфомел (CaCO_3), который обладает высокой химической активностью. Фосфомел активно используют в металлургии (в качестве флюса, чтобы перевести тугоплавкие природные силикаты в более легкоплавкие шлаки). Также данный продукт может заменять известняк в технологическом процессе получения глинозёма, химических продуктов и портландцемента. В рамках анализа потенциального рынка сбыта в условиях СЗФО установлено, что фосфомел может быть востребован Череповецким металлургическим комбинатом. При организации переработки ФГ на базе Череповецкого филиала АО «Апатит» логистические издержки сводятся к минимуму, что повышает конкурентоспособность как продукции, так и технологии.

Предложенный способ также обладает дополнительными преимуществами, например, в условиях производственного цикла переработки ФГ он может сопровождаться утилизацией отходящих газов, в состав которых входит CO_2 . В зависимости от дополнительной обработки раствор после отделения осадка CaCO_3 может содержать РЗЭ, перспективные для выделения на дополнительной стадии процесса.

Проблема мелкодисперсности фосфомела. Крупность фосфомела, который образуется в результате процесса переосаждения, составляет 2-6 мкм, это в разы меньше, чем крупность частиц природного известняка (5000 мкм) даже при самых совершенных схемах помола. Поэтому современная промышленность нуждается в продуктах, подобных фосфомелу – его использование поможет сократить количество стадий подготовки сырья. Однако по этим же причинам применимость фосфомела в настоящее время ограничена, так как мелкая дисперсность приводит к значительному ухудшению фильтрующих свойств: затрудняется отделение продукта от раствора, повышается износ оборудования, которому требуется более частое обслуживание. Поэтому в рамках исследования отдельное внимание уделяется задаче получения продукции с заданными свойствами, а именно – регулированию крупности частиц пульпы мелкодисперсного фосфомела.

Результаты предварительных экспериментов. Исследования проводятся на основе лабораторной и экспериментальной базы аккредитованного Научно-образовательного центра Горного университета с использованием уникального оборудования Центра коллективного пользования и Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов», в том числе, с использованием следующего оборудования:

- мультиреакторная система H.E.L. (Великобритания);
- установка вакуумной фильтрации;
- лазерный анализатор размеров частиц LA-950V2 Horiba (Япония);
- рентгеновский порошковый дифрактометр XRD-7000 Shimadzu (Япония).

Предварительные эксперименты по получению фосфомела проводились с использованием раствора карбоната натрия (Na_2CO_3) концентрацией 240 мг/дм³. Соблюдались следующие условия: Ж:Т = 3:1, температура раствора 60°C, продолжительность конверсии 30 мин.

В результате рентгенофазового анализа полученного осадка подтверждено, что конверсия проведена успешно – осадок представлен соединением CaCO_3 . Исследование осадка путем лазерной дифракции продемонстрировало, что крупность фосфомела составляет от 0,2 до 100 мкм. При этом 90% осадка составляют частицы размером не более 7 мкм, 50% – размером не менее 2,5 мкм. Средний размер частиц составляет 4,6 мкм, медианный – 2,7 мкм. Все это подтверждает ранее упомянутую проблему мелкодисперсности получаемого данным способом осадка.

Заключение. На основании выполненного литературно-патентного анализа в качестве наиболее перспективного направления, позволяющего достичь комплексной переработки отхода, выбран способ гидрохимической переработки ФГ на фосфомел. Поэтому разработка предложенной темы научного исследования может считаться перспективной и актуальной для минерально-сырьевого комплекса. Последующие исследования будут направлены на подбор таких параметров реакции, которые позволят регулировать дисперсность частиц фосфомела в сторону увеличения без потерь эффективности утилизации фосфогипса. Внедрение данных технических решений приведет к более рациональному использованию минерально-сырьевой базы страны и повышению эффективности ее воспроизводства, а также снижению уровня загрязнения окружающей среды.

БЕНТОНитОВАЯ ГЛИНА БУРЯТИИ - ЭФФЕКТИВНЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КАТИОННЫХ КРАСИТЕЛЕЙ

Ухинова М.В., Бадмаева С.В., Ханхасаева С.Ц.

Научный руководитель Бадмаева С.В.

Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

Использование красителей в различных областях промышленности, таких как текстильная, целлюлозно-бумажная, лакокрасочная и др. продолжает увеличиваться. Для обеспечения хорошего качества и длительного срока службы продукции в этих отраслях промышленности используются красители, обладающие цветовой стабильностью и высокой устойчивостью к истиранию, микробной деградации и окислению [1]. Высокая стабильность молекулярной структуры синтетических красителей, которая состоит из ароматических колец и различных функциональных групп, приводит к тому, что окрашенные сточные воды могут проявлять токсичные и канцерогенные свойства вследствие низкой степени их биоразложения и нарушения процессов фотосинтеза водных растений, что создает серьезную экологическую угрозу [2]. Характерной особенностью таких сточных вод является их интенсивная окраска, а также содержание других сопутствующих органических и минеральных загрязнений, таких как соли хрома, поверхностно-активные вещества, присутствие которых приводит к высоким значениям химического потребления кислорода [1]. Предельно-допустимая концентрация для красителей не должна быть больше 0.1 мг/л согласно СанПиН 1.2.3685-21. В связи с этим остро встает проблема разработки эффективных технологий очистки окрашенных сточных вод до допустимых норм перед их сбросом в природные водные объекты в соответствии с требованиями закона об охране окружающей среды. Для очистки окрашенных сточных вод применяются различные методы, такие как адсорбция, биологическое разложение, ионный обмен, коагуляция и флотация, окисление и т.д. [3-4]. Одним из высокоэффективных и экономичных методов удаления органических и неорганических загрязняющих соединений из водных сред является адсорбция на природных пористых материалах (цеолиты, угли, глинистые минералы). Применение бентонитовых глин в качестве сорбентов обусловлено их высокой сорбционной способностью в отношении неорганических и органических катионов и возможностью использования их в природном виде. Кроме того, они характеризуются доступностью, низкой стоимостью вследствие их широкого распространения в природе, легкостью добычи и являются экологически безопасными сорбентами. В данной работе проведено исследование физико-химических и адсорбционных свойств бентонитовой глины Тулдонского месторождения для оценки потенциала её применения в водоочистке.

Тулдонское месторождение глины расположено в местности Тулдон Еравнинского района Республики Бурятия. Используемая в работе глина была серо-зеленого цвета и имела следующий химический состав: (масс. %) SiO_2 -69.0, A_2O_3 -16.7, Fe_2O_3 -2.6, CaO -1.5, MgO -1.3, K_2O -2.8, Na_2O -2.2, H_2O -5.7. В природной глине глинистая фракция составляла до 80% от объема породы. По минеральному составу она была представлена преимущественно монтмориллонитом, что подтверждалось результатом рентгенофазового анализа, который был проведен на автодифрактометре D8 Advance фирмы Bruker ($\lambda\text{CuK}\alpha$). Катионообменная емкость глины была определена по реакции обмена с катионами аммония, концентрацию которых определяли по реакции с реактивом Несслера, и составила 0.73 мг-экв/г.

Адсорбционные свойства глины были изучены по отношению к катионному красителю «Метиловый зеленый» (МЗ), который широко применяется для окрашивания волокон текстильного производства и изделий целлюлозно-бумажной, лакокрасочной промышленности. Изначально приготовили исходный раствор красителя Метиловый зеленый с концентрацией 500 мг/л, из которого путем разбавления получали растворы красителя с концентрациями 50, 75, 100, 130, 170, 210, 350 мг/л. Далее глину (масса 0.01 г) насыпали в раствор красителя с соответствующей концентрацией и встряхивали суспензию на перемешивающем устройстве (ЛАБ-ПУ-01). После 60

минут перемешивания (время при котором достигается равновесие) отбирали пробу, разбавляли водой и измеряли оптическую плотность раствора на спектрофотометре UV-Vis Agilent 8453 при длине волны 590 нм, соответствующей максимальному поглощению. Концентрацию красителя определяли по калибровочному графику зависимости оптической плотности раствора от концентрации красителя. Величину адсорбции определяли по разности исходной и равновесной концентраций растворов красителя. Адсорбционные опыты проводили в интервале начальных концентраций красителя 50-350 мг/л, pH 3-7. В качестве сорбента были использованы образцы глины, высушенный при 25°C и прогретой при 350 и 500°C.



Рис. 1. Структура красителя Метиловый зеленый

Результаты показали, что изучаемая глина обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к красителю «Метиловый зеленый». Оптимальными параметрами при котором наблюдается наибольшее значение сорбционной емкости были: температура высушивания сорбента 25°C, pH 7. Из рисунка 2 видно, что адсорбция красителя увеличивается с ростом начальных концентрации красителя и достигает 128 мг/г. Полученные экспериментальные данные по равновесию адсорбции красителя (рис. 2) были обработаны с помощью адсорбционных моделей Ленгмюра и Фрейндлиха.

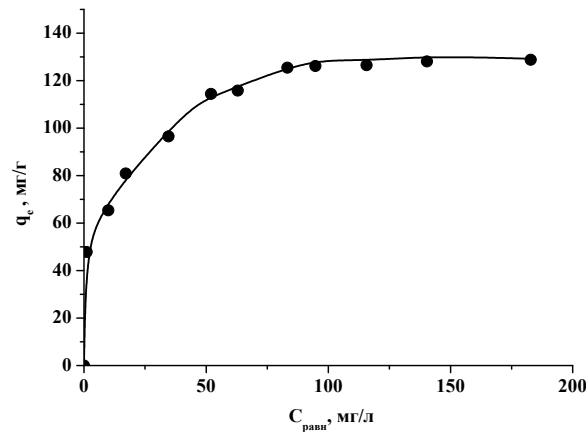


Рис. 2. Изотерма адсорбции красителя МЗ на природной глине.

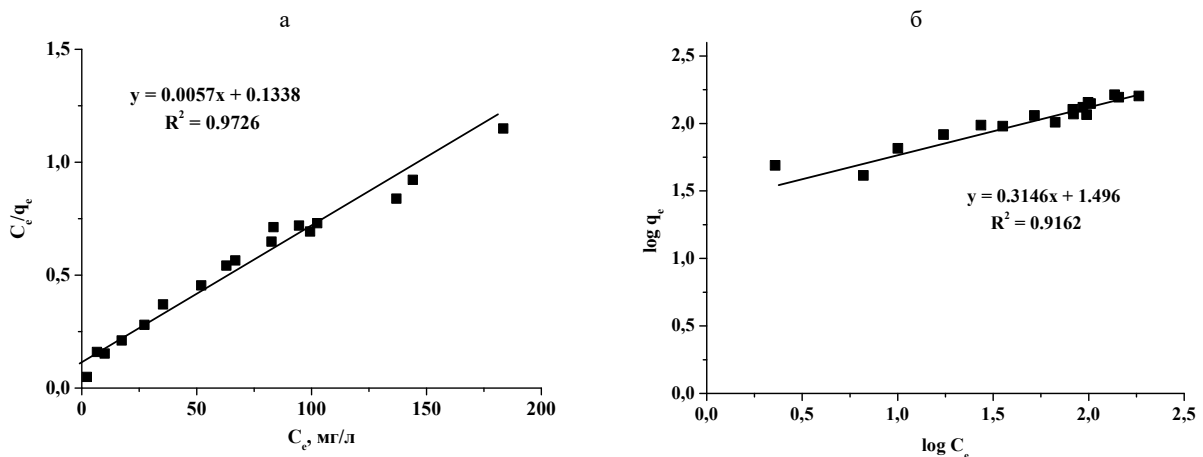


Рис.3. Экспериментальные данные адсорбции МЗ в виде линейных форм уравнений Ленгмюра (а) и Фрейндлиха (б).

На рисунке 3 показано, что величина коэффициента корреляции по модели Ленгмюра равна $R^2 = 0.9726$, а для модели Фрейндлиха $R^2 = 0.9162$. Более высокое значение коэффициента корреляции показывает, что

экспериментальные данные лучше коррелируют с моделью Ленгмюра. Это указывает на то, что адсорбция красителя на бентонитовой глине происходит монослойно, а адсорбционные центры являются энергетически однородными.

Результаты исследования позволяют заключить, что глина Тулдонского месторождения может быть использована в качестве сорбента для удаления катионных красителей из окрашенных сточных вод.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН №0273-2021-006.

Литература

1. J. Guo S. Prioritizing pharmaceuticals based on environmental risks in the aquatic environment in China [Text] / J. Guo S., Liu L., Zhou B., Cheng Q. Li, // J. Environ. Manage. - 2021. -V. 278, 111479.
2. Gurses, A. The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay [Text] / A. Gurses, C. Dogar, M. Yalcin., M. Acikyildiz, R. Bayrak, S. Karaca // Journal of Hazardous Materials. – 2006. – V. 131 (1-3). – P. 217–228.
3. Hor, K.Y. Evaluation of physicochemical methods in enhancing the adsorption performance of natural zeolite as low-cost adsorbent of methylene blue dye from wastewater [Text] / K.Y. Hor, J.M.C. Chee, M.N. Chong, B. Jin, C. Saint, P.E. Poh, R. Aryal // Journal of Cleaner Production. – 2016. – V.118. – P. 197–209.
4. Sharma P. A review on applicability of naturally available adsorbents for the removal of hazardous dyes from aqueous waste [Text] / P. Sharma, H. Kaur, M. Sharma, V. Sahore // Environmental Monitoring and Assessment. – 2011. – V. 183. – P. 151–195.

ДИСТАНЦИОННО-НАЗЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Федоров Д.В., Алексеева М.Н., Русских И.В., Яценко И.Г.

Научный руководитель профессор О.В. Серебренникова

Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

На территории индустриально развитого Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО–Югры) добывается 43,7 % общероссийской нефти. По данным [1] за 2017 г. попутного нефтяного и природного газа на территории ХМАО–Югра добыли 36,0 млрд м³. Из них попутного нефтяного газа извлечено 34,98 млрд м³, природного газа – 1,02 млрд м³. В ХМАО на факельных установках в 2017 г. было сожжено 4,5 % от всего объема извлеченного попутного нефтяного газа. В объекты природной среды ежегодно поступают органические и минеральные вещества как природного, так и техногенного происхождения. Нагрузки на природную среду обусловлены физическими (механогенез) и геохимическими воздействиями (атмосферное загрязнение, битуминизация, галогенез), возникающими при авариях на технических объектах и при технологических плановых выбросах. На территориях месторождений существует проблема загрязнения окружающей среды в связи с обустройством и эксплуатацией имеющихся и строительством новых хозяйственных и промышленных объектов. Загрязнение земель в основном происходит в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. По данным [2] с января по сентябрь 2020 г. на территории ХМАО–Югра произошло 1010 аварийных отказов, площадь загрязнения составила 86,397 га, в том числе: на нефтепроводах – 670 отказов (площадь загрязнения – 59,446 га); на водоводах – 307 (площадь загрязнения – 25,444 га); на газопроводах – 33 (площадь загрязнения 1,448 га).

Цель работы – оценка состояния почвенно-растительного покрова в пределах территорий Мамонтовского и Петелинского месторождений ХМАО, на которых произошли аварии в разные годы.

Разлив на Мамонтовском месторождении в ХМАО произошел в июле 2014 г., на Петелинском – в ноябре 2019 г. Отбор почв осуществляли на Мамонтовском месторождении 26.08.2020 г. с нефтезагрязненных и фоновых площадок: № 1 – нефтезагрязненная площадка, вблизи действующей факельной установки, № 2 – фоновая площадка на расстоянии 1750 м на запад от факельной установки, № 3 – нефтезагрязненная площадка в южной части Мамонтовского месторождения, №№ 4, 5 – фоновые площадки на расстоянии 130 и 210 м соответственно; на Петелинском месторождении – 10.09.2020 г.: № 6 – в месте нефтеразлива, № 7 – на расстоянии 100 м от нефтеразлива, № 8 – на расстоянии 200 м, № 9 – на нефтеразливе 2020 г. с остатками растительности и сырой нефти.

В работе использованы дистанционные и наземные методы исследования экологического состояния ландшафтов: рассчитаны вегетационные индексы NDVI и проведен анализ состава органического вещества в нефтезагрязненных и фоновых почвах. Органическое вещество из высушенной почвы (2-5 г) экстрагировали 7-м % раствором метанола в хлороформе при температуре 65 °С в течение двух часов [3]. Химический анализ состава органического вещества почвы проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра Nicolet 5700 и хромато-масс-спектрометра DFS фирмы Thermo Scientific (Германия).

По космическим снимкам рассчитаны индексы NDVI за 2020 г. (таблица). Расчет индекса NDVI (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) основан на разнице отражения в ближней инфракрасной области электромагнитного спектра (NIR) и в красной части спектра (Red). Для Landsat-8 на красную зону спектра с длинами волн 0,630–0,680 мкм приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону 0,845–0,885 мкм – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Соответственно для KC Sentinel-2 длина волны Red – 0,665 мкм, длина волны NIR – 0,842 мкм. NDVI является показателем количества фотосинтетически активной биомассы. Индекс вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{(P_{nir} - P_{red})}{(P_{nir} + P_{red})}$$

где P_{nir} – значение пикселя в ближнем инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра;
 P_{red} – значение пикселя в красном диапазоне спектра.

На рисунке приведена динамика значений NDVI на площадках Мамонтовского и Петелинского месторождений с апреля по сентябрь 2020 г. На Мамонтовском (площадка № 3) и Петелинском (площадка № 6) месторождениях значения NDVI в месте нефтезагрязнений меньше на 0,1–0,25, чем на фоновых площадках (№№ 4 и 5 – на Мамонтовском; №№ 7 и 8 – на Петелинском месторождениях). Самые низкие значения NDVI наблюдаются на Петелинском месторождении на месте разлива сырой нефти и равны 0,2–0,4. На Мамонтовском месторождении наименьшие значения NDVI (0,19–0,32) наблюдаются на площадке № 1 на нефтезагрязненном минеральном грунте вблизи факельной установки. На нефтезагрязненной площадке № 3, которая располагается на территории сфагнового болота, значения NDVI равны 0,34–0,54. Для фоновых площадок №№ 4 и 5 этой же территории характерны значения NDVI – от 0,36 весной и до 0,72 летом. Самые высокие значения NDVI (0,79–0,94) связаны с благоприятными климатическими условиями летом и наблюдаются у темнохвойного леса на расстоянии 1750 м от факельной установки (площадка № 2).

Хромато-масс-спектрометрический анализ показал, что состав и содержание органического вещества нефтезагрязненных почв значительно отличаются от фоновых. В составе нефтезагрязненных почв преобладают алифатические углеводороды, их содержание варьирует от 61 % до 70 % от всех идентифицируемых соединений, с доминированием низкомолекулярных гомологов (C_{13} – C_{23}). Относительное содержание ароматических углеводородов составляет от 25 % до 32 %. Содержание циклогексанов варьирует от 5 % до 8 %. В фоновых образцах основными соединениями являются алифатические углеводороды, содержание которых составляет 97–98 %, с преобладанием высокомолекулярных гомологов (C_{27} – C_{31}).

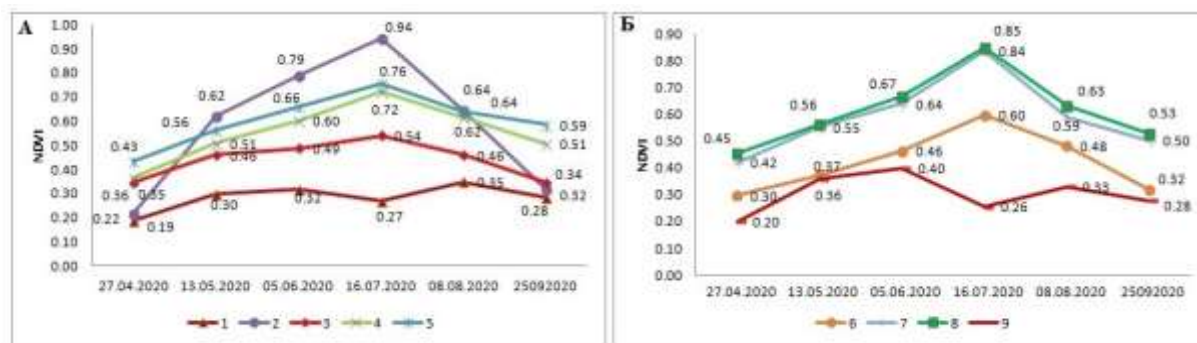


Рис. Динамика значений NDVI на площадках Мамонтовского (А) и Петелинского (Б) месторождений

Анализ спектральных коэффициентов органического вещества исследованных почв Мамонтовского и Петелинского месторождений (таблица) показал, что их значения на нефтезагрязненных площадках Петелинского месторождения, в основном ниже, чем на территории Мамонтовского. Это, вероятно, связано с разной степенью загрязнения, составом нефти и типом почв.

Таблица

Значения NDVI и спектральные коэффициенты на Мамонтовском и Петелинском месторождениях

№ площадки	NDVI	$C_{пар}$	$C_{сульф}$	$C_{эф гр}$	C_p	$C_{ар}$	$C_{ок}$
1*	0,35	0,16	0,23	0,22	0,61	0,25	0,36
2* (фон)	0,65	0,29	0,41	0,70	0,62	0,29	0,96
3*	0,46	0,21	0,18	0,22	0,60	0,19	0,23
4* (фон)	0,62	0,34	0,65	0,87	0,69	0,17	1,62
5* (фон)	0,64	0,27	0,54	0,92	0,73	0,38	1,07
6**	0,32	0,20	0,16	0,24	0,56	0,16	0,25
7** (фон)	0,50	0,27	0,54	0,89	0,81	0,39	1,06
8** (фон)	0,53	0,22	0,57	0,92	0,90	0,24	1,34
9**	0,28	0,17	0,09	0,09	0,51	0,11	0,05

Примечание: Значения NDVI на площадках Мамонтовского месторождения* получены при дате съемки 08.08.2020 г. Значения NDVI на площадках Петелинского месторождения** – 25.09.2020 г.

$C_{пар} = D_{720}/D_{1465}$ – коэффициент парафинистости, условное содержание парафиновых структур;

$C_{сульф} = D_{1030}/D_{1465}$ – условное содержание сульфоксидов;

$C_{эф гр} = D_{1170}/D_{1465}$ – условное содержание эфирных групп С-О-С;

$C_p = D_{1380}/D_{1465}$ – коэффициент разветвленности, отношение относительного содержания метильных CH_3 -групп к метиленовым CH_2 -группам;

$C_{ар} = D_{1600} / D_{1465}$ – коэффициент ароматичности, условное содержание ароматических структур;

$C_{ок} = D_{1700} / D_{1465}$ – коэффициент окисленности, условное содержание - C=O групп.

Таким образом, в результате проведенных исследований показано снижение индексов NDVI на 0,2-0,3 на нефтеразливах относительно фоновых территорий, что свидетельствует об угнетении растительности. Данные по составу органического вещества нефтезагрязненных и фоновых почв Мамонтовского и Петелинского месторождений, полученные с помощью хромато-масс- и ИК-спектрометрических методов анализа, сопоставимы. При сравнении значений спектральных коэффициентов с индексом NDVI было выявлено ухудшение свойств почв и растительности на нефтезагрязненных территориях. Полученные данные представляют научный интерес для изучения геохимических процессов на территории месторождений горючих полезных ископаемых.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХН СО РАН, финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (НИОКТР 121031500046-7).

Литература

1. Интернет сайт службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО "Доклад об экологической ситуации в Ханты–Мансийском автономном округе – Югре в 2017 году" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/doklad-ob-ekologicheskoy-situatsii-v-khanty-mansiyskom-avtonomnom-okruge-yugre/1815795/2017-god/>
2. Интернет сайт службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО "Состояние окружающей среды на территории Югры за 9 месяцев 2020 года" – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/doklady-i-otchyety/otchet-o-deyatelnosti-prirodnadzora/itogi-ser/2020/5290135/sostoyanie-okruzhayushchey-sredy-na-territorii-yugry-za-9-mesyatsev-2020-goda/>
3. Инфракрасная спектроскопия нефтей и конденсатов [Текст] / Н. П. Калугина, Е. А. Глебовская, Ф. Р. Бабаев. – Новосибирск: Наука, 1990. – 271 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Хасанова Э.Х., Афонин И.В., Хасанов Д.О.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Одним из главных богатств и основным природным потенциалом Томской области остаются леса [7], представляющие богатый таежный край с древостоями ценных хвойных пород [10, 12]. Развитие лесопромышленного комплекса является приоритетным направлением экономики региона [8]. Наряду с этим, леса ряд факторов, которые способствуют уменьшению площади и изменению качества лесов. Лесные пожары ежегодно уничтожают достаточно большие территории лесов области. К примеру, в период с 2009 по 2018 годы в среднем пожарами пройдено 33,8 га леса, где минимальная средняя площадь одного пожара в разные годы меняется от 9,29 га (2010 г.) до 562,95 га (2012 г.). Климатические особенности резко континентального выполняют экологические, рекреационные и другие полезные функции [11]. Существуют допустимые нормы изъятия древесины, установленные законодательными органами в области лесопользования каждого региона [2, 3]. Исходя из этого, можно сказать, что заготовка леса на территории Томской области, включая участки, переданные в аренду, ведется в соответствии с допустимыми объемами и значительно меньше этих норм (табл.). Однако существует характера, с холодной зимой и жарким летом так же способствуют развитию пожаров на территории Томской области [2].

Вырубка деревьев и пожары – далеко не полный перечень причин сокращения площади лесов. Лесным экосистемам значительную угрозу представляют инвазии насекомых-ксилофагов и хвоегрызущих, очаги массового размножения которых приводят к усыханию древостоев на обширных территориях. В последние десятилетия в Сибири активно протекают процессы деградации пихтовых лесов по причине агрессивного поведения уссурийского полиграфа – *Polygraphus proximus*. Если сибирского шелкопряда можно истребить способом распыления специальных средств, то уссурийского полиграфа, обитающего под корой дерева, уничтожить можно только одним способом – произвести санитарную рубку леса [1]. Еще один вредитель лесов Томской области – союзный (многоходый) короед *Ips amitinus* формирующий очаги массового размножения в кедровых лесах [5]. После массового нашествия вредителей, хвойные деревья погибают, а восстановлению таких участков препятствуют пожары, такие леса горят по несколько раз [6]. Повреждению и гибели древесных пород также способствуют болезни леса, самыми распространенными из которых являются грибные. Изучив и обобщив информацию [2, 3] о воздействии факторов, влияющих на сокращения лесов, определена площадь (приблизительно) уменьшения лесных территорий в результате того или иного фактора воздействия за 2009-2018 годы (табл., рис.).

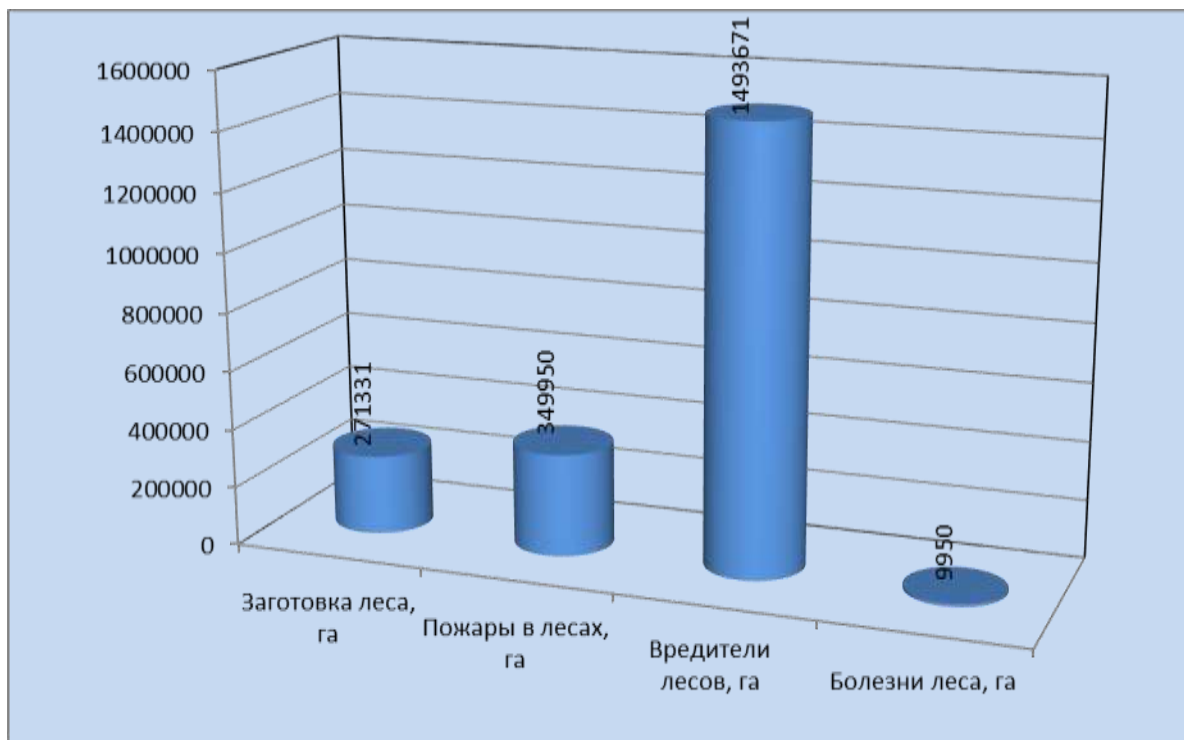


Рис. Уменьшение площади лесов Томской области за 2009-2018 годы, при воздействии разных факторов, га (диаграмма выполнена авторами)

Таблица

Факторы, влияющие на сокращение лесов Томской области за 2009-2018 годы [2,3]

Фактор	Пояснение	Значения
Заготовка древесины	Возможный ежегодный объем	2 170 648 га (382,8 млн м ³)
	Фактически заготовлено древесины	271 331 га (45,5 млн м ³)
Пожары	Площадь, пройденная пожарами	349 950 га
Нашествие вредителей	Площадь, поврежденная вредителями	1 493 671 га
Болезни леса	Площадь, поврежденная болезнями	9 950 га

По масштабам воздействия на древесные насаждения Томской области первое место занимают насекомые-вредители, на втором месте – лесные пожары, в среднем возникающие на 75% в результате «деятельности» человека [2]. Далее – лесохозяйственная деятельность и болезни леса, а также неучтенные незаконные рубки, сокращают площади лесов. Для сохранения древостоев в лесах, необходимо проводить своевременный комплекс мероприятий: систематический осмотр древесной растительности на наличие насекомых вредителей и болезней леса. Одновременно выявлять сухостойные участки, при своевременной ликвидации которых можно предотвратить лесные пожары и наметить санитарные рубки заболевших деревьев.

Одним из главных мероприятий, обеспечивающих непрерывное, неистощимое использование лесных ресурсов, улучшение породного состава и качества лесов, повышение их продуктивности, в интересах охраны здоровья населения, улучшения экологической обстановки [4], является воспроизводство лесов. Наряду с этим, сотрудничество администрации и лесопромышленных предприятий с научными сообществами, заинтересованными в исследованиях такого рода, может стать очень важным шагом по сохранению природных богатств Томской области [9].

Литература

- Бисирова, Э.М. Состояние темнохвойных лесов на особо охраняемых природных территориях Томской области в районах инвазии чужеродных видов короедов [Текст] / Э.М. Бисирова, С.А. Кривец // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России: материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической заочной конференции – Томск: Издательство Томского государственного университета. - 2020. – С. 143 – 148.
- Государственные доклады «О состоянии и охране окружающей среды Томской области с 2001 по 2020 годы». Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГБУ «Облкомприрода» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ogbu.green.tsu.ru/?page_id=1456

3. Департамент лесного хозяйства Томской области. Информация в открытом доступе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deples.tomsk.gov.ru/>
4. Мясников, А.Г. Основы устойчивого лесопользования [Текст] / А.Г. Мясников, А.М. Данченко, С.А. Кабанова // Сборник материалов VII Международной научной интернет-конференции: Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. – 2015. – С. 15 – 20.
5. Союзный короид *Ips amitinus* – новый чужеродный вид в Западной Сибири [Текст] / И.А. Керчев, М.Ю. Мандельштам, С.А. Кривец, Ю.Ю. Илинский // Энтомологическое обозрение. - 2019. – Т. 98. – № 3. – С. 592–599.
6. Формирование лесов на шелкопрядниках и вырубках в верховьях р. Большая Кеть (Красноярский край) [Текст] / В.В. Кузьмичев, В.П. Черкашин, М.А. Корец, И.А. Михайлова / Лесоведение. - 2001. – № 4. – С.8–14.
7. Хасанова, Э.Х. Воспроизводство лесов как способ сохранения таежных территорий юго-востока томской области при ведении лесохозяйственной деятельности [Текст] / Э.Х. Хасанова, И.В. Афонин // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. – 2021. - Том. 1.– С. 404–406.
8. Хасанова, Э.Х. Эффективные механизмы сохранения таежных лесов Томской области при заготовке леса [Текст] / Э.Х. Хасанова, И.В. Афонин, Д.О. Хасанов // Динамика и взаимодействие геосфер Земли. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. – 2021 - Т. 3. – С. 282 – 285.
9. Хасанова, Э.Х. Сохранение лесов высокой природоохранной ценности в таежном Причудымье Томской области при лесохозяйственной деятельности [Текст] / Э.Х. Хасанова, Н.Л. Яблочкина, А.В. Новиков // Природопользование и охрана природы: Охрана памятников природы, биологического и ландшафтного разнообразия Томского Приобья и других регионов России: материалы IX Всероссийской с международным участием научно-практической заочной конференции - 2020. – С. – 113 – 117.
10. Хасанова, Э.Х. Способы сохранения лесного фонда районов таежного Причудымья Томской области при лесохозяйственной деятельности [текст] / Э.Х. Хасанова // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – 2020. - Т. 1.– С. 641–642.
11. Щеглова, Е.Г. Изменение качества лесов Оренбургской области под влиянием природных факторов [Текст] / Е.Г. Щеглова // Успехи современного естествознания - 2020. – № 2. – С. 97-101.
12. Khasanova, E.Kh. Method for preserving high conservation value forests in the prichulym taiga of tomsk region during logging [Text] / E.Kh. Khasanova, N.L. Yablochkina, M.A. Iuzhakova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021. - V. 666. doi:10.1088/1755-1315/666/4/042021

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УЛИЧНОЙ ПЫЛИ Г. МЕЖДУРЕЧЕНСК (ЮЖНЫЙ КУЗБАСС) Чурина С.С.

Научный руководитель доцент Осипова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение атмосферного воздуха в городах увеличивается из-за наличия пыли, твердых частиц, которые находятся в воздухе под действием воздушных потоков и оседают на различных поверхностях под действием силы тяжести или вместе с осадками. Пылеобразование связано как с естественными (природными) процессами, такими как выветривание, разрушение горных пород, вулканическая деятельность, космическая пыль, так и с антропогенными процессами, такими как промышленность, сельское хозяйство, жилищно-коммунальное хозяйство, транспортная деятельность. Основными источниками загрязнения мелкодисперсными частицами являются: целлюлозная промышленность, лесная промышленность, угольная промышленность, транспорт, металлургия и т.д. Основная проблема загрязнения окружающей среды в г. Междуреченске – угольная промышленность.

Исследование уличной пыли, накапливаемой в листьях деревьев, на тротуарах, обочинах дорог, на пешеходных маршрутах, в последнее время привлекает внимание ряда исследователей [5,6].

Целью исследования является определение содержания химических элементов в уличной пыли г. Междуреченска. В 2020 году были отобраны 29 проб пыли в черте города Междуреченска. Схема и методика пробоотбора описаны в [2,7].

Аналитические работы по определению содержаний 57 химических элементов в отобранных пробах пыли проведены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в аккредитованной лаборатории Химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск). В настоящей работе приведены результаты по определению содержаний 16 элементов, потенциально обладающих токсичными свойствами. Ранее проведенными исследованиями показано, что эти элементы целесообразно включить в список для оценки риска здоровью. Анализ выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Коэффициенты концентрации химических элементов в пыли рассчитывали относительно кларка элемента в верхней части континентальной коры по Григорьеву по формуле:

$$K_k = C_k / K,$$

Где C_k – среднее содержание элемента, мг/кг,

K – кларк элемента в верхней части континентальной коры, мг/кг [3].

Рассчитанные значения приведены на диаграмме. Сравнение коэффициентов концентрации относительно кларков элементов в земной коре показало, что пыль обогащается элементами в Восточном районе в большей степени по сравнению с Западным районом и в целом с территорией г. Междуреченска. Диапазон изменения коэффициента концентраций элементов в пыли Восточного района относительно кларка элемента в верхней части

континентальной коры по Григорьеву 0,4-4,6 мг/кг. Элементы образуют следующий ряд по возрастанию коэффициента концентраций относительно кларка элемента в верхней части континентальной коры по Григорьеву для восточного района города: Ni (0,4) < V (0,5) < Hg (0,6) < Al (0,7) < Cd, Sn (0,8) < Co (0,9) < Mn, Fe (1,0) < Cr (1,1) < Ba (1,2) < Cu (1,4) < Pb (1,6) < Zn (2,8) < As (4,5) < Sb (4,6).

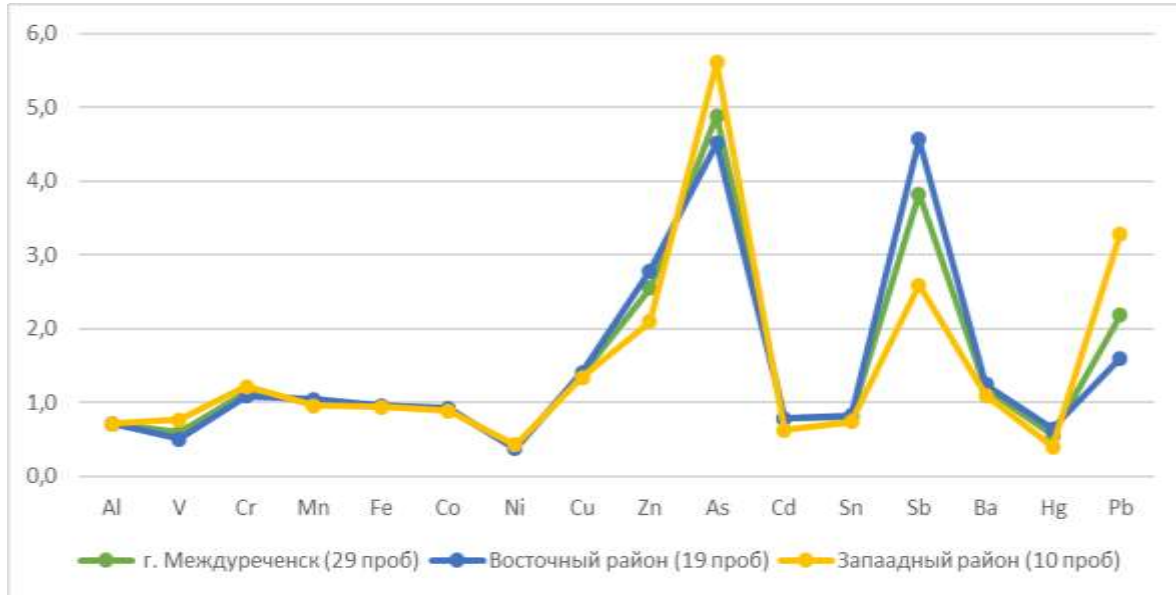


Рис. Коэффициенты концентрации химических элементов в пыли на территории г. Междуреченска относительно кларка в верхней части континентальной коры (по Григорьеву, 2009)

Содержание сурьмы в пыли Восточного района г. Междуреченска изменяется от 0,9 до 8,6 мг/кг, при среднем значении 3,7 мг/кг, что значительно выше геохимического кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву – 0,8 мг/кг. Содержание свинца в пыли изменяется от 11,0 до 48,0 мг/кг, при среднем значении 27,2 мг/кг, что значительно выше кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву – 17,0 мг/кг. Наибольшее содержание сурьмы среди всех исследуемых проб (8,6 мг/кг), свинца (48,0 мг/кг) наблюдается в Восточной части района, где раньше находилась действующая котельная.

Содержание мышьяка в пыли Восточного района г. Междуреченска изменяется от 0,5 до 61,8 мг/кг, при среднем значении 25,3 мг/кг, что значительно выше кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву – 5,6 мг/кг. Содержание цинка в пыли изменяется от 59,6 до 390,5 мг/кг, при среднем значении 209,1 мг/кг, что в 2,8 раза больше кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву (75,0 мг/кг).

Содержание меди в пыли Восточного района г. Междуреченска изменяется от 36,5 до 98,9 мг/кг, при среднем значении 54,9 мг/кг, что больше в 1,4 раза кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву (39,0 мг/кг). Наибольшее содержание меди (98,9 мг/кг) среди всех отобранных проб наблюдается в окрестностях Дворца Культуры «Распадский».

Содержание бария в пыли Восточного района г. Междуреченска изменяется от 515,6 до 771,6 мг/кг, при среднем значении 633,2 мг/кг, что больше кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву (510,0 мг/кг). Содержание хрома в пыли изменяется от 68,4 до 134,2 мг/кг, при среднем значении 100,3 мг/кг, что больше кларка в земной коре по Н.А. Григорьеву (92,0 мг/кг). Наибольшее содержание бария (771,6 мг/кг) и хрома (134,2 мг/кг) наблюдается в Восточной части района, где проходит одна из главных дорог города по ул. Кузнецкой.

Превышение среднего содержания ряда элементов в уличной пыли над значениями кларка в 1,4-4,6 раз, может быть связано с воздействием автотранспорта (Pb), предприятий по металлообработке (Fe, Ti, Cr) , с эмиссией продуктов сгорания угля (As, Hg), с дальним переносом с горнодобывающих предприятий, с переносом воздушных потоков через массивы вскрышных и вмещающих пород (Cr, Cu, Sb).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-05-00675А.

Литература

1. N. A. Osipova, E. V. Tkacheva, S. I. Arbuzov [et al.]. Solid Fuel Chemistry. 2019. Vol. 53, iss. 6. [P. 411-417].
2. Власов, Касимов, Кошелева // Вестник Московского университета. Серия 5 География. – 2015. – №1. – С. 25-35. – Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/418846/>
3. Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. - 383 с
4. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2020 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2022/02/%D0%94%D0%9E%D0%9A%D0%9B%D0%90%D0%94-2020-%D0%BD%D0%B0-04.02.2022_1-1.pdf, свободный – (20.03.2022)

5. Кайгородов Р.В, Тиунова М.И., Дружинина А.В.//Вестник 2009. - вып.10 (36). С. 141-146.
6. Середа Л.О. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов/Л.О. Середа, С.А. Куролап, Л.А. Яблонских. - Воронеж: Издательство «Научная книга», 2018. – 196 с.
7. Чурина С. С. Распределение ртути в уличной пыли г. Междуреченска (Южный Кузбасс) // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания ТПУ, Томск, 5-9 Апреля 2021. - Томск: Изд-во ТПУ, 2021 - Т. 1 - С. 406-408

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХВОСТХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ РУД (ПОС. МИН КУШ, КИРГИЗИЯ)

Шарипов Н.Т.

Научный руководитель доцент Иванов А.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

К числу объектов уранового наследия бывшего СССР, активно разрабатывавшихся в период «холодной войны», относится урановый рудник «Кавак», функционировавший в районе Мин-Куш. Посёлок Мин-Куш расположен в центре горной системы Тянь-Шаня (Рис.1), на территории Джумгалского района Нарынской области Киргизской Республики (КР). Мин-Куш находится в 130 км к югу от Бишкека и связан с ним автодорогой протяжённостью приблизительно 310 км. Географические координаты центра пос. Мин-Куш, следующие: $\varphi = 41,680$ северной широты (СШ) и $\lambda = 74,460$ восточной долготы (ВД). Основные гражданские и промышленные объекты и сооружения поселка расположены по берегам реки Мин-Куш и её притоков, на высотных отметках от 1980 м до 2300 м над уровнем моря [4].

Посёлок Мин-Куш находится на территории Джумгалского района, Нарынской области Кыргызстана на абсолютной высоте около 2000 м, в бассейне реки Мин-Куш [2].

Возник в 1947 году как центр добычи урановой руды. Также с 1972 по 1994 год функционировал приборный завод "Оргтехника" по производству гектографов, механических карандашей и автоматических ручек с капиллярным пишущим стержнем фломастеров, пишущих узлов стержней к шариковым авторучкам. В 1952 - 2012 годах Мин-Куш имел статус посёлка городского типа. После распада СССР промышленные предприятия Мин-Куша были закрыты, и посёлок сильно депопулировал.

Кочкорская котловина отличается засушливым климатом, особенно в холодный период года, на который приходится менее 10% годовой суммы осадков (годовая сумма 200 мм).

Здесь преобладают степные разнотравья. Содержание гумуса в горных светло- каштановых почвах составляет 2,5–3,5%, а в горных тёмно-каштановых – 4,5–6,5%. Горные тёмно-каштановые почвы карбонатны на поверхности. Эти почвы используются в основном в качестве осенне-весенних и зимних пастбищ. Выше зоны тёмно-каштановых почв, под лугостепями формируются горные чернозёмы. Здесь атмосферные осадки выпадают в достаточном кол-ве для развития высокотравной лугостепной растительности и кустарников, поэтому в почву поступает много растительных остатков и они хорошо гумуфицируются. Горные чернозёмы в верхнем горизонте содержат 6,5–9,5% гумуса. Материнскими породами их служат делювиальные, пролювиально-делювиальные лёссовидные суглинки. По механическому составу горные чернозёмы тяжело- и среднесуглинистые. Гумусово-элювиальный горизонт с хорошо выраженным чёрно-бурым оттенком, пылевато-зернистой структурой, мощностью до 40– 70 см. В иллювиальном горизонте в незначительном кол-ве встречаются CO_2 , карбонаты[1].

Для определения содержания ртути в почвах был выбран метод атомной адсорбции, он основывается на восстановлении связанной ртути в исследуемых пробах методом пиролиза и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету воздухом. Работа проводилась на анализаторе ртути RA 915+ с приставкой Pico-915+ [3]. Результаты исследований представлены на таблице.

Таблица

Содержание ртути в пробах

Наименование пробы	С 1, нг/г	С 1, нг/г	С ср, нг/г	СКО*, нг/г	Отн. СКО*, %
2	46,9	46,7	46,8	0,1	0,3
1	64,6	57,2	60,9	5,2	8,6
0.5	67,2	50,4	58,8	11,9	20,2
0.250	78,6	48,3	63,4	21,4	33,8
0.125	58,6	46,9	52,8	8,3	15,7
0.10	54,1	60,2	57,2	4,3	7,5
>0.04	52,3	53,1	52,7	0,6	1,1
<0.04	66,1	68,4	66,3	0,2	0,3

Анализируя полученные данные, можно отметить, что в пробах содержание ртути в почвах относительно равномерное, наибольшие концентрации ртути отмечаются в пробах «0,250» и «1».

Литература

1. Сидоренко, А.В. Геология СССР. Том XXV. Киргизская ССР. Геологическое описание. Книга 1 [Текст] / А.В. Сидоренко - М., «Недра», 1972. – 17 с.
2. Геология Кыргызстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geoportals.kg.org/ru/index.php/geology/about-geology>
3. ПНД Ф 14.1:2.4.243-07. Методика выполнения измерений массовой концентрации общей ртути в пробах атомно-адсорбционным методом с зеемановской коррекцией неселективного поглощения на анализаторе ртути «РА915» с приставкой РП-91 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293837/4293837385.pdf>
4. Рамочный документ. Урановые хвостохранилища в Центральной Азии: местные проблемы, региональные последствия, глобальное решение – Бишкек, 2009. – 19 - 35 с

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ШЕГАРСКОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Швалова Е.В.

Научный руководитель доцент Осипова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Почвенное органическое вещество, а именно органический углерод почвы – является основным индикатором состояния плодородия почв. Источником органического углерода в почвах является геохимический цикл углерода, в ходе которого происходит перенос углерода между различными геохимическими резервуарами. В настоящее время остро стоит проблема глобального потепления, одной из причин которого является накопление парниковых газов на планете. За последние 40 лет температура на Земле повысилась приблизительно на 0.4–0.5°C, последствием чего является разогрев океана, сокращение ледового покрытия арктических морей, уменьшение площади ледников Гренландии. При этом согласно литературным данным интенсивность стока CO₂ продолжает уменьшаться, а содержание атмосферного CO₂ продолжает увеличиваться более, чем на 2 ppm ежегодно. Глобальная концентрация CO₂ в атмосфере Земли увеличилась с ~277 ppm в 1750 г. до 397 ppm в 2014 г. (на 43%) [3]. Таким образом, актуальным решением данной проблемы является качественный и количественный анализ органического вещества и его аккумуляции в почвах.

Таблица

Содержание органического углерода (%) в пробах Шегарского района

№	Расшифровка пробы	Тип почв	Оптич. плотность	m орг. в-ва, мг	% орг. в-ва	Среднее содержание орг. в-ва, %	
1	Воронка дачный участок	Данные угодья	0,911	5,39	4,11	3,69	3,17
2	Воронка дачный участок		0,785	4,69	3,58		
3	Воронка дачный участок		0,736	4,41	3,37		
4	Мельниково		0,742	4,45	3,39	3,23	
5	Мельниково		0,700	4,21	3,22		
6	Мельниково		0,816	4,86	3,71		
7	Мельниково		0,624	3,79	2,89		
8	Мельниково		0,637	3,86	2,95		
9	Старая Шегарка		0,632	3,84	2,93	2,58	
10	Старая Шегарка		0,725	4,35	3,32		
11	Старая Шегарка		0,719	4,32	3,30		
12	Старая Шегарка		0,382	2,45	1,87		
13	Старая Шегарка		0,292	1,95	1,48		
14	Пригородные почвы (за Обью)	Лесные массивы	-	-	-	3,24	
15	Пригородные почвы (за Обью)		0,705	4,24	3,24		
16	Поле Маркелово 3 км	Сельскохозяйственные поля	0,673	4,06	3,10	2,97	3,19
17	Поле Маркелово 3 км		0,516	3,19	2,44		
18	Поле Маркелово 3 км		0,752	4,50	3,44		
19	Поле Маркелово 3 км		0,629	3,82	2,91		
20	До поворота на Мельниково 5 км		0,855	5,08	3,87	3,41	
21	До поворота на Мельниково 5 км		0,635	3,85	2,94		
22	Граница Шегарского района		0,252	1,72	1,31	1,31	

По современным оценкам запасы органического углерода в однометровом слое почвы на территории Российской Федерации составляют 317.1 Пг (19.2 кг С/м²), для подстилки - 14.4 Пг (или 0.90 кг С/м²) [2].

Основной целью настоящей работы является определение органического углерода в почвах Шегарского района Томской области и анализ его содержания на основе различных типах почв: лесные массивы, сельскохозяйственные поля, дачные угодья.

Основным методом определения органического углерода в почвах является метод Тюрина. В основе данного метода лежит реакция окисления органического вещества дихроматом калия в серной кислоте. Содержание органического углерода эквивалентно сульфату хрома (III), оптическую плотность раствора которого измеряют на спектрофотометре. Данный метод предусмотрен для почв с массовой долей органического углерода не более 15% [1].

Массу органического вещества в пробах определяли по градуировочной зависимости оптической плотности раствора от содержания органического углерода (мг). Полученные результаты представлены в таблице.

Среднее содержание $C_{орг}$ для проб, отобранных с дачных угодий, лесных массивов и сельскохозяйственных полей соответственно равно: 3,17; 3,24 и 3,19 %.

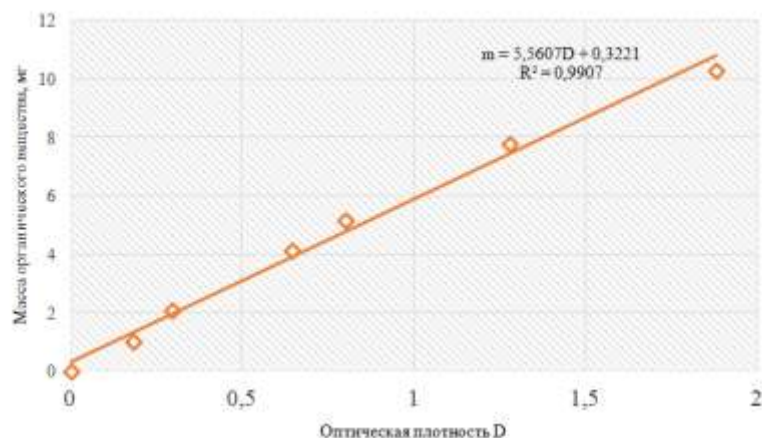


Рис. Зависимость оптической плотности раствора от содержания органического вещества (мг)

Литература

1. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200023481>
2. Запасы органического углерода в почвах России [Текст] / Д.Г. Щепаченко, Л.В. Мухортова, А.З.Швиденко, Э.Ф. Ведрова // Почвоведение. – 2013. – № 2. – С. 123–132.
3. Кудеяров, В.Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России [Текст] / В.Н. Кудеяров // Почвоведение. – 2015. – № 9. – С. 1049–1060.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ЛОМОНОСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Яковлев Е.Ю., Дружинина А.С., Дружинин С.В.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской Академии Наук, г. Архангельск, Россия.

Ломоносовское месторождение - крупнейшее месторождение промышленных алмазов в Европе, на котором ведется полный цикл разработки трубок Архангельская и Карпинского-1 [1, 3]. Разработка данных трубок сопровождается нарушением литологической основы ландшафта, воздействием на грунтовые воды и изменением гидрологических и гидрохимических характеристик водных объектов в районе месторождения [4]. Высокая обводненность вскрываемой толщи пород и наличие подземных вод обуславливают необходимость постоянной откачки сточных вод на поля фильтрации, а далее в близ лежащую реку. Основную техногенную нагрузку со стороны разработки Ломоносовского месторождения испытывают протекающие вблизи реки Золотица и Кепина и их притоки. Следует обратить внимание, что р. Золотица относится к водным объектам высшей категории и имеет особый природоохранный статус.

В район исследования входят 7 точек, расположенных на р. Золотица и ее притоках (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6 и ВЗ-1), а также 6 точек, расположенных на р. Кепина и ее притоках (КВ-1... КВ-6) (рис.1). Отбор проб воды производился в мае, июне и октябре 2020 г. Определение содержания металлов выполнялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр Shimadzu AA-7000, Япония). Пригодность проб поверхностных вод для сельскохозяйственных и питьевых целей определялась путем оценки концентраций тяжелых металлов с точки зрения показателей загрязнения и оценки рисков для здоровья населения, а именно индекса оценки тяжелых металлов (НМЕI), индекса загрязнения тяжелыми металлами (НМПИ), индекса токсичности металлов (НМТЛ), а

также индексами не канцерогенного (НІ) и канцерогенного рисков для здоровья населения (СR). Методика вычислений значений индексов представлена в работе Яковлева и др. [2].

Значения рН вод варьируется в интервале от 6.86 до 7.68, что соответствует рекомендации ВОЗ для питьевой воды. Более низкое рН наблюдается в весенний период, что, вероятно, связано с таянием снега. Для наиболее подверженных загрязнению местах отбора значительных изменений рН не отмечено.

Минерализация вод варьируется от 35,7 до 299,8 мг/л. Наименьшее содержание солей определено весной, вероятно, за счет разбавления снеговыми талыми водами. В более засушливый летний период наблюдается максимальная минерализация вод. Для р. Золотица для всех исследуемых сезонов максимальные значения определены для точки Т5, где выше по течению происходит сброс вод при разработке месторождения. В целом минерализация р. Кепина возрастает по течению, что может свидетельствовать как о влиянии ее притоков с повышенной минерализацией так и о влиянии разработки месторождений алмазов им. Ломоносова и им. Гриба.

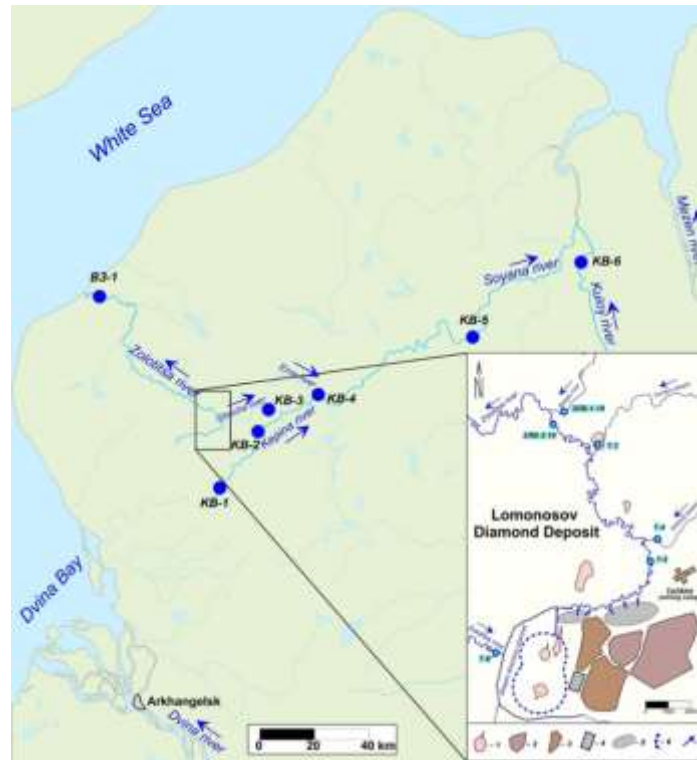


Рис. 1. Карта расположения точек отбора проб

Сезонные исследования содержания металлов позволили выделить группу металлов с минимальной концентрации в р. Золотица в мае (Mg, Fe, Sr, V, Se, Cd, Al, Mn and Ba), что связано с процессом разбавления вод при снеготаянии. Также выявлены металлы (Ni до 7,8 мкг/л, Pb до 0,26 мкг/л, Zn до 14,6 мкг/л, Cr до 10,8 мкг/л и Cu до 0,94 мкг/л) с максимальным содержанием в реке в весенний период, что вероятно связано с антропогенной деятельностью на территории добычи алмазов в зимний период и накопления данных металлов в снеге с последующим его таянием. Для большинства металлов их максимальные содержания наблюдаются в более засушливый летний период за счет эффекта концентрирования: Mg (до 13491 мкг/л), Fe (до 560 мкг/л), Sr (до 173 мкг/л), Al (до 204 мкг/л), Mn (до 66,2 мкг/л), Se (до 0,33 мкг/л), Co (до 0,23 мкг/л) and Cd (до 0,207 мкг/л), а также частично тенденция наблюдается для Ba (до 35,7 мкг/л), Zn (до 14,2 мкг/л), V (до 10,4 мкг/л) and As (до 2,88 мкг/л).

Установлено, что после впадения р. Золотица в технологический канал отмечается возрастание концентраций металлов Mg (до 11188 мкг/л), Sr (до 173 мкг/л), Zn (до 14,6 мкг/л), Cu (до 0,73 мкг/л) and Cd (до 0,207 мкг/л), а также As (до 2,78 мкг/л) и Se (до 0,20 мкг/л), что объясняется высоким содержанием сапонита (отработанных кимберлитовых пород) в сточных водах, поступающих с болот фильтрации. Особенно возрастание содержания этих металлов в точка Т2 и Т5 относительно точки Т6 отмечается в летний период.

Расчеты индексов качества воды и рисков здоровья населения показали следующие результаты: для наиболее загрязненных участков рек значения индекса НМТЛ выявил «умеренный» уровень токсичности и ниже (до 226 ед.), индекс НМЕІ находится на «серьезно загрязненном» уровне и ниже (до 6,3 ед.) и значения индексов НІ (до 5,3 ед.) и СR (до 3,99 * 10-4 ед.) выше пороговых, что свидетельствует о высоких не канцерогенных и канцерогенных рисках (рис. 2). На рисунке 2 показано, что на исследуемой территории в основном на индексы влияют содержания Fe, Ni, Ba, As, Al, Cr, и Mn в воде.

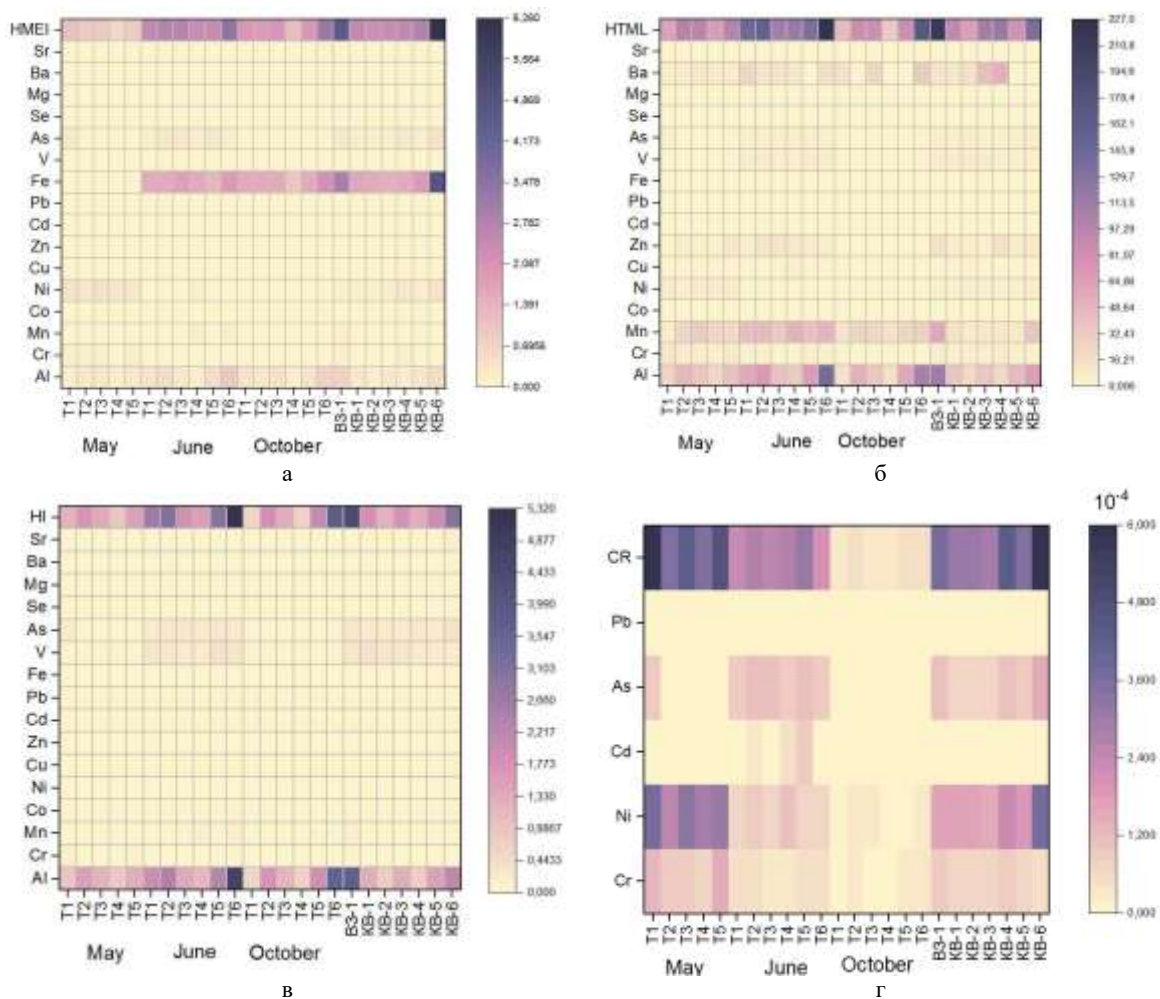


Рис. 2. Индексы качества поверхностных вод рек вблизи месторождения им. М.В. Ломоносова: а - индекс оценки тяжелых металлов HMEI, б - индекс токсичности тяжелых металлов HTML, в - не канцерогенный риск для здоровья населения HI, г - канцерогенный риск для здоровья населения CR

В результате полученных данных показано, что деятельность горно-обогатительного комбината по добыче алмазов значительно влияет на загрязнение металлами р. Золотица. Результаты этого исследования могут обеспечить основу для последующего мониторинга по влиянию антропогенной деятельности на близлежащие водотоки при разработке алмазоносных месторождений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых МК-4298.2022.1.5 и гранта РФФ № 20-77-10057.

Литература

1. Солдатова, О. А.. Оценка влияния сброса дренажных вод с разработки алмазного месторождения им. Ломоносова на р. Золотица [Текст]: вып. квалиф. раб. / Солдатова Ольга Александровна. – Санкт-Петербург, 2016. – 51 с.
2. Assessment of physical and chemical properties, health risk of trace metals and quality indices of surface waters of the rivers and lakes of the Kola Peninsula (Murmansk Region, North-West Russia) [Text] / E. Yakovlev, A. Druzhinina, S. Druzhinin, S. Zykov, N. Ivanchenko // Environmental Geochemistry and Health. –. 2021.
3. Distribution of trace metals and an environmental risk assessment of the river sediments in the area of the Lomonosov diamond deposit (NW Russia) [Text] / E. Yakovlev, A. Malov, S. Druzhinin, E. Zykova, A. Malkov, D. Bedrina // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – V. 27. – P. 35392–35415.
4. Complex Processing of Saponite Waste from a Diamond-Mining Enterprise [Text] / O. Zubkova, A. Alexeev, A. Polyanskiy, K. Karapetyan, O. Kononchuk, M. Reinmoller // Applied Sciences. –.2021. – V. 11. – P. 6615.

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОДНЫХ АППАРАТОВ В
БИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ АКВАТОРИЙ ПОРТОВ**

Яковлев Н.М.

Научный руководитель доцент Смирнов Ю.Д.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

На сегодняшний день в связи с развитием торгового флота актуальность приобрела проблема биологического загрязнения акваторий, вызываемого вселением инвазивных видов живых организмов, распространение которых представляет угрозу для биологического разнообразия местных видов.

Для обеспечения остойчивости судна и его правильной посадки используется жидкий балласт, в роли которого выступает забортная вода, набираемая в балластные танки. При погрузке судна может возникнуть необходимость откачки жидкого балласта, то есть сброса балластных вод в акваторию. Проблема данной технологии заключается в том, что при заборе балластных вод в танки попадают живые организмы (в основном это планктон и мелкая рыба), а при откачке балласта выжившие особи попадают в другую экосистему, где могут стать инвазивными видами. Сегодня известно множество примеров биологического заражения акваторий через балластные воды. Так, например, китайский мохнорукий краб в 1912 году был завезён в Европу, где начал быстро распространяться по водоёмам и водотокам, уничтожая флору и фауну и угрожая прибрежным коммуникациям [2]. Другой пример инвазии чужеродного организма – вселение гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Черное море с балластными водами судов, совершавших трансатлантические перевозки в первой половине 80-х годов. Гребневик быстро размножился и практически полностью выедал кормовой зоопланктон, из-за чего резко упали уловы рыб планктофагов в Черноморско-Азовском бассейне [1]. Для предотвращения подобных инцидентов в 2004-м году была принята Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, обязывающая морские администрации обеспечивать соответствие балластных вод стандарту качества. Но, поскольку добиться снижения вероятности вселения инвазивных видов до нуля практически невозможно, для оценки состояния водных экосистем вблизи портов необходимо проводить мониторинг биологического разнообразия.

Для проведения мониторинга припортовой акватории применяются научные суда, оснащённые батометрами для отбора проб воды с разных глубин и дночерпателями для отбора проб донных отложений. При дальнейшем лабораторном анализе определяют химический состав и свойства воды и донных отложений, а также выявляют в пробах представителей планктона и бентоса. Также, в ходе отбора проб, научные суда могут производить отлов рыбы и других представителей нектона для дальнейшего их изучения. Однако, научные суда производят эти операции «вслепую», то есть с поверхности воды не всегда можно определить, какие организмы находятся под судном на большой глубине, и при отборе проб влияние на результат оказывает фактор случайности: интересующий организм может обитать в точке отбора пробы, однако не факт, что он попадётся в пробоотборник. Частично эту проблему помогают решить водолазы, у которых есть возможность визуального определения живых организмов, однако их работа вызывает дополнительные трудности: время работы под водой ограничивается запасом кислорода и для погружения требуются специально обученные люди. Кроме того, в масштабах припортовой акватории подобные исследования носят точечный характер и требуют больших финансовых вложений.

Как вариант, для осуществления мониторинга акватории можно использовать беспилотные погружаемые аппараты. Они способны в течении длительного времени находиться под водой, в меньшей степени зависят от метеорологической обстановки и могут охватывать большие площади исследования. При наличии нескольких беспилотных погружаемых аппаратов можно разбить акваторию на зоны, каждая из которых будет отведена для исследования одному аппарату. Управление такими аппаратами может осуществляться как с борта научного судна, так и с берега, либо в автоматическом режиме. К основным задачам, выполняемым аппаратами, будет относиться сбор данных о видовом разнообразии и численности популяций живых организмов в водной экосистеме, а также пересылка полученной информации человеку. Простейшим способом проведения биомониторинга при помощи беспилотного погружаемого аппарата является фото- или видеосъёмка живых организмов и дальнейший анализ полученных материалов. Более сложной задачей является отлов живых организмов и доставка их на поверхность. Такой метод подходит только для малоподвижных некрупных видов. Основной зоной работы беспилотного погружаемого аппарата будет являться придонный слой сублиторали (глубина не превышает 200 м). Следовательно, конструкция аппарата должна обеспечивать его безаварийную работу в данных условиях. С наибольшей вероятностью на дне водоёма будет встречаться растительность, а также элементы техногенного загрязнения (фрагменты рыболовных сетей, металлические предметы, сваи от старых гидротехнических сооружений и многое другое). Чтобы свести к минимуму риск запутывания аппарата в растительности или мусоре, его корпус должен иметь как можно меньше выступающих деталей. Также можно сконструировать систему уборки инструментов аппарата в корпус на время передвижения. Гребные винты аппарата должны быть обеспечены защитой от ударов о твёрдые предметы и наматывания растительности или фрагментов рыболовных снастей. Существуют гребные винты с защитой от наматывания Кривошеева В.Н., оборудованные защитной насадкой в виде полого цилиндра [3]. Также существует система с множеством направляющих насадок для судна, образующая ограждение гребного винта, защищающее его от ударов и повышающее эффективность работы за счёт эффекта Вентури [4].

Поскольку солёная вода является проводником тока, из-за чего поглощает радиоволны, связь станций управления с погружными беспилотными аппаратами часто осуществляется по длинному кабелю. Это не всегда

удобно из-за того, что возникает опасность запутывания кабеля в водной растительности или мусоре. К тому же, область работы аппарата ограничивается длиной кабеля. Чтобы избежать этих проблем, нужно оборудовать погружаемый аппарат системой беспроводной связи. Существует способ дистанционного контроля и управления необитаемым подводным аппаратом при помощи акустических волн [5]. Его суть заключается в том, что на поверхности воды располагаются буи, которые принимают радиосигнал от станции управления и преобразовывают его в акустический сигнал, который принимается беспилотным погружным аппаратом. В данной системе возможно и осуществление обратной связи. Дополнительное преимущество подобной системы заключается в том, что буи способны позиционироваться по GPS или ГЛОНАСС, благодаря чему погружаемый аппарат может определять своё местоположение. Это позволяет осуществлять привязку данных к географической системе координат, чтобы при их обработке была возможность формировать результаты мониторинга в виде цифровых картографических моделей.

Для определения численности, биомассы и пространственного распределения ключевых видов гидробионтов существует система подводной видеосъёмки с узкой фронтальной лазерной подсветкой организмов [6]. Суть технологии заключается в том, что перед видеокамерой на некотором известном расстоянии расположен лазерный модуль, подсвечивающий живые организмы. Далее видеокамера фиксирует их, и полученные кадры обрабатываются с помощью компьютерного анализа или визуально. На основе данной системы можно разработать инструмент, устанавливаемый на борт беспилотного погружаемого аппарата, позволяющий определять количественные характеристики планктона в толще воды. При использовании обычной фото- или видеосъёмки (к примеру, для определения представителей бентоса) необходимо учитывать масштаб получаемых изображений, поскольку различные виды живых организмов (например, моллюсков) могут быть внешне схожи, но при этом отличаться размерами. Также по различающимся размерам живых организмов одного вида можно примерно определить возрастные характеристики популяции. Существует лазерный измеритель масштаба видеоизображения, содержащий лазеры непрерывного излучения, лучи которых параллельны друг относительно друга, устанавливаемый в непосредственной близости к подводной видеокамере так, чтобы создаваемые им на подводном объекте следы лазерных лучей фиксировались на видеоизображении. Такой инструмент может быть присоединен к любой подводной видеокамере без выверки параллельности лазерных лучей относительно оптической оси видеокамеры. По расстоянию между точками от лазерных лучей на кадре и реальному расстоянию между лучами рассчитывают масштаб изображения и определяют действительные размеры объектов [7].

Кроме цифровых данных беспилотный погружаемый аппарат может доставлять на поверхность пробы донных отложений или водной растительности при наличии дополнительных инструментов на борту. Существует полезная модель устройства, предназначенного для поиска, подъема со дна водоема и установки на дно различных предметов. Оно оборудовано видеокамерой с подсветкой и расположенным перед ней рабочим органом [8]. Данное устройство можно адаптировать под установку на борт беспилотного погружаемого аппарата, а в качестве рабочего органа установить пробоотборник. Также его можно применять для освобождения аппарата в случае запутывания в водной растительности или мусоре.

Исходя из рассмотренных возможностей беспилотных погружаемых аппаратов можно сделать вывод, что их применение в экологическом мониторинге припортовых акваторий позволяет увеличить точность исследований за счёт прямого наблюдения живых организмов, что не всегда возможно при использовании научных судов. Также за счёт беспилотных погружаемых аппаратов можно более детально исследовать территорию благодаря тому, что они могут длительное время находиться под водой. При установке на борт беспилотного погружаемого аппарата нескольких инструментов обеспечивается возможность многоцелевого использования: аппарат способен выполнять одновременно несколько функций, таких как фото- и видеосъёмка, отбор проб воды и донных отложений, отлов некоторых видов живых организмов, определение водородного показателя и окислительно-восстановительного потенциала воды, а также значения температуры и давления на разных глубинах.

Литература

1. Гребневик *Begea cf. ovata* в Каспийском море. Начало нового этапа эволюции Каспийской экосистемы? [Текст] / С.В. Востоков, А.А. Гаджиев, А.С. Востокова, Н.И. Рабазанов // Юг России: экология, развитие. – 2020. – Т.15. – №4. – С. 21-35. – DOI: 10.18470/1992-1098-2020-4-21-35.
2. Разработка и анализ показателей трансграничного биологического загрязнения балластными водами судов экосистемы балтийского моря [Текст] / В.В. Дроздов, Г.Т. Фрумин, А.В. Косенко, А.С. Боев // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2012. – №26. – С. 172-189.
3. Патент № 116456 РФ, МПК В62Н 5/16 (2006.01). Гребной винт с защитой от наматывания Кривошеев В.Н.: № 2011145725/11: заявл. 10.11.2011; опубл. 27.05.2012 / Кривошеев В.Н.; заявитель Кривошеев В.Н. – 12 с.
4. Патент № 2429160 РФ, МПК В63Н 5/16 (2006.01). Система Вентури с множеством направляющих насадок для судна.: № 2008104140/11: заявл. 12.06.2006; опубл. 20.09.2011 / Шульц Вильдерих К., Смит Терренс Л.; заявитель Марин Пропапашн Текнолоджиз, ИНК. – 21 с.
5. Патент № 2119172 РФ, МПК G01S 5/02 (1995.01). Способ дистанционного контроля и управления необитаемым подводным аппаратом и устройство для его осуществления: № 95115514/09: заявл. 03.12.1993; опубл. 20.09.1998 / Юбер Тома.; заявитель Юбер Тома. – 2 с.
6. Патент 2495451 РФ, МПК G01S 17/00 (2006.01). Способ определения вертикального распределения и размерной структуры зоопланктона в водоеме: № 2012112246/28: заявл. 29.03.2012; опубл. 10.10.2013 / Задереев Е.С., Толмеев А.П.; заявитель СФУ.
7. Патент № 33239 РФ, МПК G01R 29/00 (2000.01). Лазерный измеритель масштаба видеоизображения: № 2003113864/20: заявл. 13.05.2003; опубл. 10.10.2003 / Заферман М.Л.; заявитель ПИНРО. – 1 с.
8. Патент № 39119 РФ, МПК В63С 11/48 (2000.01). Устройство для обнаружения объектов под водой: № 2003127600/20: заявл. 17.09.2003; опубл. 20.07.2004 / Линник И.В.; заявитель Линник И.В. – 6 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
------------------	---

Секция 1. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Абрамова К.С. АРЕАЛЫ РАННЕДЕВОНСКОГО ВУЛКАНИЗМА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ	12
Бадмаева Е.Э., Монсонов А.В., Скрипников М. С., Ветлужских Л. И. ОРГАНИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ ХОХЮРТОВСКОЙ СВИТЫ БАССЕЙНА ДЖИДЫ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ).....	14
Джуманов А.Т. ОСТРАКОДЫ – ИНСТРУМЕНТ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ И КЛЮЧ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕЗИСА ГРИВ ВОСТОЧНОЙ БАРАБЫ	16
Зеремская С.А. РАЗВИТИЕ ХВОЩОВЫХ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	18
Ибырханова А.И., Глухов А.М. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ВОЗРАСТЕ КАРАМЕНДИНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО КОМПЛЕКСА	19
Кузнецов А.В. КАРБОНАТНЫЕ ХАРДГРАУНДЫ ГЛАВНОГО ДЕВОНСКОГО ПОЛЯ В КОЛЛЕКЦИЯХ ГОРНОГО МУЗЕЯ	21
Липихина Е.Ю. ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ВОЗРАСТА НА ОСНОВЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ	23
Михненко Д.М., Толоконникова З.А. ЗНАЧЕНИЕ АКАНТОСТИЛЕЙ В КОЛОНИЯХ МШАНОК ИЗ РОДА <i>DYSCRITELLA GIRTY</i> , 1911	25
Назарова А.А., Щур Е.А. ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛОВЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАРТОВСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО).....	27
Пахтаева М. Г. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИК-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕЙ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	29
Самандросова А.С. РЕКОНСТРУКЦИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА ПО ОСТАТКАМ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ЧУКЛАЙДА (БАРАБИНСКАЯ НИЗМЕННОСТЬ)	30
Усова И.И. КОМПЛЕКСЫ ПОЗДНЕМЕЛОВЫХ ПОЗВОНОЧНЫХ НИЖНЕ-ЗЕЙСКОГО БАССЕЙНА (ПРИАМУРЬЕ)	32
Чижова Е.Р. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КРЫМА	34
Щербakov И.С. ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ В СТРАТОТИПИЧЕСКОЙ МЕСТНОСТИ (ФРАНКСКИЙ ЯРУС, ВОСТОК ГЛАВНОГО ДЕВОНСКОГО ПОЛЯ).....	36
Юркин А.А. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ТЕЛ НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НИЖНЕВАРТОВСКОГО СВОДА	37

Секция 2. МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

Рубан А.С. МГ-КАЛЬЦИТ В ДОННЫХ ОСАДКАХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ: УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СВЯЗЬ С АНАЭРОБНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ МЕТАНА	40
Адылбаев Р.Р. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОСНОВНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ ВУЛКАНИТОВ САРАЛИНСКОГО ГРАБЕНА (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)	41
Аманова М.М., Бакшаев В.Н. ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ.....	43
Брагин С.А. ПЕТРОСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДУНИТОВ ШАМАНСКОГО МАССИВА (СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)	45
Ефимовская М.В. СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ РУДОПРОЯВЛЕНИЯ «ОЛЕНЬЕ» (ЕНИСЕЙСКИЙ КРЯЖ)	47
Исин А.А. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАМАФИТОВ УКУССКОГО МАССИВА (СРЕДНИЙ УРАЛ).....	49
Ищенко А.А., Толоконникова З.А. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД КРАСНЫХ СКАЛ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)	50
Климов А.С. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КВАРЦЕВЫХ АРТЕФАКТОВ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВОЛЧЬЯ ГРИВА.....	53
Милевский Я.В. ВЛИЯНИЕ АНАЭРОБНОГО ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА ПОВЕДЕНИЕ РЕДОКС-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ.....	55
Морозова Е.В., Сиразиева Р.М., Минсафин А.Р. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ЗРЕЛОСТИ	56
Нугуманова Я.Н. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА УЛЬТРАОСНОВНЫХ ЛАМПРОФИРОВ ЗИМИНСКОГО ЩЕЛОЧНО УЛЬТРАОСНОВНОГО КАРБОНАТИТОВОГО КОМПЛЕКСА (ВОСТОЧНО-САЯНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	58
Сафарова В.И., Кузнецова А.В. РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ПОРОД ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ УЧАСТКА X ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	60
Цыпленко М.М. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНОЕ	62

(ЭЛЬКОНСКИЙ УРАНОВОРУДНЫЙ РАЙОН, ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)	62
Черкашин И.А. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕШЕНИТОВ ЧИБИЖЕКСКОГО МАССИВА (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)	64
Якимов Т.С. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАННЕМЕЛОВЫХ ГРАНИТОИДОВ ПЛАТО УЛЛЫН (ЯПОНСКОЕ МОРЕ).....	65

Секция 3. ГЕОЛОГИЯ И ГЕНЕЗИС РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, МИНЕРАГЕНИЯ

Ворошилов В.Г. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОХИМИИ	67
Рудмин М.А. КАРБОНАТНЫЕ И ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ КАК СВИДЕТЕЛЬСТВА РУДООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА	71
Якич Т.Ю. ТЕЛЛУР И СЕЛЕН В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ: ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА, ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И СВЯЗЬ С ОРУДЕНЕНИЕМ	72
Арзамасова А.О. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОРУДЕНЕНИЯ В АЛБАЗИНСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ ПОЛЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)	75
Даулетова А.Б., Рудмин М.С. ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ КОЧКОВСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ ОБЬ-ТЫМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ)	77
Жимулева Е.С., Якич Т.Ю. ПЕРВЫЕ НАХОДКИ КРОНСТЕДТИТА В МАССИВНЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ ТАЛНАХСКОЙ ИНТРУЗИИ (НОРИЛЬСКИЙ РУДНЫЙ РАЙОН).....	79
Ибрагим М.А. ПЕРЕДОВЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (СКАРНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ).....	81
Калинина Н.А., Рудмин М.А. МИНЕРАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖЕЛЕЗНЯКАХ МОРСКОГО И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ГЕНЕЗИСА НА ПРИМЕРЕ БАКЧАРСКОГО (РОССИЯ) И ЛИСАКОВСКОГО (КАЗАХСТАН) МЕСТОРОЖДЕНИЯ	83
Кемельбаева И.С. ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАРАМУРУН	85
Королькова Д.-А.М. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МЕТАСОМАТИТОВ И РУД УЧАСТКА КРУГЛЯЧКА СЕКИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)	86
Левочская Д.В., Лесняк Д.В., Якич Т.Ю. ЭТАПЫ, СТАДИИ И МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ РУДООБРАЗУЮЩЕГО ПРОЦЕССА ЭПИТЕРМАЛЬНОГО РУДНОГО ПОЛЯ СВЕТЛОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	88
Максимов П.Н. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ АЯТСКОЙ СВИТЫ (ТУРГАЙСКИЙ ПРОГИБ, СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН).....	90
Молукпаева Д.К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА.....	92
Николаева А.Н. МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ВЕРНИНСКОЕ.....	93
Серкина Г.С. УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЗОЛОТО- СЕРЕБРЯНОГО ОРУДЕНЕНИЯ V РУДНОЙ ЗОНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЛУННОЕ» (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	96
Сухорукова В.А. РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ НАТАЛКИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)	98
Чан В.Т. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ РУДНОГО ПОЛЯ ФУОКТХАНЬ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЬЕТНАМ	100
Чумаков А.В., Аликин О.В., Ратьковский Г.Е. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДОВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД КАШТАУСКОЙ РУДОНОСНОЙ ПЛОЩАДИ (РУДНЫЙ АЛТАЙ)	102

Секция 4. ГЕОЛОГИЯ НЕФТИ И ГАЗА. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.В. НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА	105
Бессонов А.К., Жилина Е.Н. ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНОГО ПАРФЕНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)	107
Булатов В.Р. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ	109
Водясов К.О. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕНОВАЦИИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ЮГРЫ	110
Горелова Е.И. ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ПОРОД КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА	112
Дохунаев П.Н., Сивцев А.И., Карпова М.И. ПРИРОДА ДЕФИЦИТА ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ В НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЕ.....	113
Егорова А.С. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ СЕВЕРО- ОСТАНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	116

Жданова Ю.Ю., Сидоренко Н.С. ВЫЯВЛЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ПЕСЧАНЫХ ПЛАСТОВ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПО ПОКАЗАНИЯМ ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	117
Клеванцева Е.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РАЗРЕЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЗАЛИВА БУОР-ХАЯ	119
Кондина Е.Ю., Бирюкова О.Н. ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ В ОТЛОЖЕНИЯХ ВИКУЛОВСКОЙ СВИТЫ НА ОСНОВЕ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	120
Кротов А.А. ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСНОЙ БАЗЫ УГЛЕВОДОРОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ (МЕСТОРОЖДЕНИЯ АНАЛОГИ)	122
Кузнецова А.В., Ширяев А.А. ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРНА ГЕОРГИЕВСКОЙ СВИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	124
Лобес Д.С. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗРЕЗОВ АЧИМОВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РАННЕМЕЛОВОГО ВОЗРАСТА ПО СКВАЖИНАМ ЗОНЫ СОЧЛЕНЕНИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО СКЛОНА КАЙМЫСОВСКОГО СВОДА И КОЛТОГОРСКОГО ПРОГИБА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	126
Лобынцева Ю.А., Хохлова Е.В., Ширяев А.А. РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЕЗА СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ (ПЛАСТЫ Ю ₂₋₄) ПО ДАННЫМ МАКРОСКОПИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ КЕРНА В ПРЕДЕЛАХ ЮГАНСКО-КОЛТОГОСКОЙ ЗОНЫ (ХМАО-ЮГРА).....	128
Муэба Проспер ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ТП ₂₂ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ N (ЯНАО).....	130
Никонова К.С. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ВЕНДСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ	131
Оберемок И.А. ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГУБЫ БУОР-ХАЯ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ МЕТОДА ПИРОЛИЗА ROCK-EVAL	133
Павлович Ю.О. ВОЗМОЖНОСТИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА СКАНИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ КЕРНА ТРЕЩИНОВАТО-КАВЕРНОЗНЫХ И ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ.....	135
Платонов А.Е. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ СОБЕРБАШ-ГУНАЙСКОГО СИНКЛИНОРИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА.....	138
Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Гринько А.А., Гусева Н.В. СОСТАВ И СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ЧАУНСКОЙ ГУБЫ (ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ).....	139
Райле К.Н. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОСРЕДСТВОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	141
Ракитина В.А. ЛИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ХМ ₂ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ M (ЯНАО).....	142
Фурсина Т.А. АНОМАЛЬНО ВЫСОКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ГАММА-КАРОТАЖА В РАЗРЕЗАХ МАЙКОПСКИХ И ЧОКРАКСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-КУБАНСКОГО ПРОГИБА	144
Ходоров И.С. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА ХМ ₂ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ N (ЯНАО).....	146
Хохлова Е.В., Лобынцева Ю.А., Галинский К.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗРЕЗА ВЕРХНЕЮРСКОГО НГК ЮГАНСКО-КОЛТОГОРСКОЙ ЗОНЫ (ХМАО-ЮГРА)	148
Черниговская Е.А. ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ СЕЛЬВЕЙКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	150
Ширинкин Д.О., Ожгибесов Е.С., Кочнев А.А. КЛАССИФИКАЦИЯ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО ТИПУ ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «FLOW ZONE INDICATOR».....	153

Секция 5. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Исаев В.И., Крутенко М.Ф. И «В ГЛУБЬ», И «В ШИРЬ» (О ПРИРОСТЕ ЗАПАСОВ УГЛЕВОДОРОДОВ, ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ, ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	155
Бейсекеев Е.Ш. АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ПЛАСТОВО-ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА.....	157
Бейсекеев Е.Ш. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ И ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ ПОРОД КАК ФАКТОР ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА НА ГИДРОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УРАНА	159
Бурносова И.А. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ЯДЕРНО-МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛИТОЛОГИЧЕСКИ НЕОДНОРОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	161
Галиева М.Ф. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ «ПАЛЕОЗОЙСКОЙ НЕФТИ» (НА ПРИМЕРЕ ОСТАНИНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ).....	163
Крутенко Д.С. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОвого ПОТОКА И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА (ЗАПАД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)	165
Меренкова А.С. КАРТА ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОвого ПОТОКА ВОСТОКА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	167
Трофимов И.В., Терешкин С.А., Снопков С.В. ИЗУЧЕНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ПРИБАЙКАЛЬЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ	169
Худорожко И.Н. ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ БЕРЕГОВ РАЗЛОМА С ЗАЦЕПОМ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЯ УПРУГИХ НАПРЯЖЕНИЙ	171

Шойхонова Т.С., Крайнова Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ПОИСКЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ	172
---	-----

Секция 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ

Савичев О.Г., Пасечник Е.Ю. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	175
Братченко А.С. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ЗАРИНСКА АЛТАЙСКОГО КРАЯ	177
Гагарина К.М. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В Г.КЫЗЫЛ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	179
Гараева А.Н. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОЛОДЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЭРОЗИОННО-ДЕНУДАЦИОННЫХ ОСТАНЦЕВ БУГУЛЬМИНСКОГО ПЛАТО ЮГО-ВОСТОКА ТАТАРСТАНА	181
Гончарова В.С., Гончаров О.Ю. КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В Г. ТОМСКЕ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)	183
Гроза А.Н. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ SURFER ПРИ КАРТОГРАФИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	185
Итемен Н.М., Дутова Е.М. ПАЛЕОГИДРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ	186
Кадепа А. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕГИОНЕ ТИМИКА (ПАПУА, ИНДОНЕЗИЯ)	188
Карпенко А.Г. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АЛЕКСАНДРОВСКОЙ КОЛОННЫ С УЧЕТОМ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ	190
Кильсинбаев Р.А. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МОНИТОРИНГ КРИОЛИТОЗОНЫ НА ПРИМЕРЕ НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИМЕНИ Р.ТРЕБСА И А.ТИТОВА	192
Козодеев К.С., Сафарова В.И. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ПОРОДЫ В НАДЫМСКОМ РАЙОНЕ. ВЕРИФИКАЦИЯ ДАННЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ И НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ	193
Колосова Д.Л. ФИЛЬТРАЦИОННАЯ КОНСОЛИДАЦИЯ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ	195
Мартынов Т.Б. КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОХРАНИЛИЩ РОССИИ	197
Ондар С.О., Кара-Сал Л.В., Ооржак А.А. АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ ТУВА	199
Павлов А.А. ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ "ТЕПЛЫЙ КЛЮЧ" (АМГИНСКАЯ ГРУППА, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)	201
Палилкин А.А. ПРИМЕНЕНИЕ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВ	202
Сигеев И.А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕЖИМНОЙ СЕТИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «ТИМОХОВО»	204
Солдатова Е.А., Максимов П.Н., Тананаев Н.И. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ИСТОЧНИКА СУЛЛАР (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ)	206
Солдатова Е.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОРМ МИГРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ОБСКОГО БОЛОТА И СТОЧНЫХ ВОДАХ, СБРАСЫВАЕМЫХ НА ЕГО УЧАСТОК ...	208
Тимошина В.А. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУБАКВАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ БУХТЫ	210
Филимонова О.М., Филимонов А.А. ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В РУСЛОВОЙ ЧАСТИ РЕК, В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ	212
Ходус В.Р. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОДЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ (САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ РЕГИОН)	214
Ченсизбаев Д.Б. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ПРОВИНЦИИ РК	216
Чжоу Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ (НА ПРИМЕРЕ Cl^-) В ОБСКОМ БОЛОТЕ	218
Шеходанов В.О. КАРТИРОВАНИЕ РАЗГРУЗКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА	220
Ядав Б. НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ РЕКИ ЯМУНА (ДЕЛИ, ИНДИЯ)	221
Ян Хэн МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИФфуЗИИ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ (НАПРИМЕР, ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД КРЭНКА-НИКОЛСОНА)	224

Секция 7. ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

Арутюнов Д.В., Аврунев Е.И. АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОСИБИРСКА ЗА ПЕРИОД 2018-2020 ГОДА	226
Бакулина А.А., Аврунев Е.И. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ	227

Белова Д.А. К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ СТОХАСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ	229
Борисова А.Д. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ИЗ ЗЕМЕЛЬ, НАХОДЯЩИХСЯ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИЛИ МУНИЦИПАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ ЧЕРЕЗ ТОРГИ В Г. ТОМСКЕ	231
Иваненко П. Е., Стегниенко Е. С. АНАЛИЗ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН	233
Коваленко М.И. ПРОБЛЕМЫ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ	234
Коробицына Е.С. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ВЫБОРЕ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ДЛЯ ПОКУПКИ	236
Латин О.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ГГС ТРАДИЦИОННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ЮГО-ЗАПАДА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	237
Лихач О.А. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ОПИСАНИИ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ ЛЕСНИЧЕСТВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	240
Пальцева Д.Е. ВОПРОСЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ	242
Селезнев Г.И. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ В Г. МОСКВЕ	243
Сорокина Ю.С., Даниленко А.С. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ	245
Студенкова Н.А. ПРОБЛЕМЫ И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	247
Фазлиев А.И. ПЕРСПЕКТИВА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОРИЧЕСКИХ КАРТ НА ПРИМЕРЕ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	249
Чалдаева К.И. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ НЕСООТВЕТСТВИЯ ФАКТИЧЕСКОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СВЕДЕНИЯМ ЕГРН НА ТЕРРИТОРИЯХ СНТ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	250

Секция 8. ГЕОЭКОЛОГИЯ, ОХРАНА И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Акимова С.С. ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ШИРИНСКОГО РАЙОНА ХАКАСИИ	253
Антонова В.М. ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ОЦЕНКИ АЭРОТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИЮ Г. ЧЕЛЯБИНСКА	255
Барановская А.Ю. ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАКОПЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОСТАВЕ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫЕ (LEMNACEAE)	256
Бектенов Д.Е. РАДИОЦЕЗИЙ И СТРОНЦИЙ-90: ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯТЦ	259
Беспалова А.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕГОВОГО ПОКРОВА И УЛИЧНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА	261
Будаева Ю.С. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ЮРГА)	263
Вашешина А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА (НА ПРИМЕРЕ ПОМЕЩЕНИЙ ПОСТОЯННОГО ИЛИ ВРЕМЕННОГО ПРЕБЫВАНИЯ СТУДЕНТОВ)	265
Виноградова К. И. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ОТХОДОВ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ	267
Володина Д.А. УРОВЕНЬ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЭРОЗОЛЕЙ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА Г. ИСКИТИМ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)	268
Воронина Ю.С. ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА	271
Вотинов Е.А. ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	273
Гончаров Г.А. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА	274
Доронина В.Д. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕГОРСКОГО РАЙОНА ПРИМОРСКОГО КРАЯ	276
Жеребцова Ю.О. РТУТЬ В ПОЧВАХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИМОРСКОГО КРАЯ	278
Иванова Д.А. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯВЛЕНИЯ ГЕОФАГИИ (НА ПРИМЕРЕ ТРАВЯДНОГО ПРИМОРСКОГО КРАЯ)	279
Колбин А.Т. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АРАЛЬСКОГО МОРЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ	281
Кудрявцева А.А., Яковлев Е.Ю., Орлов А.А. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ТОРФА В ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ	282
Ласкач В.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДЗЕМНОЙ СЕКВЕСТРАЦИИ УГЛЕРОДА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	284
Леухин И.В., Дударева Е.В. ИЗУЧЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ Г. ТАШТАГОЛ, П.Г.Т. ШЕРЕГЕШ И ШОРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	286

Луц Е.Ю. ЗАКОНОМЕРНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ МАЛОСАЛАИРСКОГО ОТВАЛА ФЛЮСОВЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ В Г. ГУРЬЕВСК КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	288
Малюгина С.А., Большунова Т. С. СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ И АЛТАЙСКОГО КРАЯ.....	290
Матюхин И.А, Субботина Д.А, Ланько А.В. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ОСНОВАНИИ СНЕГОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	291
Мезенцева В.Е. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ В РАЙОНЕ Р. РОМАШКА (ЧЕРНИЛЬЩИКОВО), Г. СЕВЕРСК.....	293
Мирошниченко М.С. СИБИРСКИЙ ШЕЛКОПРЯД В ПРИПОСЕЛКОВЫХ КЕДРОВНИКАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ И ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ.....	295
Митина А.А. СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОБРАЗЦАХ ТОРФОВ ЭВТРОФНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....	297
Мишанькин А.Ю. КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФРАКЦИЯХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ С ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА- (ЯКУТИЯ)).....	299
Новиков В.С. ДЕТАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗ. КУЧЕРЛИНСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ АЛТАЙ).....	301
Новолодская Э.В. ЭКОЛОГО-ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛОНЬ-ШИБИРСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	303
Носова М.В., Середина В.П. ТРЕНДЫ ИЗМЕНЕНИЙ СВОЙСТВ ПОЧВ ЭЛЮВИАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫМИ ЖИДКОСТЯМИ ПЛАСТОВЫХ ВОД.....	305
Оманбоев Д.И, Жилина Е.Н. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТОВ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ ЛУГИНЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	307
Пименова М.В. МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА СТАДИИ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ ПРОЕКТА ЛАНДШАФТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ.....	309
Пинаев Д.В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ УГЛЕВОДОРОДОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ.....	311
Пяткова М.Е. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ.....	312
Рулик М.А., Куровская В.В. ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕЦИФИКИ ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ В ЭЛЕМЕНТНОМ СОСТАВЕ КОСТНОЙ ТКАНИ СВИНЬИ ДОМАШНЕЙ (<i>SUS SCROFA DOMESTICUS</i>) И ДИКОГО КАБАНА (<i>SUS SCROFA</i>) НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ.....	314
Сальникова Ю.М., Игнатченко П.П. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ САЖЕНЦЕВ К ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ.....	316
Сапетный А.И. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА НА МОРСКОМ ШЕЛЬФЕ.....	318
Сапрунова И.А. ПЫЛЕВАЯ И РТУТНАЯ НАГРУЗКА В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАВОДА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ Г. КАРАГАНДА, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН).....	318
Свиридова А.С. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПИТЬЕВЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	321
Смолякова А. Д. РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ (U, Th) В СИСТЕМЕ «ВОДА-МАТ-СУБСТРАТ» ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ.....	323
Стрептов Д.А. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОРГАНИЗМА АЛТАЙСКОГО МАРАЛА (<i>SERVUS ELAPHUS SIBIRICUS</i>) В РАЙОНЕ РАЗВИТИЯ ГЕОФАГИИ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ).....	325
Субботина Д.А, Матюхин И.А. КОМПЛЕКСНОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ЗАБРОШЕННОЙ ПРОМПЛОЩАДКИ ВОСТСИБЭЛЕМЕНТ В Г. СВИРСК.....	327
Сучков Д.В., Шайкина К.Д. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КАК ВТОРИЧНОГО РЕСУРСА (НА ПРИМЕРЕ ФОСФОГИПСА).....	328
Ухинова М.В., Бадмаева С.В., Ханхасаева С.Ц. БЕНТОНИТОВАЯ ГЛИНА БУРЯТИИ - ЭФФЕКТИВНЫЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КАТИОННЫХ КРАСИТЕЛЕЙ.....	330
Федоров Д.В., Алексеева М.Н., Русских И.В., Ященко И.Г. ДИСТАНЦИОННО-НАЗЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ В РАЙОНЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА.....	332
Хасанова Э.Х., Афонин И.В., Хасанов Д.О. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	334
Чурина С.С. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В УЛИЧНОЙ ПЫЛИ Г. МЕЖДУРЕЧЕНСК (ЮЖНЫЙ КУЗБАСС).....	336
Шарипов Н.Т. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХВОСТХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ РУД (ПОС. МИН КУШ, КИРГИЗИЯ).....	338
Швалова Е.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ШЕГАРСКОГО РАЙОНА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	339
Яковлев Е.Ю., Дружинина А.С., Дружинин С.В. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ЛОМОНОСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	340
Яковлев Н.М. ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОДНЫХ АППАРАТОВ В БИОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ АКВАТОРИЙ ПОРТОВ.....	343

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Труды XXVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов
и молодых учёных, посвященный 90-летию со дня рождения Н.М. Рассказова,
120-летию со дня рождения Л.Л. Халфина,
50-летию научных молодежных конференций имени академика М.А. Усова

Компьютерная верстка *Е.Ю. Пасечник, И.В. Павлова*

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ
Размещено на корпоративном портале ТПУ
в полном соответствии с качеством предоставленного оригинал-макета**



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ