

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

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Том I

*Труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума
имени академика М.А. Усова,
посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева
и 140-летию академика М.А. Усова,
основателям Сибирской горно-геологической школы*

Томск 2023

УДК 504(063)
ББК 20.1л0
П78

П78

Проблемы геологии и освоения недр : труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева и 140-летию академика М.А. Усова, основателям Сибирской горно-геологической школы. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 276 с.

ISBN 978-5-4387-1156-8 (т. 1)
ISBN 978-5-4387-1155-1

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 – Е.В. Гершелис, к.г.-м.н., доцент

Секция 3 – М.А. Рудмин, к.г.-м.н., доцент

Секция 4 – Н.В. Гусева, д.г.-м.н., зав.кафедрой-руководитель отделения геологии на правах кафедры

Секция 5 – Б.Р. Соктоев, к.г.-м.н., доцент

Секция 6 – В.С. Рукавишников, PhD, директор Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела

Секция 7 – А.В. Шадрина, д.т.н., профессор

Секция 8 – Е.Н. Ивашкина, д.т.н., профессор

Секция 9 – П.А. Стрижак, д.ф.-м.н., профессор

Секция 10 – О.В. Савинова к.г.-м.н., доцент

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

ISBN 978-5-4387-1156-8 (т. 1)
ISBN 978-5-4387-1155-1

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2023

PROBLEMS OF GEOLOGY AND SUBSURFACE DEVELOPMENT

Part I

*Proceedings of the 27th International Scientific Symposium
of students, postgraduates and young scientists devoted
to the 160th Anniversary of Academician V.A. Obruchev
and 140th Anniversary of Academician M.A. Usov,
Founders of Siberian Mining School*

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 semi-century of scientific conferences in honor of academician M.A. Usov. Part I / Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2023. – 276 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, geoecology, 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 – E.V. Gershelis, Associate Professor, PhD (in Mineralogy)
Panel 3 – M.A. Rudmin, Associate Professor, PhD (in Mineralogy)
Panel 4 – N.V. Guseva, Professor, Dsc (in Mineralogy)
Panel 5 – B.R. Soktoev, Associate Professor, PhD (in Mineralogy)
Panel 6 – V.S. Rukavishnikov, Associate Professor, PhD (Engineering Sciences)
Panel 7 – A.V. Shadrina, Professor (Engineering Sciences)
Panel 8 – E.N. Ivashkina, Professor, Dsc (Engineering Sciences)
Panel 9 – P.A. Strizhak, Dsc (Physico-Mathematical Sciences)
Panel 10 – 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) 3-7 апреля 2023 г. состоялся XXVII Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 160-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 140-летию академика М. А. Усова, основателям Сибирской горно-геологической школы.

Организация и проведение XXVII 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 первенца 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 полярик 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 2023 г. симпозиум проводился в гибридном формате: участники представляли свои доклады очно, а также имели возможность выступить онлайн.

Симпозиум работал одновременно по 10 секциям: 1 секция – Палеогеография и эволюция осадочных бассейнов (геология нефти и газа; палеонтология, стратиграфия и региональная геология; методы поисков и разведки углеводородного сырья); 2 секция – Рудообразующие системы: проблемы минералогии, геохимии и петрологии; 3 секция – Геофизические методы исследования природных и техногенных систем; 4 секция – Гидрогеология, инженерная геология и землеустройство; 5 секция – Геоэкология и геохимия окружающей среды; 6 секция – Технологии оценки, управления и разработки месторождений нефти и газа, моделирование и цифровые технологии; 7 секция – Транспортировка и хранение нефти и газа; 8 секция – Химические технологии переработки минерального и углеводородного сырья; 9 секция – Энергоснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности; 10 секция – Юные исследователи в Науках о Земле (доклады школьников).

Заявки для участия в симпозиуме подали 570 авторов из России, ближнего и дальнего зарубежья, 294 участника из Томска и 276 участника иногородние, все доклады были заслушаны в гибридном формате.

По отраслевой принадлежности участники были представлены следующим образом: из ВУЗов: из них Томский политехнический университет – 257, Томский государственный университет – 16, Томский государственный архитектурно-строительный университет – 2, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники – 2, Амурский государственный университет, г. Благовещенск – 2, Башкирский государственный университет, г. Уфа – 1, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ – 3, Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова – 1, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск – 4, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Астана – 1, Кубанский государственный университет, г. Краснодар – 2, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева – 1, Международный университет нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева, г. Ашхабад, Туркменистан – 23, Новосибирский государственный технический университет – 1, Оренбургский государственный университет – 1, Пермский государственный национальный исследовательский университет – 7, Пермский национальный исследовательский политехнический университет – 20, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва – 6, Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе, г. Москва – 2, Самарский государственный технический университет, г. Самара – 2, Санкт-Петербургский Горный университет – 22, Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета – 2, Северо-Кавказский горно-металлургический институт, г. Владикавказ – 2, Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, г. Северск – 1, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск – 4, Ташкентский государственный технический университет имени И.А. Каримова – 2, Технологический университет имени Шарифа, г. Тегеран, Иран – 1, Тюменский государственный университет – 9, Тюменский индустриальный университет – 4, Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва – 1, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск – 5; из средних специальных образовательных учреждений: Томский политехнический техникум – 1; из школ – 33; из НАН: Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ – 3, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ – 6, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск – 6, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва – 7, Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар – 1, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск – 8, Институт динамики геосфер им. академика М. А. Садовского, г. Москва – 1, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва – 1, Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, г. Москва – 5, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск – 1, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск – 1, Институт химии нефти СО РАН, г. Томск – 17, Института физики атмосферы им. Обухова РАН, г. Москва – 2, ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН – 1, ФИЦ Колыский Научный центр РАН, г. Апатиты – 23, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток – 1, Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан – 1, Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь – 1, из НИИ: Институт геологии и сейсмологии Молдовы, г. Кишинев – 1; БУ «Музей Природы и Человека», г. Ханты-Мансийск – 1, Государственного геологического музея имени В. И. Вернадского, г. Москва – 2, НИИ природного газа ГК "Туркменгаз", г. Ашхабад, Туркменистан – 1; Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, г. Москва – 1, ООО «Тюменский нефтяной научный центр» – 1, АО «ТомскНИПИнефть» – 13, АО ГНЦ «Центр Келдыша», г. Москва – 4, ООО НИОСТ, г. Москва – 1; из предприятий: ООО «Красноярская буровая компания» – 2, АО «Ачинский нефтеперерабатывающий завод ВНК» – 1, АО «Дальневосточное производственно-геологическое объединение» – 1, АО «РУСАЛ Ачинск» – 1, АО «Транснефть – Западная Сибирь» – 1, ООО «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез», г. Кириши – 1, Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК» – 1, ООО «Газпром трансгаз Томск» – 3.

Статус участников Симпозиума, выступивших с докладами, следующий: школьников – 33, студентов средних специальных образовательных учреждений – 1, студентов ВУЗов – 238, молодых ученых – 299.

Дальнее зарубежье было представлено странами: Иран, Китай, Индия, Йемен, Индонезия, Ближнее зарубежье (страны СНГ) было представлено странами: Республика Казахстан, Республика Туркменистан, Республика Молдова, Республика Беларусь.

Перед участниками симпозиума на открытии каждой секции выступали ведущие ученые, профессора, которые осветили проблемы и перспективы развития науки в XXII веке по каждому из 10 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 хозяйственных 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 XXVII 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.tru.ru>.

В рамках Симпозиума сотрудниками Научно-технической библиотеки ТПУ была подготовлена выставка: посвященная 160-летию со дня рождения академика В. А. Обручева и 140-летию академика М. А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы.

В рамках Симпозиума была проведена геологическая викторина «Geo SQuiz», организованная Центром Хериот-Ватт Томского политеха совместно со стипендиатами фонда им. Вернадского.

С целью популяризации научных исследований и развития творческого потенциала молодых ученых в рамках Симпозиума проведен фотоконкурс по номинациям: «Держись, ученый!»; «Молодые ученые в лаборатории»; «Природа – художник»; «Макронаука». Итоги конкурса публиковались в телеграм канале https://t.me/nauch_merorg.

В рамках Симпозиума были проведены молодежные школы по направлениям: «Прогноз тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния объектов нефтегазодобычи», «Создание цифровых двойников ядра. Исследование ядра методом компьютерной томографии», «Инструменты программы «1С: Экология. Охрана окружающей среды КОРП», «Применение технологий БПЛА в науках о Земле».

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 «Палеогеография и эволюция осадочных бассейнов»** посвящена широкому спектру вопросов в области палеонтологии, стратиграфии, региональной геологии, а также геологии нефтегазоносных бассейнов. Объекты исследования охватывали широкий стратиграфический диапазон – от венда до четвертичного периода. Были заслушаны доклады о геохимических особенностях современных донных осадков арктических морей. Актуальные темы, затронутые докладчиками, рассматривались с помощью новейших методов изучения горных пород и фоссилий. Были представлены перспективные результаты нетрадиционных методов исследований, таких как молекулярная палеонтология и применение статистически-корреляционной интерпретации данных ГИС в палеозойских отложениях. Среди участников секции были студенты, магистранты, молодые ученые, доклады которых имеют высокий уровень, практическую и научную значимость.

Также были заслушаны доклады посвященные 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 моделированию. Необходимо отметить и доклад, посвященный выдающемуся геологу, обосновавшему нефтегазоносность Западной Сибири, профессору М.К. Коровину

Доклады, представленные на **секцию 2 «Рудообразующие системы: проблемы минералогии, геохимии и петрологии»** были заслушаны на совместном заседании и полностью отвечают научному направлению и тематике секции. Открыл заседание молодой учёный Геологического института СО РАН М.О. Рампилов, специалист в области петрологии, с докладом о щелочных гранитоидах Западного Забайкалья и их металлогенической перспективе. Также в качестве открывающих заседаний секции с докладами выступили молодые учёные Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Кольского научного центра РАН и ТПУ, которые представили свои актуальные работы по различным направлениям геологических исследований. Так были заслушаны расширенные доклады П.Е. Белоусова о генетических типах неметаллических полезных ископаемых, Т.Л. Паниковской об уникальных минералах трансформерах Хибинского массива и М.А. Рудмин о генезисе и перспективах глауконита как разнопланового минерала. 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 генетических и геологических аспектов месторождений полезных ископаемых. Доклады, представленные на секции, были посвящены исследованиям в разных областях геологии и затрагивали вопросы осадочной геологии, благоприятной минерализации, исследованию месторождений черных и цветных металлов, минералогии и геохимии. Необходимо отметить высокий уровень докладов молодых учёных, которые обязательно используют в своих научных работах как традиционные методы исследования, 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 и минералогии.

Работа **секции 3 «Геофизические методы исследования природных и техногенных систем»** началась выступлением заведующего лабораторией геологии нефти и газа Сибирской платформы ИНГГ СО РАН, кандидата геолого-минералогических наук Игоря Алексеевича Губина о состоянии современных сейсморазведочных работ на Сибирской платформе, по результатам которых выделены перспективные зоны нефте- и газонакопления.

Тематика докладов, представленных на секции, охватила широкий спектр проблем геофизики. Наиболее многочисленная часть сообщений была посвящена вопросам изучения нефтегазоносных провинций, поиска и разведки углеводородного сырья. В докладах по тепловому полю Земли рассматривались связь глубинного теплового потока со структурами фундамента Западно-Сибирской плиты и термическая история нефтематеринских отложений. По сейсморазведке, были приведены общий анализ возможностей метода и сравнение алгоритмов подавления помех, создаваемых поверхностной волной. Для ядерно-геофизических методов исследования скважин показана методика выявления вещественных и петрофизических особенностей низкоомных нефтегазонасыщенных коллекторов. В рамках петрофизики рассматривались результаты изучения естественной остаточной намагниченности пород для построения палеомагнитного разреза венд-кембрийских отложений Среднеленской площади республики Саха и упруго-деформационные свойства пород в целях построения их паспортов прочности, а также методические подходы для оценки подсчетных параметров продуктивных коллекторов.

В докладах по рудной тематике были приведены сведения по материалам разномасштабных работ: геолого-тектонической позиции рудного Алтая по результатам интерпретации региональных геофизических полей и выявлению признаков для локального прогноза оруденения золото-медно-порфирового типа по данным детальных наземных и скважинных геофизических исследований в Сихотэ-Алинской складчатой области.

Решения задач инженерной геологии представлены сообщениями по фотограмметрической съемке и лазерному сканированию участков Кругобайкальской железной дороги, предрасположенных к скально-обвальным явлениям. В особую группу можно выделить доклады по наблюдениям геомагнитных и ионосферных эффектов в связи с активизацией вулкана Стромболи 9 октября 2022 г. и катастрофическим землетрясением в Турции 6 февраля 2023 г. и доклад по изучению растепления многолетнемерзлых пород при эксплуатации геотермальных скважин.

Секцию 4 «Гидрогеология, инженерная геология и землеустройство» 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.

В докладах секции рассматривались актуальные вопросы и проблемы, изучаемые сегодня не только на всей территории нашей страны, но и ближнего и дальнего зарубежья: геохимия 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 горны выработки, инженерно-геологические изыскания для строительства уникальных зданий и сооружений, изменчивость свойств грунтов и многие другие актуальные вопросы.

В представленных докладах по землеустройству и кадастрам 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 5 «Геоэкология и геохимия окружающей среды»** посвящена вопросам, затрагивающим сферы геоэкологии, экологической геохимии и промышленной экологии. В рамках работы секции было представлено 3 пленарных доклада молодыми ведущими учеными из Москвы (И.М. Фархутдинов, к.г.-м.н., Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского, тема доклада – «Республика Башкортостан – полигон для исследований в области медицинской геологии»), Тюмени (Е.А. Филимоненко, к.г.-м.н., Тюменский государственный университет, тема доклада – «Влияние природных пожаров в лесотундре на химические и биологические свойства почв»), Новосибирска (И.Н. Мягкая, к.г.-м.н., Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, тема доклада – «Миграционные особенности элементов в системе «вода - органо-содержащее вещество» из ореолов сульфидных месторождений»). В секционных докладах, представленных бакалаврами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, рассматривались существующие методики и подходы, а также новые перспективные методы оценки состояния окружающей среды и геоэкологического мониторинга, в том числе с использованием ГИС-технологий и методов ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли). Доклады затрагивают экологические проблемы влияния и воздействия как природных, так и антропогенных факторов на состояние компонентов окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы), способы снижения воздействия на окружающую среду от производственных циклов с использованием методов фиторемедиации, разработанных модифицированных сорбентов на основе природных и синтетических компонентов. Научные доклады имеют высокий научный уровень, характеризуются существенным личным вкладом авторов и практической применимостью. Большинство представленных работ выполнено в рамках реализации научных грантов (РНФ, РФФИ, Президента, Госзадания «Наука» и других) с использованием современного аналитического оборудования на базе ЦКП университетов и научных организаций России и других стран.

Тематика работ **секции 6 «Технологии оценки, управления и разработки месторождений нефти и газа, моделирование и цифровые технологии»**, 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 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, что позволит сформировать стабильную положительную динамику роста наработки оборудования, это указывает на эффективность проделанной докладчиками работы и перспективность тиражирования представленного анализа в будущем.

Авторы докладов, представленных на **7 секцию «Транспортировка и хранение 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.

Секция 8 «Химические технологии переработки минерального и углеводородного сырья» была посвящена широкому спектру вопросов в области подготовки и переработки нефти, газоконденсатов, природных и попутных газов и горючих сланцев, а также минерального сырья природного происхождения. 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.

Доклады были посвящены как вопросам совершенствования аппаратного оформления и оптимизации условий проведения химических процессов переработки минерального и углеводородного сырья (изомеризации гептановой фракции, каталитического крекинга, гидроочистки и гидрокрекинга вакуумного газойля, каталитического риформинга бензинов), так и разработки новых эффективных технологий: обессеривания дизельного топлива посредством акватермолиза, селективной тримеризации этилена в гексен-1, окисления толуола кислородом барьерного разряда, пиролиза и газификации увлажненной биомассы при микроволновом нагреве и др.

Были освещены результаты исследований радиолитического распада нефтяных смол в атмосфере воздуха, очистки питьевой воды на основе минеральных сорбентов, представлены способы получения стеатитовой керамики на основе продукта фторидной обработки природного талька, теплоизоляционного пористого стеклокерамического материала на основе маршалита, а также новых полициклических олефинов с полифторированными заместителями и других важнейших продуктов и материалов химической промышленности.

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.

На **секции 9 «Энергоснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности»** тематика работ посвящена широкому спектру вопросов обеспечения эффективного и надежного теплоэлектроснабжения основных и вспомогательных 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.

Всесторонне рассмотрены и обсуждены аспекты физико-химических основ и моделирования технологических процессов переработки нефтяного газа, снижения вредных выбросов и утилизации накопленных отходов, модели цифровых двойников технологических объектов, актуальность реинжиниринга и перспектив интеллектуализация автоматизированных систем управления технологическим процессом нефтегазовых месторождений и электрических станций.

Отдельное внимание уделено задачам моделирования процессов в области энергоснабжения и автоматизации, в том числе для формирования оптимальных настроек систем регулирования генерирующих установок, определения оптимального места и мощности объекта генерации в распределительных сетях, а также устойчивости систем энергоснабжения, содержащих альтернативные источники энергии.

Оргкомитет симпозиума

СЕКЦИЯ 1

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА НА ПРИМЕРЕ МЕТОДА ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОМЕТРИИ

Баус А.Е.

Научный руководитель ведущий инженер Деева Е.С.

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

Профильные исследования кернового материала представляют собой комплекс мероприятий по изучению состава, строения и физико-химических свойств отложений, проводимых до основного и детального изучения пород. В данной работе представлены результаты изучения отложений пласта ЮС₂² месторождения Х Широного Приобья (ХМАО) методами ИК-Фурье спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа.

Инфракрасная спектроскопия с Фурье преобразованием используется для изучения минерально-компонентного состава (карбонатность, глинистость, нефтенасыщение и др.) отложений (горных пород и минералов) [2]. Особенностью метода является отсутствие предварительной пробоподготовки. Метод рентгенофлуоресцентного анализа основан на зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции от концентрации элемента в образце [3]. На данный момент ИК-Фурье спектроскопия не используется для профильных исследований полноразмерного керна. Такие работы начали проводить в АО «ТомскНИПИнефть». Данный метод основан на изменении уровней колебательной энергии при поглощении молекулярными связями излучения с частотой $10^{13} - 10^{14}$ Гц ($10^2 - 10^3$ см⁻¹) и Фурье-преобразованием полученной интерферограммы. Из исходных спектров диффузного отражения с помощью преобразования Крамерса-Кронига получаются спектры поглощения, имеющие интегральный вид и далее рассчитываются относительные содержания минералов [4]. По результатам метода можно выделить несколько минеральных групп (глины, кварц, карбонаты) (рис. 1) [1, 5].

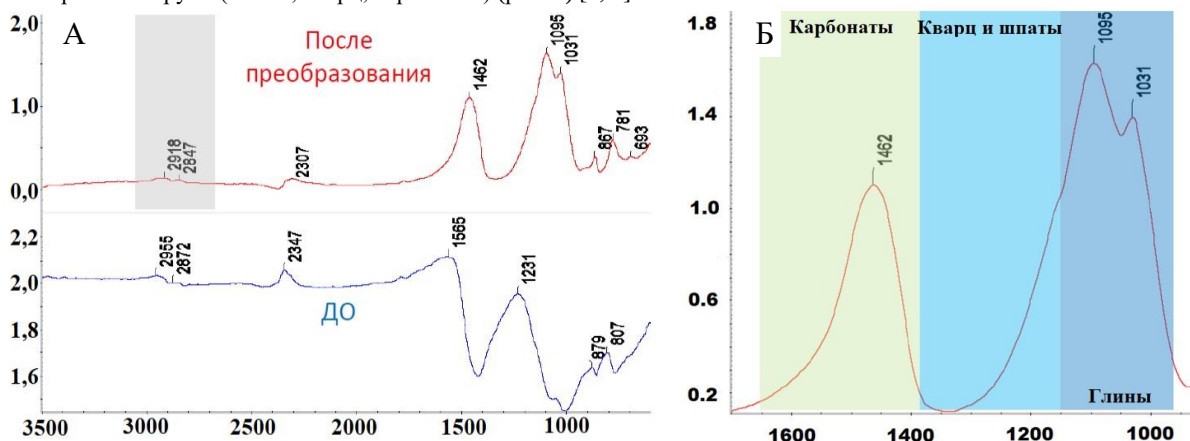


Рис. 1. Спектры поглощения: А - до и после преобразования, Б - интервалы минеральных групп, выделенные по спектрам

Было проведено изучение отложений пласта ЮС₂² на одном из месторождений широтного Приобья. Для оценки качества результатов, полученных ИК-спектроскопией, был проведен рентгенофлуоресцентный анализ. Вышеописанные анализы проводились с шагом исследования 3 см. При сопоставлении результатов была замечена хорошая сходимость, выраженная в совпадении минерального состава. Также для сравнения были взяты ранее полученные данные гамма-каротажа и карбонатности по керну (визуальный способ оценки), которые подтвердили качество и правильность определения состава отложений методом ИК-Фурье спектроскопией (рис. 2.).

По анализу полученных результатов можно сделать вывод, что ИК-Фурье спектроскопия – экспрессный и относительно простой в аппаратном оформлении метод неразрушающего контроля химического состава любого типа пород, который чувствителен к карбонатам (C-O), алюмосиликатам (Si-O-Al), сульфатам (S-O), органическому веществу (O-H) и H₂O (C-H, O-H) и нечувствителен к простым ионам: NaCl, CaCl₂, MgCl₂ [5, 6]. Применение ИК-Фурье спектроскопии на полноразмерном керне, на стадии профильных исследований, позволит более детально определить минерально-компонентный состав отложений, а также позволит выявить наиболее интересные участки разреза для дальнейших исследований.

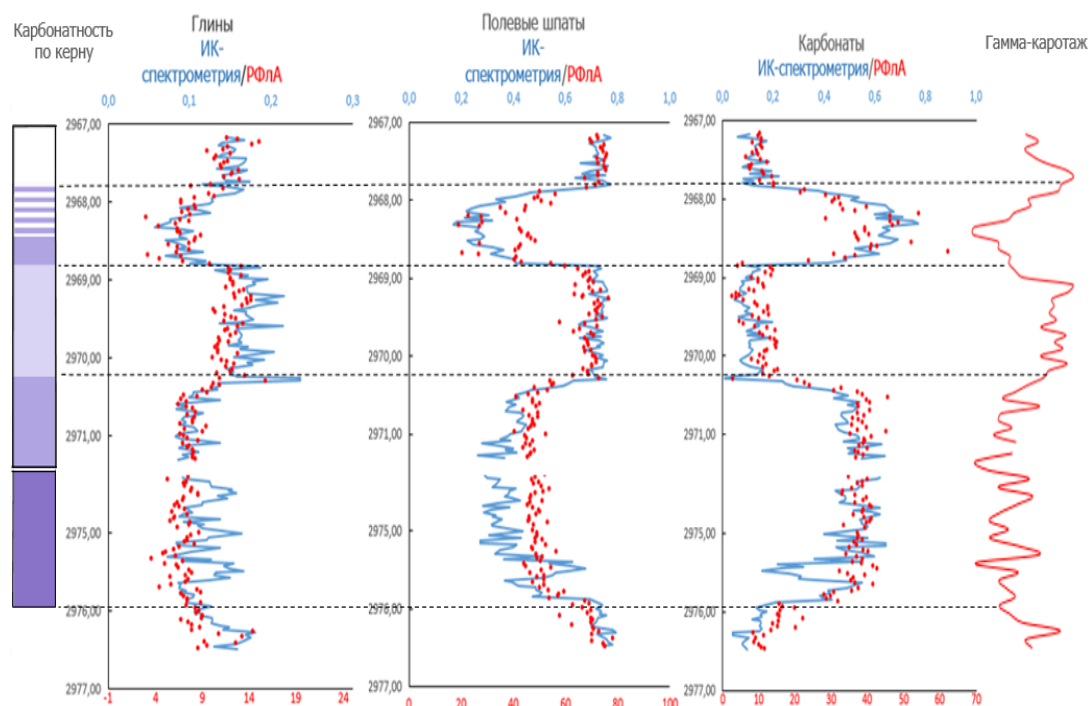


Рис. 2. Сопоставление ИК-спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа пласта ЮС₂²

Литература

1. Ву К. Х., М. В. Коровкин, Л. Г. Ананьева Определение глинистых минералов в составе пород-коллекторов методом инфракрасной спектроскопии // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения – 2016): материалы минералогического семинара с международным участием, Сыктывкар, 17 – 20 мая 2016 года. – Сыктывкар: Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 2016. – С. 102.
2. Коровкин М.В. Инфракрасная спектроскопия карбонатных минералов: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 75 с.
3. Ревенко А. Г. Особенности методики анализа геологических образцов с использованием рентгенофлуоресцентных спектрометров с полным внешним отражением (TXRF) //Аналитика и контроль. 2010. № 2. – 2010. – С. 42-64.
4. Shimadzu H. Kramers-kronig transform and applications. C103 – E031 No. 228.
5. So R. T., Blair N. E., Masterson A. L. Carbonate mineral identification and quantification in sediment matrices using diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy //Environmental Chemistry Letters. – 2020. – Т. 18. – С. 1725-1730.
6. Vahur S. et al. Quantitative mineralogical analysis of clay-containing materials using ATR-FT-IR spectroscopy with PLS method //Analytical and Bioanalytical Chemistry. – 2021. – Т. 413. – №. 26. – С. 6535-6550.

КРАТКАЯ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНИЙ ФРАН) ОКРЕСТНОСТЕЙ ПСКОВА

Будников О.А., Цинкобурова М.Г.

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

Установление региональных стратиграфических подразделений франа востока Главного девонского поля (ГДП) было начато в тридцатые годы XX века, благодаря работам под руководством Р. Ф. Геккера и Д. В. Обручева удалось выделить серию слоев, впоследствии получивших статус субрегиональных подразделений [1]. В составе нижнего франа были выделены снетогорские, псковские, чудовские, дубниковские слои. Впоследствии псковские, чудовские, дубниковские слои были объединены в староизборскую свиту [2]. К сожалению, на данный момент установленные в XX веке субрегиональные подразделения (псковские, чудовские и нижняя часть дубниковских слоев) в обнажениях разграничиваются плохо, с середины XX века по позвоночным проводились и проводятся А.О. Ивановым и коллегами планомерные исследования, стратотипы чудовских и дубниковских слоев утрачены, необходимо переизучение имеющихся разрезов и выделение новых опорных и эталонных разрезов взамен утраченных.

Разрезы староизборской свиты характеризуются ритмичным строением, выделяется серия ритмов разного порядка, соответствующих трансгрессивно-регрессивным колебаниям франского моря. Наиболее крупная трансгрессия пришлась на чудовское время, в дубниковское время сменилась обширной регрессией [1]. Староизборская свита представлена преимущественно известняково-мергелистыми отложениями. Для карбонатных

пород характерно широкое распространение криноидейраковинами и створками брахиопод, встречаются бивальвии, гастроподы, тентакулиты.

Регион исследований. Были отобраны образцы известняков, которые были разделены на литотипы по определенным макро- и микроскопическим признакам. Образцы для исследования были взяты из следующих разрезов: действующего карьера близ деревни Коломно в 18 км к западу от г. Пскова (рис. 1-1), из отработанного карьера близ деревни Раздолье (рис. 1-2) и из протяженного обнажения на левом берегу р. Великая в районе урочища Выбуты (рис. 1-3), оба участка расположены в 10 км к югу от г. Пскова, на левом берегу р. Великая, недалеко от трассы Е 95.



Рис. 1. Расположение изученных разрезов:

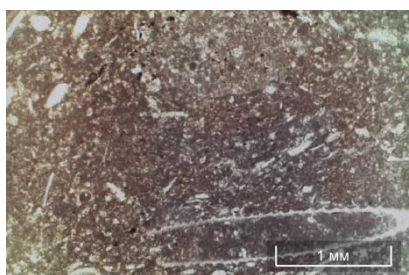
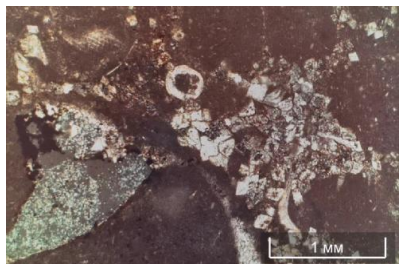
1 – Коломно, 2 – Раздолье, 3 – Выбуты. Фрагмент карты взят из Google Earth Pro

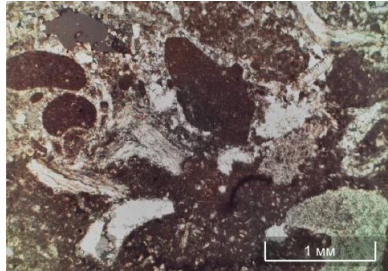
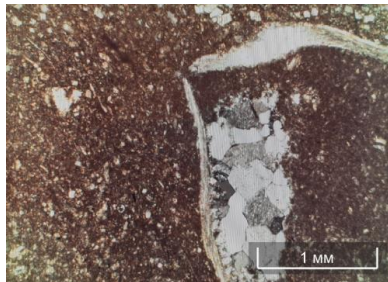
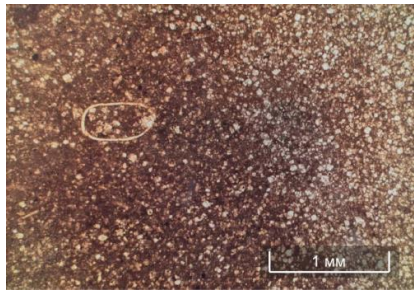
Полученные исследования позволяют выделить 5 доминирующих литотипов известняков изученной части разрезов староизборской свиты (табл.).

Материалы и методы. Данные образцы были отобраны из псковских и чудовских слоев староизборской свиты. Авторами были сделаны описания макроскопических признаков отобранных образцов и описание шлифов с последующим выделением основных литотипов пород. Микроскопические исследования шлифов были проведены на микроскопе ZEISS AxioImager 2.

Таблица

Литотипы пород староизборской свиты (нижний фран)

Изображение	Описание
 Удлиненный срез тентакулита в микритовом цементе	Брахиоподово-криноидный пакстоун. Детритовый известняк. Цемент микритовый с небольшими вторичными изменениями: перекристаллизацией и слабой доломитизацией. Органические останки представлены: остракодами (до 0,5 мм). Раковины перекристаллизованы. Кристаллизация проходила в два этапа. Сначала сильно перекристаллизовалась раковина, а после пустотное пространство заполнилось цементом; брахиоподами – удлиненные фрагменты (до 12 мм); гастроподами (до 3 мм); тентакулитами (до 0,75 мм); криноидеями (до 0,25 мм) Староизборская свита, нижний фран, Раздолье (рис. 1); шлиф взят с подошвенной части образца
 Фрагменты члеников криноидей и	Криноидно-брахиоподовый вакстоун. Детритовый известняк. Цемент микритовый подверженный выщелачиванию по ходам илюедов и дальнейшее вторичное изменение (перекристаллизация). Органические останки представлена: остракодами (до 0,25 мм); тентакулитами (до 0,25 мм); криноидеями (до 0,3 мм); брахиоподами (до 0,3 мм) – ринхонеллиды и спирифериды Органические останки распределена в цементе. Сохранность хорошая. Староизборская свита, нижний фран, Коломно (рис. 1); шлиф взят с кровельной части образца

раковины брахиоподы в микритовом цементе с кристаллами кальцита	
 Фрагменты брахиопод и криноидей сцементированные микритовым цементом	Криноидно-брахиоподовый грейнстоун. Органические останки представлена остракодами (до 0,5 мм), криноидеями (до 3 мм), брахиоподами (до 10 мм) и пеллетами. Все органические останки имеют плохую сортировку и хорошую сохранность. Пеллеты распространены между органическими останками в цементе. В породе цемент является микритовым с отдельными пятнами спарита. Вторичные изменения, а именно перекристаллизация проходила по местам воздействующей выщелачиванием на цемент. Прослеживается изменение гранулометрического состава от подошвы к кровле. Староизборская свита, нижний фран, Выбуты (рис. 1); шлиф взят с подошвенной части образца
 Фрагмент брахиоподы с кристаллом кальцита между раковиной в микритовом цементе	Брахиоподовый вакстоун. Детритовый известняк. Цемент микритовый со слабой перекристаллизацией и доломитизацией. Органические останки представлены: остракодами (до 0,75 мм). Распределены разрозненно в микритовом цементе. В хорошей сохранности такие органические останки как; брахиоподы (6 мм); тентакулиты (до 3 мм). Ориентировка фрагментов брахиопод и тентакулитов по слоистости. Староизборская свита, нижний фран, Раздолье (рис. 1); шлиф взят с подошвенной части образца
 Единичный фрагмент остракоды в спаритовом цементе.	Мадстоун. Известняк сильно вторично изменен. Кальцитизация цемента и сильная доломитизация. Присутствует единичный фрагмент остракоды (до 0,25 мм). Староизборская свита, нижний фран, Раздолье (рис. 1); шлиф взят с подошвенной части образца

Выделенные литотипы свидетельствуют о том, что формирование пород староизборской свиты шло в условиях шельфовой части морской бассейна. Обстановки осадконакопления сменялись от области открытого шельфа ниже базы волнения до границы волновой зоны.

Литература

1. Вербицкий В. Р., Журавлев А. В., Ненашев Ю. П. Диахронность границ местных стратиграфических подразделений на примере среднефранских отложений запада Российской части Главного девонского поля // Историческая и региональная геология в системе геологического образования. – 1999. – С. 125-131.
2. Сорокин В. С. Этапы развития северо-запада Русской платформы во франском веке. – Zinatne, 1978.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ БАССЕЙНА ОЗЕРА САГАН-НУР ЗА ПОСЛЕДНИЕ 8600 ЛЕТ

Волчатова Е.В., Безрукова Е.В., Решетова С.А., Кербер Е.В.
Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

Фиторазнообразие региона тесно связано с его климатическим режимом [3]. Растительность, сформировавшаяся при определенных параметрах температуры воздуха, почвенных и гидрологических условий, световом режиме и других факторах, может изменяться, если изменяется даже один из этих факторов.

Климатический фактор, включающий в себя колебания суточных, сезонных, многолетних температур, а также влажность или сухость почв и воздуха, является наиболее важным фактором в изменении растительности. Понимание долгосрочных взаимосвязей между разнообразием растений и изменением климата потенциально может стать отправной точкой для будущих стратегий управления ландшафтом и сохранения биоразнообразия в регионе.

Объектом предлагаемых исследований является изменение таксономического альфа-разнообразия в голоцене в котловине озера Саган-Нур, которое находится на Окинском плато, Республика Бурятия, на высоте 1612 м над уровнем моря.

В настоящее время на Окинском плато доминируют лиственничные из *Larix sibirica* леса и редколесья, характерные для горно-таежного пояса континентального и резкоконтинентального климатических секторов Алтае-Саянской горной области. Степная растительность занимает хорошо прогреваемые южные склоны и вместе с лугами в долинах рек составляет основные пастбищные угодья [3].

В водосборном бассейне и на берегах оз. Саган-Нур преобладают лиственничные кустарниковые редколесья, долинная лугово-болотная растительность, иногда с елями *Picea obovata* и лиственницами, лиственничные моховые, лиственничные иногда с сосной сибирской *Pinus sibirica* леса и редколесья [7].

Керн длиной 187 см был получен из донных отложений оз. Саган-Нур в 2020 г. Возраст отложений определен по массе осадка радиоуглеродным методом для пяти образцов. Возраст основания керна составил 8650 лет. Палинологический анализ был проведен для каждого второго сантиметра отложений в керне [1]. Также методом разрежения [4] было рассчитано видовое разнообразие палинотаксонов в бассейне озера Саган-Нур за последние 8650 лет. Результаты представлены на графике (рис.)

Визуальным методом на кривой палинотаксономического разнообразия выделяются три этапа. Эти три этапа хорошо соотносятся с результатами кластерного анализа CONISS для спорово-пыльцевых спектров этого же керна [1].

Самый ранний этап, примерно 8650–7000 л.н., характеризуется высоким фиторазнообразием и относительной стабильностью этого показателя. Реконструкции на основе результатов спорово-пыльцевого анализа показывают господство древесной и кустарниковой растительности в бассейне озера 8650–7000 л.н. Однако в фиторазнообразии этого интервала времени доминируют травянистые таксоны. Вероятно, на протяжении самого раннего интервала времени, в течении полутора тысячи лет, климат и гидрологический режим бассейна озера Саган-Нур значительно не изменялись, что и получило отражение в почти неизменном характере полиномиальной кривой.

Позднее, ~ 7000 л–2500 л.н., количество палинотаксонов, отражающих фиторазнообразие растительных таксонов в котловине озера Саган-Нур, постепенно снижается.

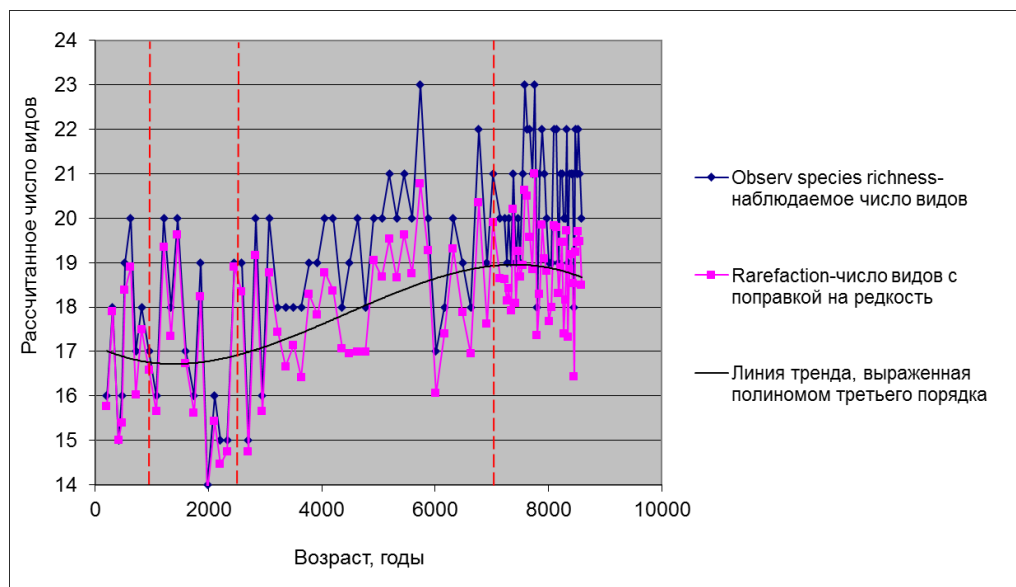


Рис. Таксономическое разнообразие в бассейне озера Саган-Нур за последние 8650 лет

Согласно исследованиям динамики ледников юга Восточной Сибири, предполагается, что в среднем голоцене происходило активное таяние позднелейстоценовых ледников, вплоть до полного их исчезновения. Вызвано это было повышением уровня летней инсоляции и повышением средних температур воздуха [6].

Исчезновение ледников приводило к снижению уровня регионального/локального базиса эрозии, а также снижению влажности почв, смене климатического и гидрологического режима, и, в итоге, к снижению видового разнообразия.

Реконструкции на основе палинологического анализа показывают, что в интервале ~ 7000–2500 л.н. [1] снижается значение долинных еловых лесов и кустарниковой растительности, также более бедным становится таксономический состав травянистой растительности. Возможно, эти тенденции и привели к снижению значений рассчитанного фиторазнообразия (рис. 1).

В последние ~ 1000 л.н. полиномиальная кривая фиторазнообразия снова начинает расти, что может быть связано с установлением в регионе более холодного [2], чем ранее, климата и стабилизацией гидрологического режима. Реконструкции на основе результатов палинологического анализа показывают значительное обеднение таксономического состава травянистой растительности бассейна и котловины озера Саган-Нур [1]. Возможно, что развитие более открытых ландшафтов на исследуемой территории в позднем голоцене привело к большему разнообразию экологических и микроклиматических условий для других растительных таксонов. Подтверждение гипотезы о повышении фито- и палинологического разнообразия при снижении процента лесопокрытия и увеличении площадей свободных от лесной растительности, например, находится, при расчёте индексов фиторазнообразия для позднего голоцена окрестностей озера Телецкое [5].

В целом, рассчитанное число видов исследуемой территории за последние 8650 лет снизилось с 23 до 16. Таксономический состав растительности, в целом, остался таким же, каким был в мегалайской эпохе. Это позволяет заключить, что за последние 8600 лет в котловине озера Саган-Нур резкой смены фиторазнообразия не происходило.

Литература

1. Безрукова Е. В. и др. Растительность и климат Окинского плато (Восточный Саян) в последние 8.2 тысяч лет: на примере Бассейна Оз. Саган-Нур //Актуальные проблемы современной палинологии. – 2022. – С. 42-46.
2. Безрукова Е.В. и др. Первые реконструкции ландшафтно-климатических изменений в центральной части Окинского плато (Восточный Саян) в среднем-позднем голоцене // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. – Т. 506, № 1. – С. 104-110. – DOI 10.31857/S2686739722600722.
3. Кучеров И. Б. Линейная зависимость состава и обилия видов растений от климатических факторов на суходольных лугахсевера и северо-запада Европейской России //Фиторазнообразие Восточной Европы. – 2016. – Т. 10. – №. 2. – С. 4-32.
4. Siegel A. F. Rarefaction curves //Encyclopedia of statistical sciences. – 2004. – Т. 10.
5. Rudaya N. et al. Quantitative reconstructions of mid-to late holocene climate and vegetation in the north-eastern altai mountains recorded in lake teletskoye //Global and Planetary Change. – 2016. – Т. 141. – С. 12-24.
6. Stepanova O. G. et al. Glacier dynamics in the southern part of East Siberia (Russia) from the final part of the LGM to the present based on from biogeochemical proxies from bottom sediments of proglacial lakes //Quaternary International. – 2019. – Т. 524. – С. 4-12.
7. Vladimirov I. N. et al. Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) //Geography and Natural Resources. – 2019. – Т. 40. – С. 264-274.

ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОТУОБИНСКОГО ГОРИЗОНТА (V_{BT}) ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ

Герасимов С.А.

Научный руководитель доцент Гершелис Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ) находится в юго-западной части Республики Саха (Якутия), на территории Ленского и Мирнинского районов (улусов), 170 км западнее месторождения находится г. Ленск, 240 км юго-западнее г. Мирный.

Месторождение располагается в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, в которую в свою очередь входит в Непско-Ботубинскую нефтегазоносную область. По величине запасов углеводородов месторождение относится к категории уникальных (приблизительно 1,2 трлн м³ газа и 61,2 млн тонн нефти, а также конденсата), по геологическому строению - к очень сложным. По размещению залежей месторождение многопластовое. Толщина нефтенасыщенных отложений варьируется от 5,2 до 12,6 м.

Промышленная продуктивность доказана в следующих терригенных отложениях:

- ботубинский горизонт (10 залежей);
- хамакинский горизонт (21 залежь);
- талахский горизонт (11 залежей).

В пределах Чаяндинского НГКМ выделено пять крупных тектонических блоков: Северный, Южный I, Южный II, Саманчакинский и Восточно-Талаканский. Основные запасы нефти на месторождении размещены в пределах северного и южного блоков ботубинского горизонта. [1]

Район Чаяндинского НГКМ в геологическом строении сложен нижнепротерозойскими образованиями кристаллического фундамента, а также отложения венда, кембрия, юры и четвертичных отложений, формирующих осадочный чехол.

Ботубинский продуктивный горизонт входит в состав буюской свиты, которая группируется двумя подсвитами: нижней (терригенная) и верхней (карбонатной). Нижняя часть буюской свиты складывается преимущественно светло-серыми и серыми песчаниками, реже белыми, по составу кварцевыми, реже

полевошпатово-кварцевыми, разной зернистости. Верхняя часть представлена отложениями доломитов, ангидрито-доломитов, а также прослоями доломитовых мергелей и аргиллитов. Мощность буюкской свиты колеблется в интервале от 28 до 150 м [5].

СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ЯРУС	ГОРИЗОНТ	СЕРИЯ	СВИТА	ПОДСВИТА	ПРОД. ГОР.	ГЛУБИНА, м	ЛИТОЛОГИЯ	КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПОРОД	ВОДОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	ВОДОНОСНЫЕ ГОРИЗОНТЫ	ГЛУБИНА ЗАЛЕГАНИЯ, м	ТОЛЩИНА, м
БЕЦД	PR	R ₁	ТИРСКИЙ	БЮКСКАЯ	песчаная	II	I	1640		Доломиты, ангидрито-доломиты серые с прослоями мергелей и аргиллитов. Толщина 95-102 м.				
								1680		Пестроокрашенные аргиллиты с прослоями алевролитов, доломитов и песчаников. В нижней части песчаники среднекрупнозернистые.		ботубинский		
								1720		Песчаники светло-серые, кварцевые, разномзернистые. Толщина 24-26 м.		камчатский		
								1760		Песчаники светло-серые, кварцевые, разномзернистые. Толщина 24-26 м.				
								1800		Песчаники коричнево-серые, буровато-зеленовато-серые участками глинистые. Толщина 32-97 м.		тапакский		
								1840		Песчаники коричнево-серые, буровато-зеленовато-серые участками глинистые. Толщина 32-97 м.				
								1880		Песчаники кварцевые светло-серые до белых с тонкими прослоями аргиллитов и алевролитов бурых и зеленовато-серых. Толщина 0-65 м.		вильчешинский		
								1920		Пестроокрашенные доломитовые мергели с редкими прослоями доломитов, алевролитов и песчаников. Толщина 0-120 м.				1500-2000
								1960		Переслаивание песчаников пестроокрашенных мелкозернистых, алевролитов и аргиллитов. Толщина 0-36 м.				42-610
								2000		Граниты, диориты, амфиболиты, плагитогнейсы. Вскрытия толщина 74 м.				

Рис. Литолого-стратиграфический разрез в интервале продуктивных отложений Чаяндынского НГКМ

Для восстановления истории условий формирования продуктивных отложений ботубинского горизонта специалистами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» были выполнены анализы и комплексные экспериментальные исследования керна скважины № 321-40 и 321-41 пробуренных в северной части Чаяндынского НГКМ, так как именно в этой части исследуемый горизонт имеет преимущественное распространение.

Результаты изучения шлифов керна скважины № 321-40 позволили установить, что отложения ботубинского горизонта сложены мелко-среднезернистыми сильноалевритистыми песчаниками, а также песчаностыми алевролитами. Размер зерен имеет величину от 0,03 до 0,7 мм. Наибольшее содержание в образце выявлено фракцией 0,1–0,3 мм. (средний размер 0,18 мм.) Коэффициент сортировки зёрен 1,3–1,6, степень сортировки обломков высокая. Минеральный состав обломков позволяет отнести их к песчаникам мономиктовым кварцевым. Содержание кварца составляет 90–98 % от суммарного содержания обломков. Зерна кварца имеют изометричную форму, степень окатанности средняя. Песчаники с содержанием цемента от 1 до 6 %, цемент различного состава (иллитовый с примесью хлорита, ангидритовый и карбонатный), тип порово-базальный. По результатам гранулометрического анализа были получены следующие данные: пористость в пределах ботубинского горизонта варьируется в интервале 7,3–23,1 % (ср.знач. 14,6 %), диапазон значений проницаемости породы 1,19–3000 мД. [5]

В результате изучения шлифов керна скважины № 321-41 получили следующие данные: в данной скважине отложения ботубинского горизонта представлены преимущественно мелко-среднезернистыми песчаниками, реже встречаются песчаностые алевролиты. Аналогично образцу из скважины № 321-40 размер зерен имеет величину от 0,03 до 0,7 мм, преобладает фракция 0,1–0,3 мм (средний размер 0,18 мм). Коэффициент сортировки зёрен 1,3–1,6, степень сортировки обломков высокая. Минеральный состав обломков позволяет отнести их к песчаникам мономиктовым кварцевым. Содержание кварца составляет 85–94 % от суммарного содержания обломков. Зерна кварца имеют изометричную форму, степень окатанности средняя. Параметры цемента также аналогичны. По результатам гранулометрического анализа были получены следующие данные: пористость в пределах ботубинского горизонта варьируется в интервале 1,5–24,1 %, диапазон значений проницаемости породы 1,21–1864 мД, большая часть образцов имеет значения проницаемости от 100 до 1000 мД, среднее значение проницаемости в целом по пласту 400–600 мД.

Отталкиваясь от ранее проведённого анализа условий формирования стратиграфических комплексов в районе ЧНГКМ, а также полученных результатов комплексных исследований керна по скважинам № 321-40 и 321-41, были проведен литолого-фациальный анализ и сделан вывод о том, что в пределах ботубинского горизонта возможно выделение нескольких комплексов фаций: элювиального, литорального и сублиторального. [5]

Для данных комплексов фаций были сформированы 6 литотипов (таблица).

Таблица

Основные литотипы пород ботубинского горизонта [5]

Фация	Литотип
Фация супралиторали	Комковатые и брекчиевидные текстуры, трещины усыхания, микроразмывы. В минеральном составе пород часто присутствуют микрозернистый кальцит и ангидрит.
Фация илово-песчаных отложений межприливной зоны	Песчано-глинистые осадки с отчетливыми генетическими признаками, выраженными в равномерном переслаивании илового и песчаного материала с характерной косоволнистой, линзовидной, горизонтально- и волнисто-линзовидной текстурой.
Фация преимущественно иловых отложений межприливной зоны	Объединяет глинистые и алевро-глинистые породы, которым свойственны буроватые оттенки, неотчетливые текстуры, следы перемешиваний.
Фация приливных каналов	Разнозернистые песчаники с тем или иным содержанием обломков пород, с косою слоистостью. Как правило, песчаники сменяются вверх по разрезу крупнозернистыми кварцевыми алевролитами и песчано-глинистыми породами
Фации берегового склона	Обломочный материал песчаной размерности с небольшим содержанием пелитовой и алевроитовой примеси. Для песчаников характерны косые бимодальные текстуры; обломочный материал в них, представленный преимущественно кварцем и полевыми шпатами, хорошо окатан и отсортирован
Фация мелководного шельфа	Темно-серые аргиллиты, глинистые алевроиты и, реже, алевроитовые песчаники. Особенности отложений являются преимущественно глинистый состав с подчиненной ролью песчано-алевритового материала, преобладающая темно-серая окраска, тонкослоистые (горизонтальные и линзовидные) текстуры.

Литература

1. Рыжов А.Е. Типы и свойства терригенных коллекторов венда Чаяндинского месторождения // Вести газовой науки. – 2013. – 1(12). – С 145-160.
2. Рединг Х. Обстановка осадконакопления и фации. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 350 с.
3. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановка терригенного осадконакопления. Пер. с англ. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
4. Ивченко О.В. Зависимость удельной продуктивности скважин от их фациальной принадлежности и засоления коллекторов на примере ботубинского горизонта Чаяндинского месторождения // Территория Нефтегаз. – 2013. – №3. – С 24-29.
5. Ивченко О.В. разработка комплекса исследований по выявлению зон повышенной продуктивности в пределах месторождений углеводородов непско-ботубинской антеклизы: – Ставрополь, 2022 г. – 145 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Гопп Д.Д.

Научный руководитель старший преподаватель Хопта И.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Отложения доманикового горизонта распространены продольно Уралу от Печорского моря до Прикаспийской синеклизы, проходя через Республики Татарстан и Башкортостан. Доманиковые отложения представлены битуминозными глинистыми, глинисто-карбонатными, кремнисто-глинисто-карбонатными и кремнистыми породами, содержащими рассеянное ОВ сапропелевого типа, концентрации которого на территории Республики Татарстан колеблется в пределах от 4 до 12 %. Эти отложения считаются высокопродуктивной нефтегазоматеринской толщей [1].

Распределение геохимических параметров мендынского горизонта (рис. Б, Г) показывает, что миграция битумоидов происходила с западного и юго-восточного направлений в южное и северо-восточное направления относительно всей территории Республики Татарстан. Это свидетельствует о том, что их формирование и скопление приурочено к западной части Южно-Татарского свода и южной части Мелекесской впадины.

На основании распределения геохимических показателей доманикового горизонта (рис. А, В) можно сделать выводы о том, что миграция битумоидов происходила с юго-восточного, северного и западного направлений в южное направление относительно всей территории Республики Татарстан. Формирование и скопление битумоидов

происходило в южной части Северо-Татарского свода и северной части Казанско-Кировского прогиба. Большие концентрации органического вещества находятся в северо-западной и северной частях Республики Татарстан.

На основании распределения содержания органического углерода ($C_{орг}$) доманикового горизонта (рис. Д) установлено, что максимальные значения $C_{орг}$ находятся в восточной части Северо-Татарского свода ($C_{орг} = 36,36 \%$), юго-западной части Мелекесской впадины ($C_{орг} = 26,77 \%$) и центре Южно-Татарского свода ($C_{орг} = 17,44 \%$). Минимальные значения $C_{орг}$ доманиковые отложения имеют в юго-восточной части Южно-Татарского свода ($C_{орг} = 3,03 \%$) и западной части Южно-Татарского свода ($C_{орг} = 4,38 \%$). Среднее значение $C_{орг}$ на данной территории составляет $10,12 \%$. При анализе карты можно увидеть, что увеличение значений $C_{орг}$ происходит в северо-западном и восточном направлениях относительно всей территории Республики Татарстан.

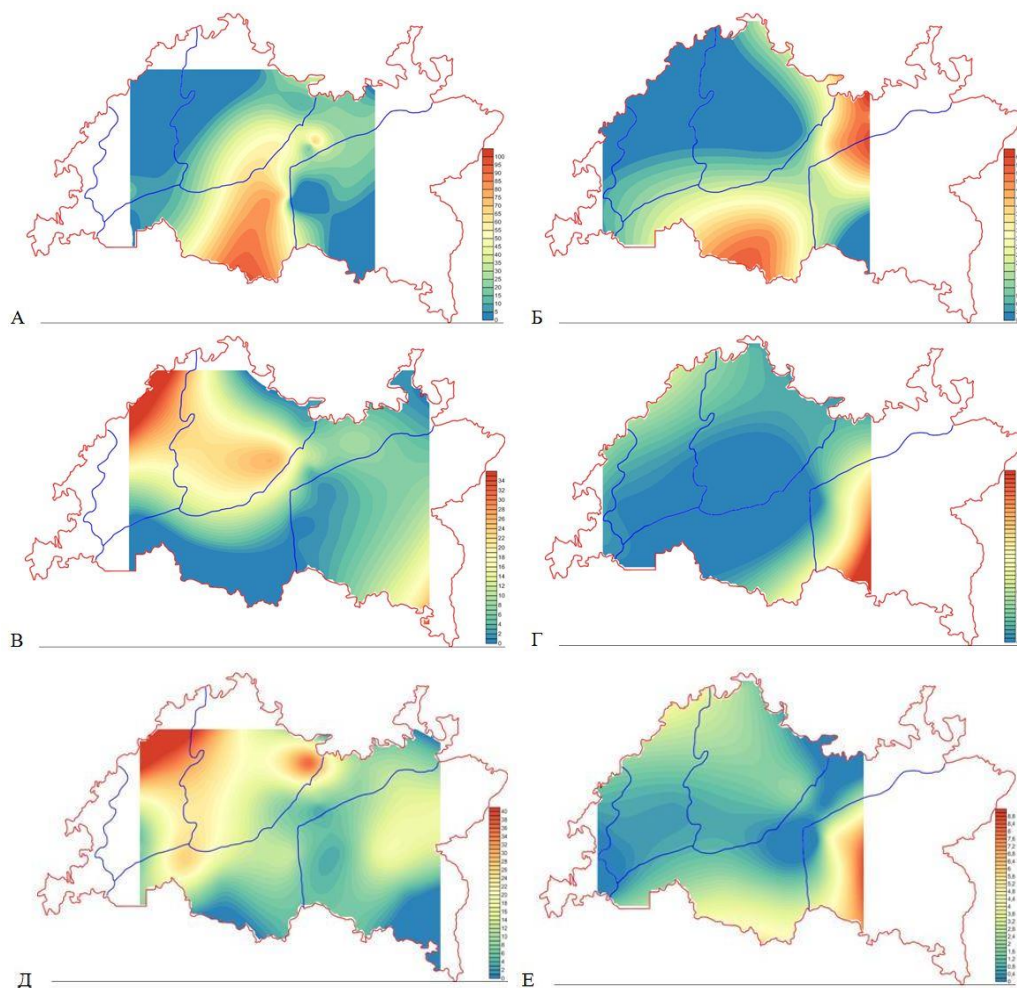


Рис. Карта распределения содержания: битумоидного коэффициента доманикового горизонта (А) и мендымского горизонта (Б); коэффициента нейтральности доманикового горизонта (В) и мендымского горизонта (Г); органического углерода доманикового горизонта (Д) и мендымского горизонта (Е)

Из распределения содержания органического углерода ($C_{орг}$) мендымского горизонта (рис. Е) можно сделать выводы о том, что максимальное значение $C_{орг}$ имеет в западной части Южно-Татарского свода ($C_{орг} = 3,77 \%$) и южной части Мелекесской впадины ($C_{орг} = 3,36 \%$). Минимальные значения $C_{орг}$ отмечены в центральной части Мелекесской впадины ($C_{орг} = 0,04-0,07 \%$) и западной части Южно-Татарского свода ($C_{орг} = 0,06 \%$). Среднее значение $C_{орг}$ составляет $1,8 \%$. Увеличение значений $C_{орг}$ происходит в восточном, южном и северо-западном направлениях относительно всей территории Республики Татарстан.

Процессов миграции битумоидов из доманикового горизонта в мендымский не было.

Литература

1. Зайдильсон М. И. Формирование и нефтегазоносность доманикоидных формаций: Сб. науч. тр. – Наука, 1990.

**ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРФЕНОВСКОГО ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА
ВЕНДА АНГАРО-ЛЕНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Горайнов Д.С.^{1,2}

Научный руководитель старший научный сотрудник Вараксина И.В.²

¹*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

²*Институт нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия*

Терригенные отложения венда относятся к одному из главных нефтегазоносных комплексов Ангаро-Ленской НГО, наиболее перспективным объектом которого считается парфеновский продуктивный горизонт [1–4]. Он состоит преимущественно из песчаников, залегает в основании верхней подсвиты чорской свиты венда, подстилается алеврито-глинистыми отложениями нижней подсвиты и перекрывается карбонатными породами катангской свиты [3]. Проведенные исследования показали, что данный горизонт характеризуется неоднородным строением и изменчивостью коллекторских свойств. На основании литологического анализа кернового материала с привлечением геофизических данных пяти скважин, пробуренных в центральной части Ангаро-Ленского месторождения, в составе горизонта выделены следующие пачки.

Нижняя пачка № 1 представлена неравномерным переслаиванием горизонтальнослоистых аргиллитов алевритистых и алевролитов глинистых с редкими маломощными прослоями песчаников, роль которых постепенно увеличивается вверх по разрезу. Наблюдаются градационные микроциклы с переходом от песчаников средне-мелкозернистых к алевролитам и алевро-аргиллитам, представляющие собой темпеститы, на которых отлагались фоновые тонкозернистые осадки. По минералогическому составу алевролиты полевошпат-кварцевые, песчаники полевошпат-литито-кварцевые, слюдястые. Породы часто микрослойчатые за счет послойного распределения различных фракций, иногда наблюдается обогащение отдельных слоев обломочной слюдой и/или пиритом. Среди цементов наиболее развит хлорит-гидрослюдистый пленочно-порового типа. Судя по составу и доминированию горизонтальнослоистых текстур, накопление пачки проходило в пределах мелководного шельфа, возможно дельтового залива, с преимущественно глинистой седиментацией и периодическим внедрением алевро-песчаников во время штормов. В верхней части наблюдается постепенное выдвижение прибрежных баровых и/или аллювиальных систем, которые перерабатывались морскими течениями. В южном направлении наблюдается значительное увеличение мощности пачки от 6,0 до 30,0 м. Фильтрационно-емкостные свойства низкие: пористость в основном ниже 2 %, проницаемость менее $0,01 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$.

В пачке № 2 доминируют песчаники разнозернистые, слагающие циклы заполнения дельтовых русел. В полных циклах наблюдается уменьшение зернистости вверх по разрезу от песчаников средне-крупнозернистых гравелитистых с косой однонаправленной слоистостью к алевро-песчаникам и алевро-аргиллитам горизонтальнослоистым. Однако, в большинстве случаев кровельные части циклов переработаны приливно-отливными течениями. По составу породы полевошпат-литито-кварцевые с глинистым, часто с примесью окислов или гидроокислов железа, цементом порово-пленочного типа и более редким микроплатнистым пойкилитовым доломитовым цементом. С севера на юг происходит уменьшение мощности пачки от 15,0 м до полного выклинивания. Пористость изменяется от 2 до 17 %, проницаемость от $0,01$ до $100 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$, преобладающие значения 5 % и $0,1 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$ соответственно.

Пачка № 3 сложена песчаниками мелкозернистыми и средне-мелкозернистыми с подчиненными прослоями алевролитов и алевро-аргиллитов. Песчаники полевошпат-литито-кварцевые с разнообразными типами цементов: пленочным гематитовым, регенерационным кварцевым, поровыми доломитовым и битуминозным, которые имеют неравномерное распространение и незначительное содержание (общее количество не более 10 %). Широко развито бесцементное сочленение зёрен с инкорпорационными и микростилолитовым контактами. Среди текстур преобладают массивная, полого- и субгоризонтально-слоистая. Фиксируются циклы с нечетко выраженным укрупнением зернистости вверх по разрезу, формирующие системы баров, верхние части которых нередко переработаны приливно-отливными протоками. Эпизодически происходило внедрение более глинистых осадков прибрежных илистых равнин (или мелководного дельтового залива), наиболее активно проявленное на юге. Мощность пачки в северных разрезах около 45,0 м, в южных около 30,0 м. Пористость в основном меньше 5 % (в среднем 3 %), за исключением прикровельной части пачки, где её значения варьируют от 5 до 8 %. Проницаемость варьирует от $0,001$ до $0,02 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$, а в прикровельной части от $0,01$ до $0,5 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$.

Верхняя пачка № 4 представлена песчаниками разнозернистыми с пологой косой и тонкой субгоризонтальной слоистостью, нередко формирующими аллювиальные циклы с эрозийной границей в подошве и прослоями алевро-аргиллитов в кровле. В северных разрезах русловые циклы выражены более отчетливо, при этом песчаники в прикровельной части пачки становятся более крупнозернистыми. В южном направлении отмечается постепенное усиление влияния приливно-отливных течений на седиментацию в руслах, при этом мощность пачки уменьшается от 11,0 до 2,0 м, а в крайнем южном разрезе русловые отложения отсутствуют. По составу породы в основном полевошпат-литито-кварцевые, в кровле горизонта литито-полевошпат-кварцевые и полевошпат-кварцевые. Цементы кварцевый регенерационный и глинистый порово-пленочный присутствуют повсеместно, но в малых количествах (≤ 5 %). Доломитовый цемент встречается в виде редко рассеянных монокристаллических выделений в порах и его содержание обычно не превышает первых процентов. Практически для всей пачки за исключением подошвенной и кровельной частей характерно присутствие довольно значительного количества (до 10 %) битуминозного вещества, выступающего в качестве порового цемента. Нередко наблюдается присутствие всех типов цемента одновременно, причем распределение его неравномерное пятнистое. Пористость 3–15 %, при средних значениях около 6 %, проницаемость $0,001$ – $1,2 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$, в среднем $0,1 \text{ мкм}^2 \times 10^{-3}$.

Изучение литологических особенностей парфеновского горизонта позволило сделать вывод о том, что его накопление на территории исследования происходило преимущественно в пределах дельтового комплекса, активно перерабатываемого приливно-отливными течениями. На начальном этапе в пределах изученного участка существовали обстановки мелководного шельфа с преимущественно глинистой седиментацией и периодическими взбросами алевро-песчаного материала во время штормов, на который с севера-северо-запада постепенно началось выдвижение баровых систем, а в период наиболее низкого стояния уровня моря аллювиальных русел. В дальнейшем по мере развития трансгрессии стали доминировать отложения прибрежных баров, редко дельтовых русел, переработанных приливно-отливными процессами. Максимум трансгрессии отчетливо фиксируется в самом южном разрезе по увеличению роли алевро-аргиллитов. Последующее понижение относительного уровня моря привело к смене преимущественно прибрежно-баровых обстановок русловыми. С севера на юг наблюдается постепенное уменьшение роли русловых процессов и усиление влияния моря.

Минералогический и гранулометрический анализы показали, что первичные коллекторские свойства зависели от условий седиментации, но были значительно ухудшены постседиментационными процессами. Наиболее высокие значения пористости и проницаемости наблюдаются в более крупнозернистых плохо сортированных песчаниках дельтовых русел, отличающихся высоким содержанием обломков глинистых пород и преобладанием глинистого или глинисто-гематитового цемента, которые препятствовали развитию вторичных цементов. Песчаники баровых комплексов с более хорошей сортировкой и меньшим содержанием глинистых литокластов, характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Широкое развитие инкорпорационных и микролитологических контактов между зернами в них свидетельствует о значительном сокращении первичного пустотного пространства в результате уплотнения. Дополнительным фактором, ухудшающим пористость и проницаемость, стала минерализация остаточных пор кварцевым или карбонатным цементами. Таким образом, коллекторский потенциал парфеновского продуктивного горизонта понижается в средней части разреза, а также наблюдается его общее снижение в южном направлении.

Работа выполнена в Институте нефтегазовой геологии и геофизики Сибирского отделения Российской академии наук в рамках темы FWZZ-2022-0008 Государственной программы фундаментальных научных исследований.

Литература

1. Дробот Д. И. и др. Нефтегазоносность докембрийских отложений сибирской платформы, перспективы подготовки и освоения их углеводородного потенциала // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – №. 1. – С. 110-20.
2. Конторович А. Э. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. – 1994.
3. Рыбьяков Б. Л. и др. Перспективы нефтегазоносности венд-кембрийских отложений южной части Сибирской платформы // Методика разведки и условия формирования нефтегазоносных отложений Сибирской платформы: сб. науч. Тр. СНИИГГиМС. – 1991. – С. 3-10.
4. Мельников Н. В. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления // Гео. – 2005. – Т. 428.

ЭТАПЫ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ РАЙОНОВ СО СЛАБОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТЬЮ НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО САХАЛИНА Дегтярев В.А.

Научный руководитель старший научный сотрудник Каменев П.А.
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, Россия

Изучение истории тектонического развития Сахалина, его структурной эволюции, установление направлений напряжений обусловивших формирование различных структурных парагенезов, а также периодов их действия позволяет снизить геологические риски, связанные с поиском и разведкой месторождений УВ. Также, в последнее время, нефтегазовые компании, осуществляющие добычу УВ на Сахалине и его шельфе, проявляют интерес к геолого-геохимическому (бассейновому) моделированию с целью локализации перспективных участков [4]. На сегодняшний день выполнен большой объем геохимических исследований нефтематеринских пород Сахалина и оценен их нефтегенерационный потенциал. При этом остаются открытыми вопросы геодинамики, которые являются не менее важными для геолого-геохимического (бассейнового) моделирования районов с высокой степенью тектонической активности, к которым относится о.Сахалин.

Район исследования расположен на западном побережье острова Сахалин, в центральной его части, от реки Никифоровка на севере, до реки Лесогорка на юге. Протяженность участка с севера на юг составляет 35 км, с запада на восток – 17 км. Общая площадь участка составляет 561 км², на долю акватории приходится 131 км² (в исследовании изучается только доступная прямому наблюдению суша).

Область исследования относится к западному склону Западно-Сахалинских гор. На выделенном участке наблюдается непрерывный разрез кайнозойских терригенных отложений палеоцен-позднемиоценового возраста, залегающих с разрывом, но без углового несогласия на верхнемеловых терригенных отложениях. В общем виде, структура района исследования представляет собой моноклинал с западным падением слоев, осложненная складками более низких порядков и сетью разломов различной кинематики. В работах последних лет, Западно-Сахалинские горы рассматриваются как Западно-Сахалинский террейн, который представляет собой отложения восточного борта междугорного прогиба активной континентальной окраины [1, 2, 3].

Поскольку речь идет о районах с низкой степенью геолого-геофизической изученности, в работе предпринята попытка дать ответы на поставленные задачи используя общедоступную геологическую информацию, собственные полевые исследования, а также современные возможности геологического моделирования. Основные проведенные этапы исследования отражены в следующих пунктах:

- 1) Сбор материалов исследований прошлых лет.
- 2) Создание проекта в ГИС системе и наполнение базы данных.
- 3) Собственные полевые исследования и дополнение базы данных.
- 4) Объединение разнородной информации в единую модель.

В результате была создана единая геологическая карта района исследования в ГИС системе, что позволяет свободно экспортировать эти данные в любое специализированное ПО и использовать при дальнейшем моделировании (рис.). А также создана цифровая база данных геологических объектов. Участок исследований характеризуется низкой степенью геолого-геофизической изученности. На участке не проводились сейсморазведочные работы, а также отсутствуют скважины глубокого бурения. Поэтому исходной информацией для моделирования служит актуальная геологическая карта и массовые замеры элементов залегания (585 шт).

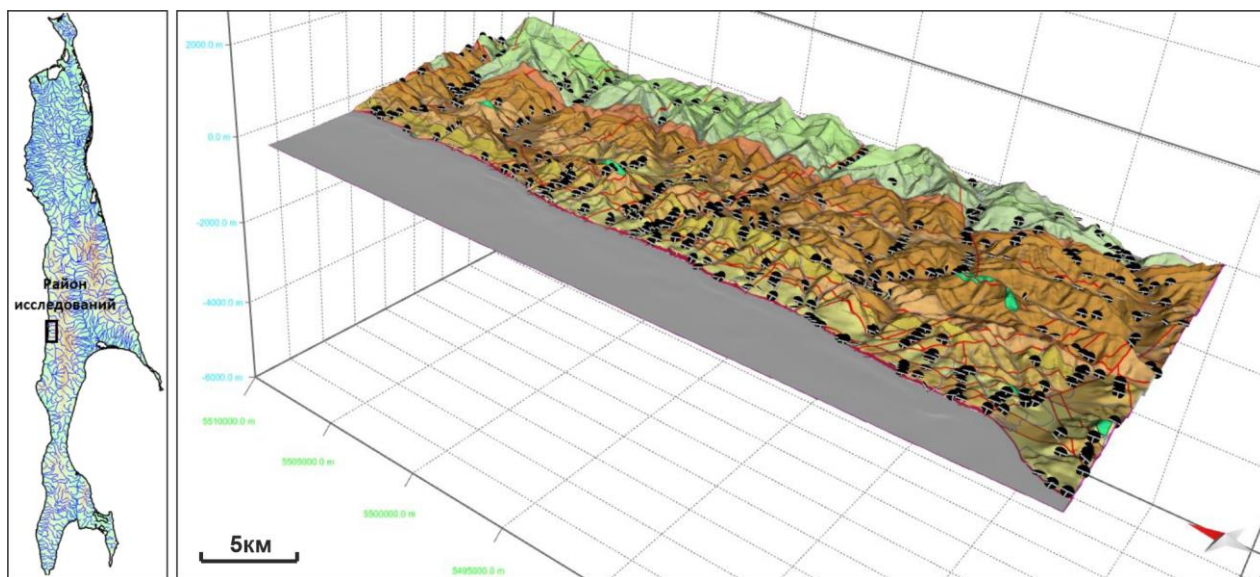


Рис. Полученная актуальная геологическая карта, наложенная на современную поверхность рельефа

На текущем этапе работ, выделяются структурные парагенезы и определяется очередность их формирования. Строятся серии сбалансированных профилей 2D и структурная модель 3D. На заключительном этапе предполагается провести палинспастические реконструкции 2D/3D, которые позволят проследить структурную эволюцию участка исследований.

Предлагаемый в работе подход к проведению палеогеодинамических реконструкций районов со слабой геолого-геофизической изученностью на основе синтеза работ прошлых поколений геологов, собственных исследований и возможностей геологического моделирования позволяет решать геологические задачи, актуальные для регионов с высокой степенью тектонической активности.

Литература

1. Голозубов В. В., Касаткин С. А., Гранник В. М. Деформации позднемиоценовых и кайнозойских комплексов Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. – 2012.
2. Голозубов В. В. и др. Дислокации меловых и кайнозойских комплексов северной части Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. – 2016. – №. 4. – С. 105-120.
3. Гранник В. М. Геология и геодинамика в южной части Охотоморского региона в мезозое и кайнозое. – Дальнаука, 2008.
4. Моделирование процессов нефтегазогенерации и аккумуляции в мощных кремнистых толщах Северо-Сахалинского осадочного бассейна (о. Сахалин) / А.В. Левин, Т.Е. Шлевин А. В. и др. Моделирование процессов нефтегазогенерации и аккумуляции в мощных кремнистых толщах Северо-Сахалинского осадочного бассейна (о. Сахалин) // Углеводородный потенциал Дальнего Востока 2021. – 2021. – С. 4-4.

**ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД
ХАМАКИНСКОГО ГОРИЗОНТА ЧАЯНДИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Егорова А.С.

Научный руководитель доцент Недоливко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В течение последних нескольких лет пристальное внимание уделяется изучению и освоению Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ), являющегося одним из крупнейших нефтегазоконденсатных месторождений в Восточной Сибири, по запасам приуроченному к статусу уникальных и стратегически важных объектов РФ. Несмотря на то, что месторождение было открыто в 1983 году, добыча нефти и газа началась лишь в 2019 году. Главной целью проведения исследований является литологическая характеристика пород-коллекторов, приуроченных к хамакинскому продуктивному горизонту.

Территориально Чаяндинское месторождение относится к Республике Саха (Якутия), располагается в пределах Ленского и Мирнинского района, в 170 км западнее от г. Ленска, в 240 км г. Мирный. Ближайший населенный пункт Айхал находится северо-восточнее, в 85 км от лицензионного участка. Согласно нефтегазгеологическому районированию, месторождение расположено в Непско-Ботубинской нефтегазоносной области Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции.

Чаяндинское НГКМ приурочено к северо-восточной части Непского свода, на стыке Мирнинского выступа и Ньюско-Джербинской впадины Предпатомского прогиба. В ходе детального изучения сети разломов был проведен анализ гравитационного поля, а также рассчитан градиент гравитационного поля. По уточненным сейсмическим данным месторождение находится на пересечении трех суперблоков Сибирской платформы: Талаканского, Чаяндинского и Предпатомского. Наибольшее количество залежей углеводородов приурочено к Чаяндинскому суперблоку, в пределах которого выделяется 21 блок. Кроме того, два блока Талаканского суперблока и три – Предпатомского также включены в площадь Чаяндинского лицензионного участка. Залежи неантиклинальные, осложненные тектоническими и литологическими экранами.

В геологическом строении Чаяндинского месторождения принимают участие нижнепротерозойские образования кристаллического фундамента и венд-рефрейские, кембрийские, юрские отложения платформенного чехла.

Нефтегазоносность приурочена к трем горизонтам венда – ботубинскому, хамакинскому и талахскому. Разрез месторождения характеризуется крайне неоднородным строением: переслаиваются породы, в которых проявляется резкая смена коллекторских свойств, связанных с литологическими и стратиграфическими факторами. В большинстве породы-коллекторы представлены кварцевыми и полевошпатовыми песчаниками, редко с тонкими прослоями аргиллитов.

Хамакинский горизонт, согласно последней геологической модели, подразделяется на две части. Нижняя часть, имеющая более широкое распространение, берет свое начало в аргиллитах нижней пачки паршинской свиты. Верхняя часть, залегающая с резким угловым несогласием, перекрывает нижнюю, располагается только в Северном и Южном блоке Чаяндинского НГКМ [2]. Несмотря на крайне неоднородное распределение углеводородов, связанных с резко отличающимися по мощности и своим фильтрационно-емкостным свойствам пластов, горизонт все же принято относить к высокопродуктивным. В разрезе принято выделять 16 залежей (11 газоконденсатных, четыре нефтегазоконденсатных и одна нефтяная), расположенных на 6 крупных блоках. Флюидопором для хамакинского горизонта служит верхняя глинистая пачка верхнепаршинской подсвиты.

Породы хамакинского горизонта представлены большим литологическим разнообразием, чаще всего это мелко-среднезернистые, изредка крупно-среднезернистые с примесью алевритового материала песчаники, размер зерен в которых варьируется в широком диапазоне: от 0,03 - 0,08 мм до 3,9 мм. Нередко встречаются гравелистые песчаники, как с плохой степенью отсортированности, так и хорошо отсортированные с округлой и полуокатанной формой обломков.

Нижняя, основная часть горизонта, приуроченная к центральной и юго-восточной частям месторождения, сложена кварцевыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками, иногда содержащими карбонатную составляющую (5–10 %). Непроницаемые породы представлены аргиллитами с прослоями песчаников, реже – более плотными полевошпатово-кварцевыми песчаниками с карбонатным цементом. Толщина нижней части горизонта изменяется в пределах от 40 до 90 м. В породах нижней части хамакинского горизонта пористость равна 5–19 %, абсолютная проницаемость варьируется в широком диапазоне – от 1 до 800 мД.

Верхняя часть хамакинского горизонта представлена среднезернистыми, средне-крупнозернистыми, крупно-среднезернистыми полевошпатово-кварцевыми песчаниками, толщина которых изменяется в широких пределах: от 0 до 14 м. Породы не содержат в себе глинистых компонентов, периодически подвергаются засолонению. Пористость пород от 2 до 15 %, проницаемость в среднем 10–400 мД [1].

Текстуры пород в обеих частях горизонта однородные, косослоистые, линзовидные, пологоволнисто-слоистые, со следами смятия, внедрения осадка, выклинивания.

По составу породообразующих компонентов песчаные породы относятся к кварцевым и полевошпатовым, в них породообразующими компонентами являются: кварц (от 65–70 % до 80–95 %), вулканические породы (5–7 %), кварциты (3–20 %), полевые шпаты (3–7 %), халцедон (2–3 %), глауконит (1–2 %). Второстепенные минералы в них представлены слюдой (мусковит и биотит), содержание которых незначительно (2–5 %).

Особенностью хамакинского горизонта является присутствие разноминеральных засолоненных и сульфатизированных песчаников, а также непроницаемых песчаников и алевритов с карбонатным цементом.

Кварц встречается в виде прозрачных зерен, часто с образованием инкорпорационных контактов, плотно прилегающих друг к другу. По краям зерен кварца наблюдаются следы коррозии карбонатами и сульфатами.

Полевые шпаты (микроклин, ортоклаз, альбит, андезин) представлены в виде зерен с хорошо проявленной спайностью и двойникованием. В зернах отмечается тонкорассеянное рудное напыление, наблюдаются вторичные изменения, представленные серицитизацией, сульфатизацией (проявлена в образовании кристаллов ангидрита и гипса) и пелитизацией. На некоторых участках происходит замещение зерен доломитом.

Слюды являются компонентом вторичных изменений, проявляющихся на полевых шпатах, образуя тонкошелушчатые агрегаты (серицит), а также встречаются в виде самостоятельных пластинок мусковита и биотита.

Цемент пород-коллекторов по составу полиминеральный: кварцево-регенерационный; карбонатный (кальцит, доломит), сульфатный (гипс, ангидрит), каолиновый, гидрослюдистый. Выделяется несколько типов цемента: карбонатный сгустково-порового типа, гидрослюдистый порово-пленочного типа, чаще всего распространенный в алевроитовых прослоях, сульфатный сгусткового типа.

Формирование хамакинского горизонта происходило в различных аллювиальных и прибрежно-морских обстановках, об этом свидетельствует различная степень отсортированности гравелитовых песчаников и появление каолинового цемента в песчаных породах в верхней части разреза.

Литологические особенности и петрографический состав отложений существенно влияют на фильтрационно-емкостные параметры пород горизонта.

Так, в Южном блоке II, в районе скважины № 321-55 (верхняя часть хамакинского горизонта, северо-западная часть месторождения), горизонт имеет неоднородное строение и представлен переслаиванием аргиллитов с небольшими прослоями и линзами алевролитов с базально-поровым глинистым цементом и мелко-среднезернистыми песчаниками со смешанным цементом и линзами алевролитов и аргиллитов, коллекторские свойства пород низкие, проницаемость варьируется от 65 мД до 240 мД, пористость 3,6–10,1 %. Максимальный дебит газа 41,6 тыс. м³/сут. [3].

В сравнении с этим, в нижней части разреза, в скважине № 321-48, пробуренной на Южном блоке I, горизонт имеет более однородный литологический состав и представлен мелко- и среднезернистыми песчаниками с хорошей степенью сортировки и незначительным количеством непроницаемых прослоев. Коллекторские свойства пород значительно выше, чем у пород из скв. № 321-55, где проницаемость достигает 724,3 мД, а максимальный дебит газа составляет 613,7 тыс. м³/сут.

Таким образом, неоднородность разреза Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения, сложность состава пород и резкое изменение коллекторских свойств связано с изменением пустотного пространства, что обусловлено динамикой осадконакопления.

Литература

1. Крекнин С. Г. и др. Современная геолого-геофизическая модель Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. – 2016. – №. 2. – С. 44-55.
2. Рыжов А. Е. и др. Определение местоположения в разрезах скважин Чаяндинского месторождения границ хамакинского продуктивного горизонта // Вести газовой науки. – 2013. – №. 1 (12). – С. 174-183.
3. Рыжов А. Е. Типы и свойства терригенных коллекторов венда Чаяндинского месторождения // Вести газовой науки. – 2013. – №. 1 (12). – С. 145-160.

ПРИРОДНАЯ СРЕДА ПЛЕЙСТОЦЕНА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Ербаева М.А., Намзалова О.Д.-Ц.

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Ископаемые остатки мелких млекопитающих позднего кайнозоя Забайкалья являются надежной основой для реконструкции природной среды, стратиграфии и корреляции с таковыми со смежных территорий [3, 4]. В регионе известны многочисленные местонахождения, некоторые из которых являются опорными, это Тологой, Додогол, Засухино и новый разрез Улан-Жалга, позволяющие проследить динамику биоты, природной среды и климата региона в плейстоцене.

Начало плейстоцена характеризуется похолоданием климата в регионе, что согласуется с глобальными изменениями климата на рубеже полярности Гаусс-Матуяма (2,58 млн лет назад) [1]. В континентальных отложениях Забайкалья похолодание выразилось в появлении следов облессования, установленных в разрезе Ключево 1. Климат начала раннего плейстоцена был достаточно теплым, но более суровым, чем в плиоценовую эпоху. Отложения этого времени, представленные красновато-бурыми суглинками, с карбонатными прослоями вскрываются в разрезах Ключево 1 и Засухино и включают фауну Итанцинского комплекса. В фауне впервые появляются настоящие лошади рода *Equus*, сменившие плиоценовых трехпалых лошадей – *Hipparion*, появляются суслики *Spermophilus*, тушканчики *Allactaga*, лесные полевки *Clethrionomys*, сократилось число корнезубых полевок, доминировавших в плиоценовой фауне. Фаунистические и палинологические данные свидетельствуют о значительном сокращении саванноидных ландшафтов и о расширении площади открытых степных пространств. Второй этап похолодания климата установлен в раннем плейстоцене в интервале 1.75–1.45 млн лет [2]. Это привело к дальнейшему значительному изменению состава биоты региона. Об этом свидетельствуют фауны местонаждений Додогол 1, Засухино 2, Тологой 1.2., в составе которых появляются новые таксоны *Borsodia laguriformes* и *Allophaiomys pliocaenicus* – реперные виды Додогольской фауны. Осадки этого временного интервала установлены нами в основании нового разреза Улан-Жалга, где прослежено чередование почвенных и субэдральных

отложений плейстоцена, включающих элементы Додогольской фауны. О дальнейшем изменении природной среды раннего плейстоцена в сторону усиления аридизации климата свидетельствует фауна местонахождений Усть-Обор, Кудун, аналоги которых установлены в разрезе Улан-Жалга. В фауне на смену рода *Borsodia* появляются роды *Lagurodon* и *Prolagurus*. Доминирующими в фауне становятся лагуриды, пищуховые, многочисленны сурки, что свидетельствует об открытых ландшафтах сухих степей с полупустынными участками, существовали также влажные луга, где обитали *Microtus*. Климат был умеренно холодный.

В среднем плейстоцене продолжалось изменение климата в сторону усиления аридности и похолодания, что привело к формированию в Западном Забайкалье аридных ландшафтов. Фауна этого времени представлена Тологойским комплексом, в составе которой доминируют обитатели пустынь, полупустынь и сухих степей. Это представители родов *Eolagurus*, *Allactaga*, *Ellobius*, *Meriones*, *Dipus* и др. Состав фауны свидетельствует о холодном и сухом аридном климате. Природные условия напоминали таковые юга современной Монголии.

В позднем плейстоцене в Западном Забайкалье, в связи с аридными условиями, отсутствовали резкие ландшафтно-климатические изменения при смене теплых эпох холодными. Следы похолоданий выражены разнообразными мерзлотными нарушениями, установленными во многих местонахождениях, в частности в разрезе Тологой, Додогол, Засухино и др. Мелкие млекопитающие позднего плейстоцена представлены современными видами, среди которых преобладали обитатели перигляциальных ландшафтов.

В целом позднеплейстоценовый этап характеризуется исчезновением представителей родов *Eolagurus*, *Myospalax* и широкой радиацией современных видов, таких как *Ochotona daurica*, *Allactaga sibirica*, *Lagurus lagurus* и др. Климат был сухим и суровым, широкое распространение получили перигляциальные полынные степи с аридной растительностью.

Литература

1. Алексеева Н. В. Эволюция природной среды Западного Забайкалья в позднем кайнозое (по данным фауны мелких млекопитающих). – 2005.
2. Карабанов Е. Б. и др. Глобальные похолодания Центральной Азии в позднем кайнозое согласно осадочной записи из озера Байкал // Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение "Российская академия наук", 2000. – Т. 370. – № 1. – С. 61-66.
3. Новый опорный разрез плейстоцена Улан-Жалга в Западном Забайкалье [Текст] / М. А. Ербаева, А. А. Щетников, А. Ю. Казанский, Г. Г. Матасова, Ф. И. Хензыхенова, И. А. Филинов, О. Д.-Ц. Намзалова, И. О. Нечаев // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 488. – № 3. – С. 48–52. Нечаев И. О. и др. Новый опорный разрез плейстоцена Улан-Жалга в Западном Забайкалье // Строение литосферы и геодинамика. – 2019. – С. 117-118.
4. Khenzykhenova F. et al. Palaeoenvironmental and climatic changes during the Late Glacial and Holocene in the Mongolia and Baikal region: A review // Quaternary International. – 2021. – Т. 605. – С. 300-328.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СКВАЖИН В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИ-КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС

Жданова Ю.Ю.

Научный руководитель профессор Мельник И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель данной работы заключается в выявлении связи вторичных геохимических процессов юрских отложений с характером насыщения палеозойских пластов.

Объектом исследования представлены песчаные пласты Самотлорского месторождения, приуроченного к Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, расположенного в Ханты-Мансийском автономном округе.

Актуальность высока и определяется возможностью распознавать углеводородсодержащие пласты по результатам статистической интерпретации, используя старые данные геофизических исследований скважин.

В основе работы лежит инновационная методика – статистическая интерпретация материалов геофизических исследований скважин, предложенная профессором И. А. Мельником.

Методика применения статистической интерпретации данных ранее рассмотрена в работах В. Е. Охотникова и Е. Д. Черноусова [1]. Новый принцип построен на определении углекислотного метасоматоза, представляющего собой поступление кислотного флюида в слабощелочную среду коллектора, результатом которого является вторичное минералообразование [2].

Изучение проводилось на основе данных терригенных отложений юры в 50 скважинах Самотлорского месторождения. При проведении статистической интерпретации данных по каждому из интервалов были представлены показатели интенсивности протекания вторичных геохимических процессов.

Статистическая интерпретация материалов проведена для 303 пластов, отнесенных к «перспективным» 18 скважинам, в палеозойских отложениях которых обнаружены углеводородсодержащие пласты; и для 32 скважин, результаты испытаний которых, показали «воду» и «отсутствие насыщения», соответственно отнесены к «бесперспективным».

В таблице 1 представлены средние значения интенсивности протекания вторичных геохимических процессов для юрского комплекса пород для «перспективных» скважин.

Таблица 1

Средние значения показателей интенсивности вторичных процессов для «перспективных» скважин

Глубина	Икаол.	Икарб.	Ипирит.	Ипелит.
1000	0,04	0,13	0,11	0,10
1500	0,07	0,14	0,11	0,12
2000	0,10	0,24	0,15	0,19
2500	0,24	0,32	0,21	0,27

На основе полученных данных построен график зависимости изменения показателей интенсивности вторичных геохимических процессов (рис. 1).

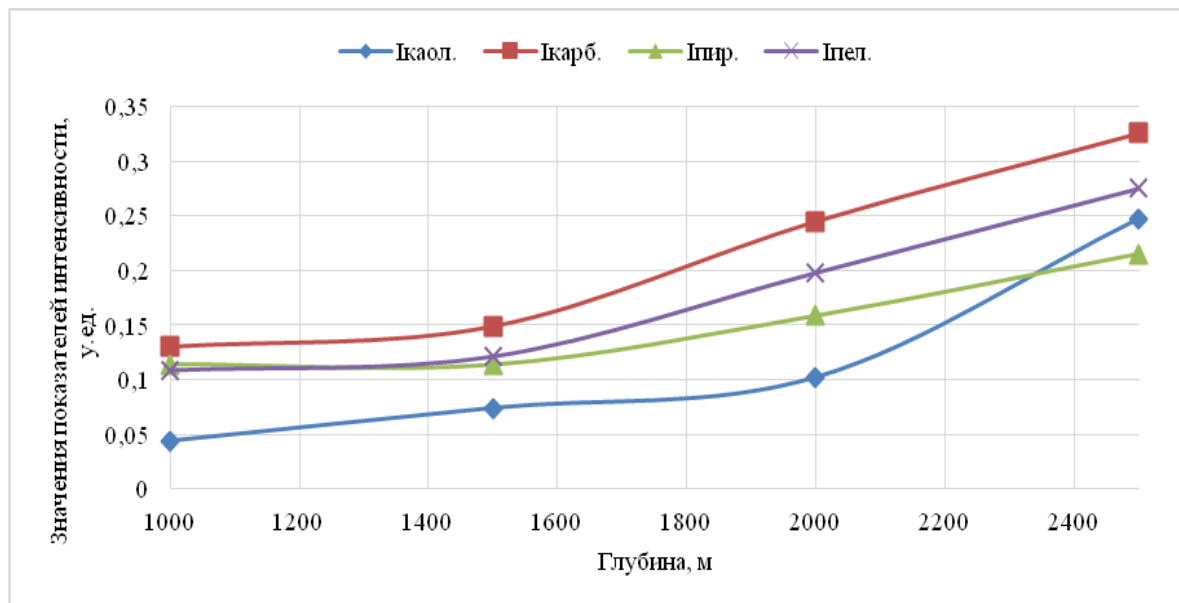


Рис. 1. Распределение вторичных процессов с увеличением глубины для «перспективных» скважин

Также рассчитаны значения для категории «бесперспективных» скважин. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения показателей интенсивности вторичных процессов для «бесперспективных» скважин

Глубина	Икаол.	Икарбон.	Ипирит.	Ипелит.
1000	0,49	0,60	0,51	0,54
1500	0,48	0,61	0,56	0,55
2000	0,50	0,61	0,54	0,57
2500	0,49	0,61	0,58	0,60

Для категории «бесперспективных» скважин построен график изменения показателей вторичных процессов с ростом глубины (рис. 2).

Согласно полученным результатам, можно утверждать, что возможными индикаторами присутствия углеводородов в палеозое являются вторичная карбонатизация и каолинитизация [3]. Отмечается рост показателей вторичных процессов с увеличением глубины, что подтверждает концепцию глубинной субвертикальной миграции и указывает на активное проявление процессов в нижних горизонтах. Анализ результатов показывает существенное увеличение показателей вторичных процессов в водонасыщенных пластах (таблица 3). Параметр $I_{дэ}$ указывает на высокие значения электрической проводимости нефтенасыщенных песчаников (в 1,64 раза) по сравнению с водонасыщенными, что позволяет применять данный параметр для выявления продуктивности пластов.

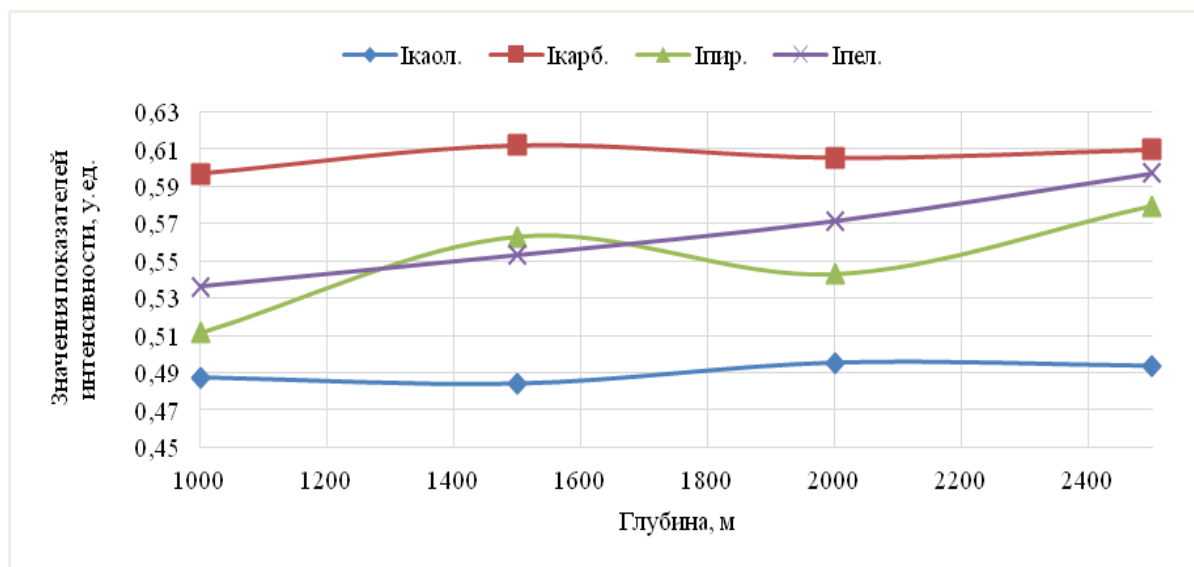


Рис. 2. Распределение вторичных процессов с увеличением глубины для «бесперспективных» скважин

Таблица 3

Результаты показателей интенсивности вторичных процессов для нефте- и водонасыщенных скважин

Характер насыщения	Икаолинитизации	Икарбонатизации	Идэс
Нефть	0,12	0,24	0,28
Вода	0,49	0,61	0,17
Нефть/вода	0,24	0,33	1,64

На основе концепции субвертикальной миграции, сделаны следующие выводы:

- наиболее высокие показатели вторичных процессов представлены каолинитизацией и карбонатизацией, что указывает на возможное наличие углеводородов в пластах;
- отмечается рост показателей вторичных процессов с увеличением глубины.

Таким образом, полученные данные, еще раз утверждают об эффективности методики применения статистической интерпретации материалов, при применении которой увеличивается возможность обнаружения залежей нефти и газа в фундаменте.

Литература

1. Охотников, В. Е. Вторичные процессы как индикаторы продуктивности низкоомных коллекторов / В. Е. Охотников, Е. Д. Черноусов // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. – 2020. – Т. 1. – С. 313-314.
2. Мельник, И. А. Основы статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин / И. А. Мельник. – М.: Русайнс, 2022. – 76 с.
3. Мельник И. А., Недолико Н. М., Зимина С. В. Вторичные карбонаты юрских песчаных отложений как показатели продуктивности палеозоя // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – №. 3. – С. 32-38.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ Касимов Ж.Д.

Научный руководитель доцент Рубан А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Распределение на дне арктического бассейна отдельных минералов и минеральных ассоциаций отражает данные по направлению основных течений и положению зон высокой активности водных масс, а также по геологическому строению областей питания и путей разноса осадочного материала в бассейне седиментации [1].

Зерна минералов, которые слагают донные осадки, уже прошли стадию выветривания в области сноса, где главными определяющими факторами изменения минерального состава материнских пород являются рельеф и климат [3]. Дальнейшее преобразование происходит при транспортировке материала. Здесь степень изменения зависит от сопротивляемости минералов механическому разрушению и частично растворению, что определяется такими свойствами, как твердость, спайность и растворимость в щелочной среде, а также зависит от дальности переноса и многократности переотложения [2].

СЕКЦИЯ 1. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

В качестве фактического материала для исследования были использованы 21 проба поверхностных донных осадков, отобранных во время экспедиций в море Лаптевых на научно-исследовательских судах «Академик М.А. Лаврентьев» и «Академик Мстислав Келдыш» в 2016 и 2018 гг. соответственно (рис.).

Минералогический состав валовых проб донных отложений исследовался с помощью рентгеновского дифрактометра Bruker D2 Phaser с Cu-анодом при напряжении рентгеновской трубки – 30 кВ и силе тока – 10 мА. Высушенные пробы предварительно истирались в кольцевой мельнице (ROCKLABS Standard Ring Mill) при частоте вращения 700 об/мин на протяжении 2 минут. При валовом анализе состава пробы углы съемки 2-тета составляли от 5° до 70°, вращение – 20 об./мин, выдержка – 2 секунды в точке, шаг – 0,02°.

Содержание кварца в донных отложениях моря Лаптевых составляет 40–50 % и лишь в редких случаях уменьшается до 25–30 %. Повышенное содержание кварца как наиболее устойчивого воздействию внешних условий минерала (40–50 %) отмечается в осадках моря, расположенных в мористой части бассейна, а также в районах проливов Санникова и Лаптева, т. е. на участках с повышенной активностью водных масс (ст. LV78-29 и LV78-31). Относительное содержание кварца и калиевых полевых шпатов в донных осадках станций АМК6005, АМК6006, АМК6007, АМК6008, АМК6013 и АМК6016 свидетельствует о едином источнике обломочного материала, а именно в твердом стоке р. Лена, причем с удалением относительное содержание кварца, как наиболее устойчивого минерала, растет.

Станции, расположенные на удалении от материкового побережья (АМК6027, АМК6065, АМК6068, LV78-21, LV78-23) также характеризуются высоким содержанием кварца относительно калиевых полевых шпатов. Однако, такие станции, как АМК6045, АМК6056, АМК6058, LV78-12, расположенные в той же области, напротив, отличаются относительно высоким содержанием калиевых полевых шпатов. Предположительно, это может быть связано с разными источниками обломочного материала. В первом случае материал мог быть привнесен Трансарктическим течением со стороны материкового шельфа, тогда как во втором случае, источником, вероятно, являются близлежащие острова (архипелаг Северная земля, Новосибирские острова), что подтверждается минеральным составом пород, слагающим их.

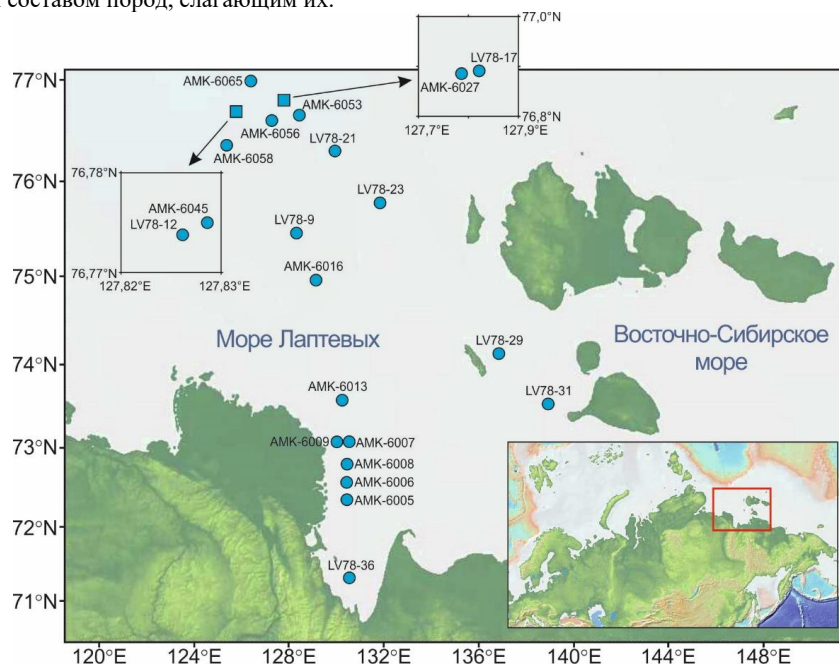


Рис. Карта фактов Арктического шельфа

Значения кварц-полевошпатового отношения, варьирующиеся в диапазоне от 0,6 до 2,5, свидетельствуют о нескольких источниках обломочного материала, поступающего в бассейн моря Лаптевых.

В результате выветривания пород в области питания образуются глинистые минералы. Они поступают в осадки с материковым стоком, что подтверждается повышенным содержанием таких глинистых минералов, как хлорит, монтмориллонит и иллит, в станциях, расположенных в непосредственной близости к материку и близлежащим островам (ст. АМК6005, АМК6006, АМК6007, АМК6008, АМК6009, АМК6016, АМК6056, LV78-36)

Распределение амфиболов в отложениях моря Лаптевых отражает геологическое строение областей сноса и гидрологический режим бассейна. В целом, содержание амфиболов в осадках колеблется в пределах 0,5–2 %. Воды рек Лены, Яны и Оленека приносят большое количество амфиболов. Амфиболы поступают в осадки как с речным стоком, так и при абразии берегов. Содержание компонента в данных областях в среднем составляет 2–2,5 %. В северо-западной части моря, в пределах станций, расположенных на континентальном склоне, содержание амфиболов резко уменьшается и не превышает 1 %.

Таким образом, в ходе анализа данных распределения минеральных компонентов в донных осадках моря Лаптевых было выяснено, что минеральный состав осадков связан с геологическим строением областей питания и путями разноса осадочного материала в бассейне седиментации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010).

Литература

1. Гаккель Я. Я. и др. Морфоструктура и донные осадки Арктического бассейна //Труды ААНИИ. – 1968. – Т. 285.
2. Ежова А. В. Литология. – 2019.
3. Лапина Н. Н. Определение путей разноса осадочного материала по результатам изучения минерального состава морских отложений (на примере моря Лаптевых) //Ученые записки (НИИ геологии Арктики). – 1965. – №. 7. – С. 139.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ХОРЕЙВЕРСКОЙ ВПАДИНЫ

Козелов А.А., Красильников В.П.

Научный руководитель доцент Башкова С.Е.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Хорейверская впадина относится к одному из важнейших нефтегазоперспективных структурных элементов Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. На этой территории открыты такие крупные месторождения нефти как Висовое, Колвинское, Веяжское, Верхнелайские, имени Р. Требса и А.Титова и другие.

Представляет интерес южная часть Хорейверской впадины, которая характеризуется малой изученностью, но потенциальной перспективностью. На данной территории известны небольшие и средние месторождения нефти в карбонатных отложениях палеозоя (Восточно-Мастерьевское, Центральномичаевское, Среднемичаевское и Мичаевское).

В тектоническом отношении исследуемая территория находится в области сочленения Сандивейского поднятия, Сыняндрской депрессии и Макариха-Салюкинской антиклинальной зоны Хорейверской впадины [1].

Нефтегазоносность данной территории связана с тремя промышленными нефтегазоносными комплексами: среднеордовикско-нижнедевонским, доманиково-турнейским и верхневизейско-нижнепермским (табл.).

Таблица

Промышленные нефтегазоносные комплексы южной части Хорейверской впадины

Нефтегазоносные комплексы	Месторождения	Возраст продуктивных отложений	Литология коллекторов	Тип залежи
Верхневизейско-нижнепермский	Восточно-Мастерьевское	Нижнесерпуховский подъярус нижнего карбона	Доломиты	Пластовая, сводовая
Доманиково-турнейский	Восточно-Мастерьевское	Задонский горизонт фаменского яруса верхнего девона	Органогенные известняки	Пластовая, сводовая
	Мичаевское	Задонский горизонт фаменского яруса верхнего девона	Органогенные известняки	Массивная, сводовая
	Среднемичаевское	Задонский горизонт фаменского яруса верхнего девона	Органогенные известняки	Пластовая, сводовая
	Центральномичаевское	Задонский горизонт фаменского яруса верхнего девона	Органогенные известняки	Массивная, сводовая
Среднеордовикско-нижнедевонский	Восточно-Мастерьевское	Веяжская свита венлокского яруса нижнего силура	Доломиты	Пластовая, сводовая, литологически экранированная

Основные перспективы нефтеносности и наибольший интерес связаны с задонскими органогенными отложениями доманиково-турнейского карбонатного нефтегазоносного комплекса.

Особенности тектонического строения заключаются в том, что в пределах южной части Хорейверской впадины во франско-фаменское время формировалась Южно-Баганская карбонатная банка, представляющая собой органогенный массив, сформировавшийся в мелководно-шельфовой обстановке [2]. Атолловая постройка представляет собой архипелаг, имеющий вид разорванного кольца, окружающего внутреннюю лагуну.

В последние годы в южной части Хорейверской впадины активно ведутся геологоразведочные работы. В результате сейсморазведочных работ 3D 2020 года в южной части впадины выявлен ряд поднятий: Лекмакарихинское, Пашпиянское, Верхнемукерское, Нижнемастерьевское, Мукерское, Северо-Яраутское и невоскрытые пласты Мичаевского и Среднемичаевского месторождений.

По данным переработки и переинтерпретации сейсмических данных 3D выявлена особенность задонских отложений, которая заключается в наличии отдельных периферийных островов, внутриостровных лагун и

межрифовых проливов по примеру строения рифового атолла Мальдивского архипелага (рис. 1). В более ранних работах выделялись только органогенные гряды без детализации межрифовых проливов и лагун. Каждый остров может быть полностью заполнен нефтью и не иметь гидродинамической связи с соседними островами.

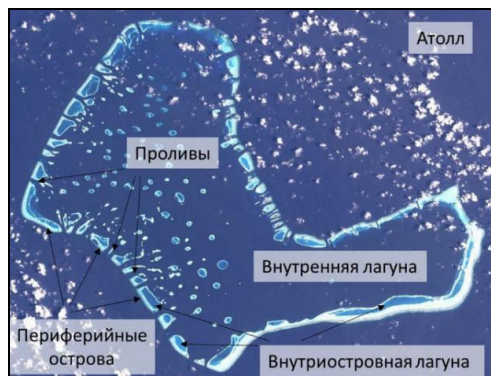


Рис. 1. Строение рифового атолла Мальдивского архипелага [2]

По аналогии с открытыми месторождениями на структурах южной части Хорейверской впадины в пределах всей Южно-Баганской карбонатной банки прогнозируются залежи нефти в задонских органогенных отложениях (рис. 2).

Нефти, как и на ближайших месторождениях, предполагаются легкие-средние – 0,833–0,870 г/см³, с незначительной вязкостью – 1,62–2,81 мПа*с, сернистые – 0,75–1,04 %, парафинистые – 3,68–4,38 %, смолистые и высокосмолистые – 6,2–14,7 %. Из выявленных структур наиболее перспективными являются Нижнемастерьевская и Лекмакарихинская. Для Нижнемастерьевской структуры, как наиболее перспективной и находящейся в непосредственной близости к Восточно-Мастерьевскому месторождению, представлен сейсмогеологический разрез на рисунке 3.

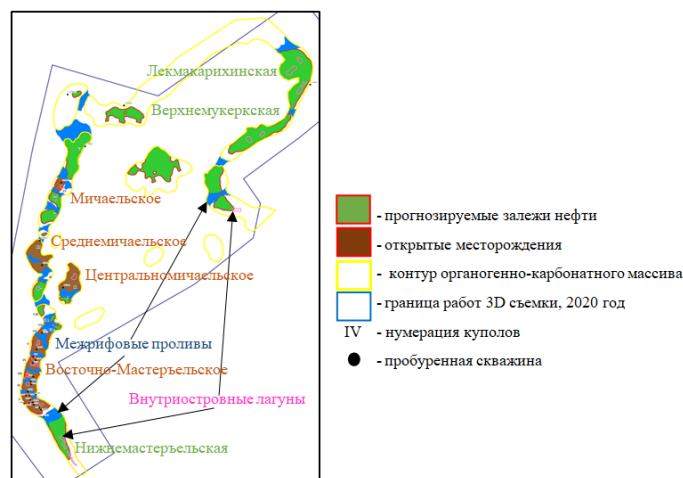


Рис. 2. Прогнозируемые залежи нефти задонских отложений структур южной части Хорейверской впадины

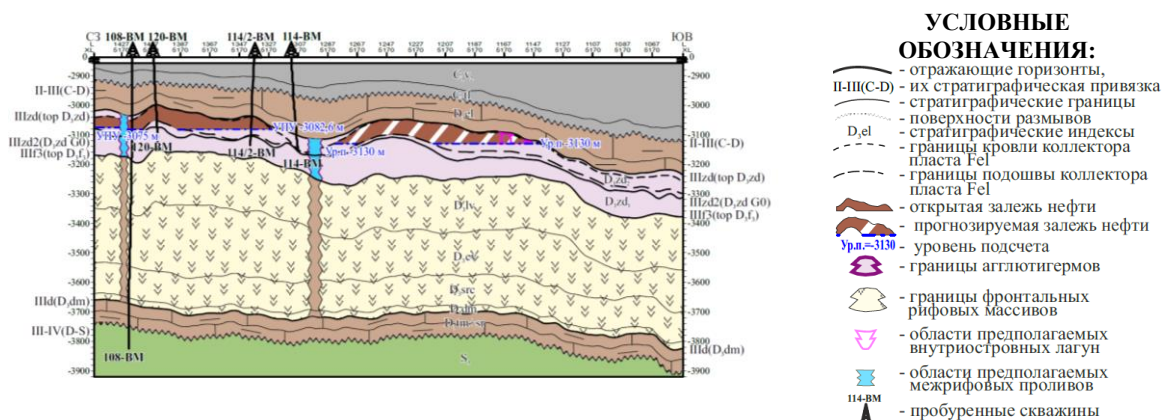


Рис. 3. Сейсмогеологический разрез Нижнемастерьевской структуры

В разрезе задонских отложений выделяются два продуктивных интервала, соответствующих пластам Fe1 и F0, разделенных карбонатно-глинистой пачкой G0. Основная продуктивность приурочена к верхнему пласту Fe1 под региональной покрывкой. По аналогии с открытыми месторождениями, и, с учетом морфологии, перспективы открытия залежей нефти на выявленных структурах связаны с верхним задонским пластом Fe1.

Таким образом, рассмотренные особенности геологического строения и нефтеносности южной части Хорейверской впадины подтверждают перспективы открытия залежей нефти на вновь выявленных структурах в задонских отложениях фаменского возраста.

Литература

1. Вахнин М. Г., Чупров В. С. Характер распределения и нефтегазоносность локальных структур на территории Хорейверской впадины // Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2012. – № 8 (212). – С. 010-013.
2. Хипели Р. В., Беляева Н. В. Перспективы открытия залежей углеводородов в доманиково-турнейском нефтегазоносном комплексе юга Хорейверской впадины (Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн) // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2005. – № 1. – С. 30-30.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КРАПИВИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА СКВАЖИНЫ 235)

Козлов М.С., Шадрин В.А.

Научный руководитель доцент Недоливко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Объектом исследования являются продуктивные отложения скважины 235 Крапивинского месторождения.

Цель работы – литологическая характеристика и условия формирования пласта Ю₁¹ на основе литолого-фациальных и петрографических исследований.

В задачи исследования входило определение литологических особенностей и генетическая интерпретация пород по результатам макроскопического описания кернового материала.

Территория Крапивинского месторождения расположена в Каргасокском районе Томской области, и лишь небольшая по площади его юго-западная часть входит в состав Омской области. Крапивинское месторождение открыто в 1984 г., освоение началось в 1997 г. компанией ОАО «Томск-нефть». Ближайшие месторождения, находящиеся в разработке ОАО «Томскнефть»: Игольско-Таловое нефтяное месторождение, Западно-Моисеевское, Лесмуровское, Двуреченское, Тагайское, Карайское [1]. Согласно принятому нефтегазогеологическому районированию, месторождение входит в состав Каймысовского нефтегазоносного района Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Месторождение нефтяное, многопластовое. В тектоническом плане Крапивинское месторождение приурочено к Крапивинскому локальному поднятию, осложняющему Крапивинско-Моисеевское куполовидное поднятие Каймысовского свода [4]. В геологическом строении месторождения принимают участие терригенно-осадочные метаморфизированные образования доюрского комплекса и несогласно перекрывающие их терригенные породы мезозойско-кайнозойского осадочного чехла [5].

Объект исследования – пласты Ю₁¹ и Ю₁², расположены в верхней части регионально продуктивного горизонта Ю₁. В стратиграфическом отношении они приурочены к верхней части васюганской подсвиты оксфордского яруса верхнего отдела юрской системы, перекрываются морскими отложениями георгиевской свиты (кимеридж): в нижней части представленной алевроитоглинистыми породами барабинской пачки, в верхней – аргиллитами. Между собой пласты разделены угольным пластом.

Согласно проведенному макроскопическому анализу, пласт Ю₁² имеет неоднородный литологический состав и представлен в нижней части песчаниками, вверх по разрезу сменяющимися сначала алевролитами, а затем переслаиванием алевролитов и глинистых пород, постепенно переходящим в углистые глины и пиритизированный уголь (рис. 1, Д-З). В песчаных породах отмечается косая разнонаправленная и волнистая слоистость, в алевролитах и глинистых породах – линзовидная слоистость с элементами взмучивания, завихрения и размыва осадка. Зачастую слоистость нарушена следами жизнедеятельности – ихноценоз *Teichichnus*, *Skolithos*, *Chondrites*. Вверх по разрезу слоистость становится более тонкой, содержание глинистого материала увеличивается, отмечается обогащение пород тонкораспыленным углефицированным растительным детритом, встречаются остатки корней растений.

Формирование пласта Ю₁² осуществлялось в прибрежно-морских условиях и связано с отступлением береговой линии и обмелением бассейна. Песчаный материал накапливался в пределах вдольберегового бара, который по мере отступления моря поднимался к урезу воды, отгородив область осадконакопления от открытого моря. В результате в пределах изучаемой территории уже в лагунных условиях слабодинамичной водной среды стали осаждаться более мелкозернистые осадки алевроитового и глинистого состава с волнисто-линзовидной и волнистой слоистостью. На фоне общего подъема территории с течением времени происходило заболачивание территории и формировались торфяники, который в ходе дальнейшего литогенеза трансформировались в прослойки каменного угля.

Пласт Ю₁¹ по литологическому составу представлен песчаниками светло-серыми средне-мелкозернистыми, и мелкозернистыми алевроитами с глинистыми, участками глинисто-карбонатным цементом (рис. 1, В, Г). Снизу-вверх по разрезу размер обломочного материала в песчаниках последовательно уменьшается до мелкозернистого при одновременном увеличении алевроитового материала, появляются ярко выраженные глинистые прослои.

Текстура пород слоистая, слоистость в песчаниках косоволнистая, пологоволнистая, в кровле – близкая к горизонтальной, часто нарушенная биотурбацией типа *Teichichnus*, *Chondrites*, *Skolithos*, *Phycosiphon*. Присутствуют остатки двусторчатых раковин.

Описанные признаки свидетельствуют [3], что песчаники пласта Ю₁¹ генетически связаны с прибрежно-морскими фациями и формировались в пределах вдольбереговых валов, баров. Их образование связано с трансгрессивным этапом осадконакопления, что проявилось в уменьшении зернистости пород с течением времени.

Более глубоководные условия седиментации осадков пласта Ю₁¹ по сравнению условиями для пласта Ю₁², вытекают из результатов проведенного по методике, изложенной в [2], количественного петрографического микроскопического анализа. Изучено 3 шлифа: образцы 1 и 3 отобраны из пласта Ю₁², образец 2 – из пласта Ю₁¹. Установлено (рис. 2), что песчаники пласта Ю₁² менее зрелые, чем песчаники пласта Ю₁¹. В составе породообразующих компонентов в них отмечается повышенное содержание обломков пород и полевых шпатов, что, согласно диаграмме В.Д. Шутова, позволяет отнести породы к граувакковым аркозам. Напротив, в песчаниках пласта Ю₁¹ увеличено содержание химически и механически устойчивого кварца и снижено количество неустойчивых полевых шпатов и обломков пород; по составу песчаные породы относятся к мезомиктовым кварцевым разностям.

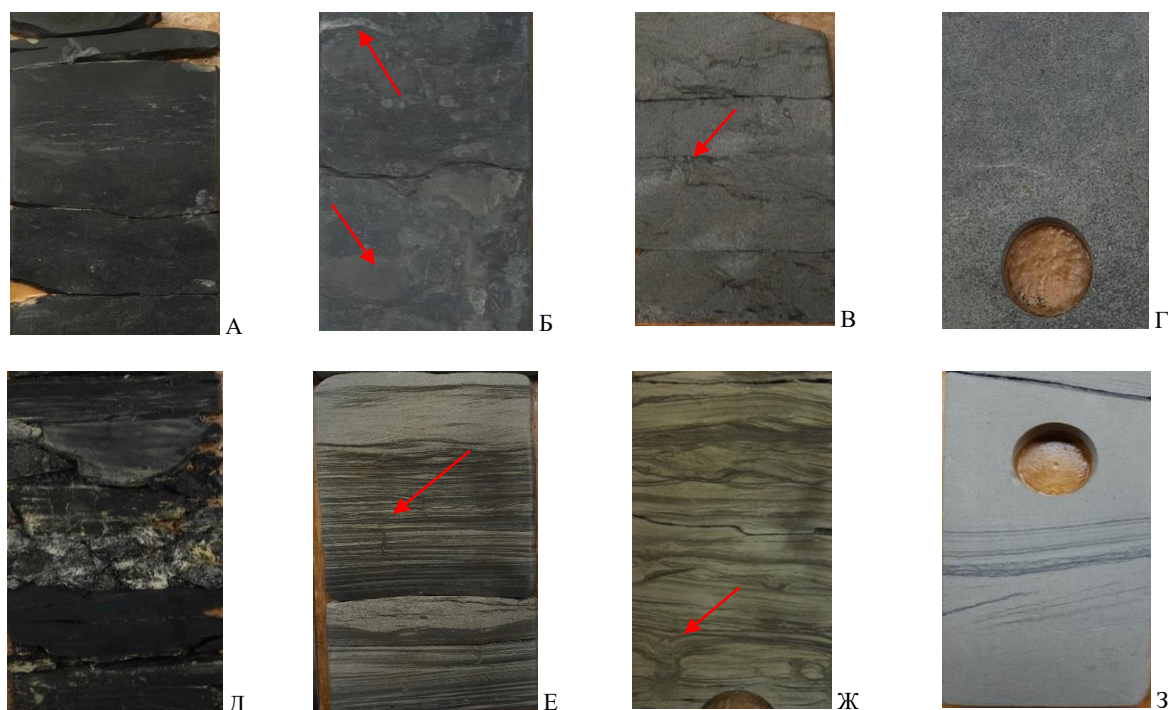


Рис. 1. Литологические особенности верхнеюрских отложений Крапивинского месторождения, скважина 235:
**А – Аргиллиты георгиевской свиты, Б – Алевроито-глинистые породы барабинской пачки с остатками и слепками раковин. Пласт Ю₁¹: В – Песчаник со следами жизнедеятельности *Skolithos*.; Г – Песчаник однородный с пиритом; Д – Уголь, разделяющий пласты Ю₁¹ и Ю₁²; Е – Переслаивание аргиллита, алевролита и песчаника, корневые остатки; Ж – Волнистая слоистость, ихнофоссилии *Teichichnus*;
 З – Разнонаправленная косая слоистость**

Отложения барабинской пачки с размывом и резким эрозионным контактом перекрывают пласт Ю₁¹. В подошве пачки распространены карбонатизированные песчаники с примесью мелкой гальки и раздробленным раковинным детритом (рис. 1, Б). Вверх по разрезу они быстро сменяются глауконит- и фосфат-содержащими карбонатизированными и пиритизированными алевролитами с остатками створок и внутренними глинисто-фосфатными слепками морских раковин с неотчетливой прерывистой волнистой слоистостью со следами взмучивания и размыва. Барабинская пачка формировалась при резком углублении бассейна седиментации и генетически связана с морскими фациями, где осадконакопление происходило в удаленных участках шельфа.

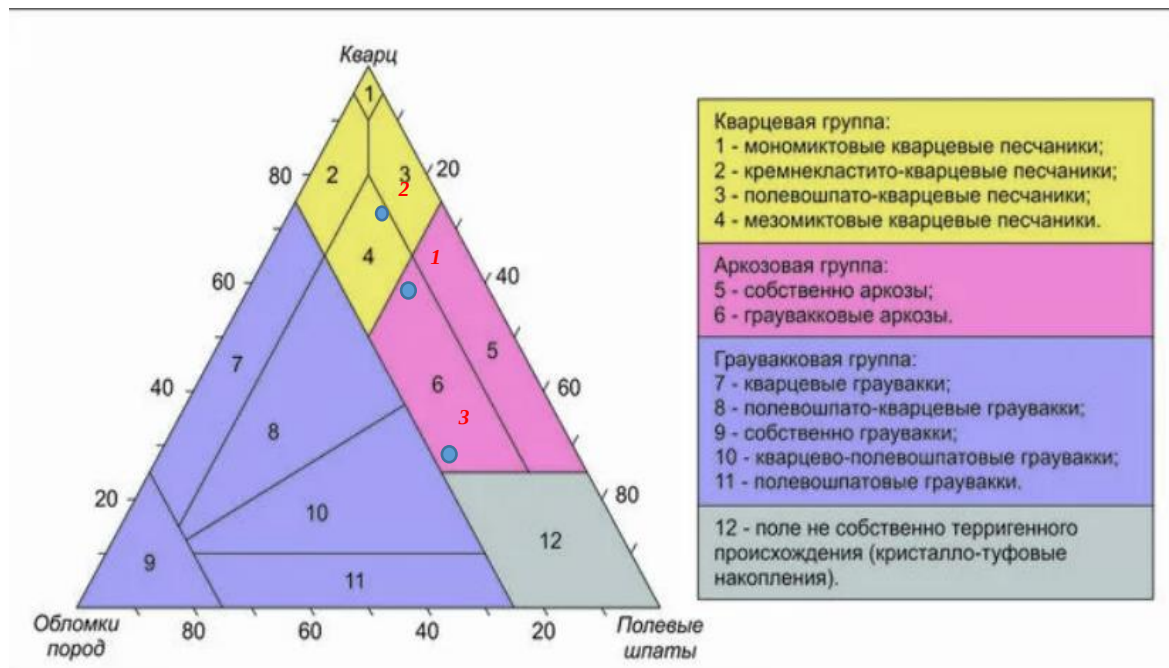


Рис. 2. Положение точек состава песчаников пласта Ю₁¹ и Ю₁² на диаграмме В.Д. Шутова [6]:
 1-3 – пласт Ю₁²; 2 – пласт Ю₁¹

Вверх по разрезу отложения барабинской пачки без видимых границ замещаются аргиллитами, в них постепенно исчезает глауконит, фосфаты, кальцит, алевритовый материал замещается глинистым, породы приобретают темно-серый до черного цвет (рис. 1, А).

Литература

1. Группа компаний МК Логистик // [Электронный ресурс] URL: https://mklogistic.ru/krapivinskoe_mestorojdenie (дата обращения 27.02.2023).
2. Недоливко Н. М. Исследование керна нефтегазовых скважин // Практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» – Томск: Изд-во ТПУ. – 2008.
3. Недоливко Н. М., Ежова А. В. Петрографические исследования терригенных и карбонатных пород-коллекторов // Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 172 с. – 2012.
4. Сурков В.С. Тектоника юго-восточной части Западно-Сибирской низменности по геофизическим данным. – В кн.: Тектоника Сибири. – Новосибирск, 1962. – Т. 1. – С. 123 – 129.
5. Шурыгин Б. Н. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири // Юрская система. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал «Гео». – 2000.
6. Шутов В.Д. Классификация песчаников // Литология и полезные ископаемые, 1967. – №5. – 117 с.

НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ РАННЕТУРНЕЙСКОЙ ЛЕПИДОФИТОВОЙ ФЛОРЫ В РАЙОНЕ ГОРОДА УЖУР (СЕВЕРО-МИНУСИНСКАЯ ВПАДИНА)

Кузнецов С.П.

Научный руководитель доцент Филимонов А.Н.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Во время полевых работ 2022 г., организованных научно-исследовательской лабораторией геокарт Томского государственного университета и проведенных на площади листа N-45-XII (Копьево), было обнаружено новое местонахождение ископаемых растений.

Местонахождение находится в Северо-Минусинской впадине в районе г. Ужур в небольшом карьере северо-восточнее с. Прилужье. В структурном плане местонахождение расположено на западном крыле Тургужанской мульды, сложенной породами тубинской свиты верхнего девона и быстрианской свиты нижнего карбона.

Быстрианская свита в пределах карьера сложена песчаниками, алевритами и реже прослоями аргиллитов мелко- и тонкозернистыми, желтовато-серого окраса. Текстура косослоистая. Элементы залегания пород: азимут падения 90° В, угол падения 8°. Мощность вскрытых пород не превышает 10-15 м.

В карьере автором был отобран материал в количестве 44 штуфов с растительными остатками. Определение родового и видового состава пород приведено в соответствии с надродовой систематикой, разработанной С.В. Мейеном [3] с учетом последних данных [4].

Фитоориктоценоз представляет собой аллохтонное захоронение разноразмерных осей лепидофитов и редких членистостебельных, разной степени сохранности от кнорриевидной до бергериевидной. В единичных случаях наблюдается аспидиариевая стадия.

Среди плауновидных определены *Uzhurodendron asiaticum* Mosseichik (ранее известен как *Cyclostigma kiltorkense* Haughton), *Angarophloios parvipulvinatus* (Radcz.) Mosseichik и *Angarophloios* typ. *leclercgianus* S. Meyen (ранее упоминались как *Pseudolepidodendropsis carnegianum* (Heer) Schweitzer).

Uzhurodendron asiaticum представлен тонкими осями (до 10 мм в диаметре) с лепидодендронидным расположением листовых подушек в слабо наклонных рядах. Подушки мелкие, менее 1 мм в поперечнике, форма округлая. В центре подушек расположены небольшие рубчики от филлоидов.

Angarophloios parvipulvinatus представлен тонкими повторно-дихотомическими осями, 0,8 см в диаметре. Листовые подушки расположены лепидодендронидно в правильных парастихах и ортостихах. Подушки мелкие, менее 1 мм в поперечнике, имеют обратно-треугольную форму.

Angarophloios leclercgianus также имеют тонкие оси, осложненные обратно-веретеновидными листовыми подушками, расположенными в правильных парастихах и ортостихах. Подушки мелкие, до 1 мм по длинной оси.

Членистостебельные представлены тонкостебельными *Sphenophyllum subtenerrimum* Nathorst и единичным остатком *Archaeocalamites* sp.

Местонахождения такого же типа и идентичным таксономическим составом расположено в относительной близости и известно под наименованием «Ужурское», установленное в 1950-х гг. А.Р. Ананьевым и Э.А. Егановым [1, 2]. Не исключена вероятность того, что оба местонахождения приурочены к одним и тем же слоям, сформированных в озерно-аллювиальных условиях.

Вышеуказанные плауновидные характерны для низов турне Минусинского прогиба и встречаются максимально в отложениях быстринской свиты и единично в алтайской свите.

Членистостебельные *Sphenophyllum subtenerrimum* встречаются в отложениях быстринской и камыштинской свитах. Остатки рода *Archaeocalamites* встречаются в более широком диапазоне от верхнего девона до верхов нижнего карбона.

Литература

1. Ананьев А. Р. Важнейшие местонахождения девонских флор в Саяно-Алтайской горной области (Die wichtigsten Fundstellen von Devonfloren im Sajan-Altaj-Berggebiete). – Alexander Doweld, 1959.
2. Ананьев А. Р., Еганов Э. А. О возрасте быстринской свиты на юго-востоке Западной Сибири в связи с открытием в ней *Cyclostigma kiltorkense* Haughton в районе Ужура // Докл. АН СССР. – 1957. – Т. 113. – №. 2. – С. 403-406.
3. Мейен С. В. Основы палеоботаники. Справочное пособие. – 1987.
4. Мосейчик Ю. В., Филимонов А. Н. Новая интерпретация *Cyclostigma*-подобных лепидофитов из нижнего турне Минусинского бассейна (Южная Сибирь) // *Lethaea rossica*. Российский палеоботанический журнал. – 2020. – Т. 20. – С. 1-18.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ХАМАКИНСКОГО ГОРИЗОНТА ЧАЯНДИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Можейко А.В.

Научный руководитель доцент Гершелис Е.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ), являющиеся по фазовому состоянию нефтегазоконденсатным, в административном плане располагается в Республике Саха (Якутия) на территориях Ленского и Мирнинского районов.

Месторождение складывается тремя продуктивными горизонтами, расположенными в верхнем и нижнем отделе вендской системы: (рисунок 1) [1]

- ботуобинский горизонт приурочен к нижнебюкской подсвите тирского горизонта верхнего венда;
- хамакинский горизонт относится к верхнепаршинской подсвите непского горизонта нижнего венда, отделяется от барабинского горизонта пачкой глин той же подсвиты;
- талахский горизонт разобщен с хамакинскими песчаниками нежнопаршинской подсвитой, сложенной чередованием аргиллитов и алевролитов с редкими прослоями песчаников, и расположен в талахской свите непского горизонта нижнего отдела вендской системы.

С тектонической точки зрения Чаяндинское месторождение относится к северо-восточной части Непско-Пеледуйского свода Непско-Ботуобинской антеклизы. Чаяндинское НГКМ находится в зоне соединения Непско-Пеледуйского свода с Мирнинским выступом на севере и Нюйско-Джербинской впадиной Предпатомского краевого прогиба на востоке (рисунок 2) [3]. Месторождение приурочено к Чаяндинскому блоку, который расположен в юго-восточной части Непского свода, в восточной части от него расположен Талаканский блок, отделяются два блока друг от друга с помощью грабена. С западной и юго-восточной стороны Чаяндинский блок ограничен системой разломов, имеющие субмеридиональное и северо-западное направления. Разломы клинообразно сходятся к югу.

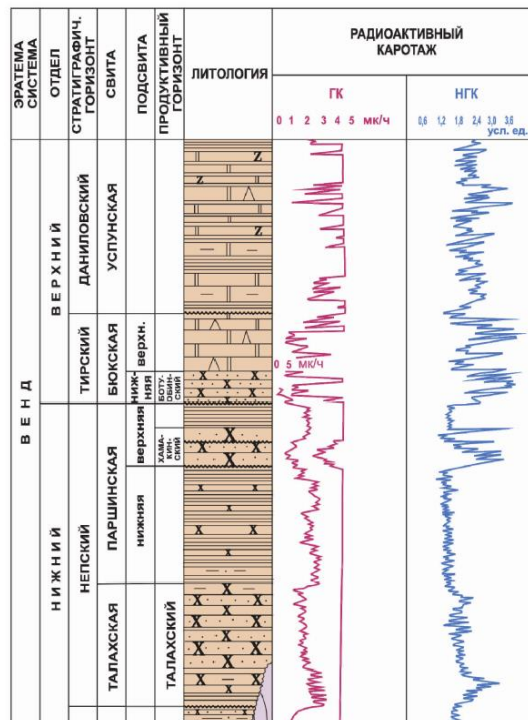


Рис. 1. Фрагмент геолого-геофизического разреза вендских отложений Чаяндинского НГКМ

Чаяндинское месторождение разделено на пять крупных тектонических блоков: Северный, Южный I, Южный II, Саманчакинский и Восточно-Талаканский. Каждый из этих блоков в своих пределах имеет внутренние тектонические нарушения. Данные нарушения разделяют блок на более мелкие составляющие, к которым приурочены залежи углеводородов.

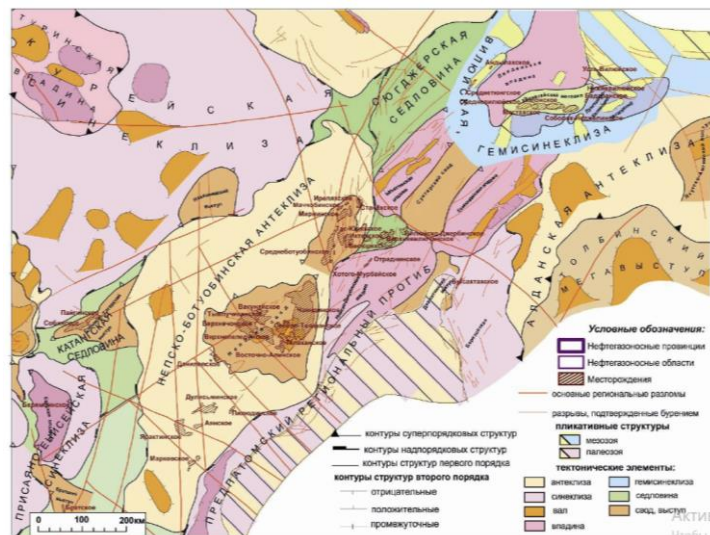


Рис. 2. Структурно-тектоническая карта Непско-Батуубинской антеклизы

Чаяндинское НГКМ по категории запасов относится к уникальным. Геологические запасы год по категории C1 + C2 на 2022 год составляют: 1,2 трлн м³ природного газа и 61,2 млн т нефти и конденсата [2].

Геологическое строение Хамакисского продуктивного горизонта осложняется разделением его на две части: верхнюю и нижнюю. Нижнюю часть принято считать основной, она имеет большее распространение, в свою очередь верхняя часть имеет меньшее распространение и расположено только в северном блоке и в северной части южного блока месторождения. Верхняя часть перекрывает нижнюю с резким угловым несогласием [5].

На хамакинском горизонте выделено 21 залежь углеводородов в пяти тектонических локах (Северный, Южный I, Южный II, Саманчакинский и Восточно-Талаканский), из которых нефтяных – 2 залежи, нефтегазоконденсатных с нефтяными оторочками – 4 и газоконденсатных – 15.

Нижняя часть хамакинского горизонта имеет мощность 40–60 м, и представлена в основном чередованием кварцевых и полевошпатово-кварцевых песчаников и песчаных аргиллитов. Песчаники имеют слабую карбонатизацию 5–10 %. Порода-коллектор нижней части горизонта сложены в основном кварцевыми и полевошпатово-кварцевыми песчаниками, при этом песчаники участками галитизированы. Прослеживается неоднородное засоление коллектора. Пористость по пласту меняется в диапазоне 5–19 %, проницаемость имеет значения 1–800 мД, в отдельных случаях достигает 1600 мД.

Верхняя часть горизонта состоит в основном из песчаных тел и имеет неоднородную мощность, максимальные значения прослеживаются в северо-западной части (8–12 м) с последующим уменьшением в юго-восточном направлении (1–2 м).

Порода-коллектор представлена разномасштабным полевошпатово-кварцевым неглинистым песчаником. Порода значительно галитизирована по сравнению с нижней частью и имеет высокую гамма-активность. Степень засоления породы не превышает 86 %. Карбонатизация небольшая и варьируется в интервале 5–7 %. Пористость изменяется в пределах 2–5 %, на отдельных участках достигает 15–21 %, проницаемость изменяется в пределах 1–1600 мД [4].

Нижняя часть горизонта генетически связана с прибрежно-морской фацией валов, баров, которые образуются благодаря перемещению и выносу к берегу донных осадков волнами. На это указывает мощная пачка песчано-глинистых пород в нижней части. Резкое угловое несогласие между верхней и нижней частями горизонта указывает на перерыв в осадконакоплении.

Так как верхняя часть хамакинского горизонта состоит из песчаных тел и имеет неоднородную мощность, то можно утверждать, что осадконакопление происходило в континентальных обстановках и связано с деятельностью временных водотоков. Такие условия повлияли на то, что залежи углеводородов имеют сложное как литолого-тектоническое, так и тектоническое экранирование.

Литература

1. Крикунов А. И., Рыжова Л. А., Канунникова Н. Ю. Результаты литологических и промыслово-геофизических исследований пород хамакинского продуктивного горизонта на Чаяндинском месторождении // Вести газовой науки. – 2011. – № 1 (6). – С. 146–161.
2. Газпром. Чаяндинское месторождение // [Электронный ресурс] URL: <https://www.gazprom.ru/projects/chayandinskoye/> (дата обращения 10.03.2023)
3. Ивченко О. В. Разработка комплекса исследований по выявлению зон повышенной продуктивности в пределах месторождений углеводородов Непско-Ботубинской: 25.00. 12: дис.... на соискание ученой степени канд. геол.-мин. наук // Текст: непосредственный. – 2022.
4. Крекнин С. Г. и др. Современная геолого-геофизическая модель Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. – 2016. – № 2. – С. 44–55.
5. Севостьянова Р. Ф. Хамакинский горизонт Чаяндинского месторождения в свете новых геологических и поисково-разведочных данных // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2017. – Т. 12. – № 1. – С. 3.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫХ И ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЛЬКАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО)

Назарова А.А.¹, Жукова В.В.², Михиенко Д.В.¹, Шугалей А.Е.¹

Научные руководители доцент Шамина М.И., доцент Рычкова И.В.

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

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

Литолого-геохимические и палеофациальные исследования продуктивных нижнемеловых и юрских отложений проводились для оценки их нефтегазоносности и уточнения геологической модели месторождения «Ольканское» (на примере скв. 1 и 2).

Ольканское газоконденсатное месторождение расположено в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области.

В тектоническом отношении изучаемый район относится к положительной структуре первого порядка – Тазовскому мегавалу.

Месторождение приурочено к Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции и располагается в Пур-Тазовской нефтегазоносной области. Скважиной № 1 вскрыты продуктивные терригенные отложения трех свит: котухтинской (J₁₋₂kt), тюменской (J₂tm) и юракской (K₁jur); скважина № 2 – котухтинской (J₁₋₂kt), тюменской (J₂tm), сиговской (J₂₋₃sg), юракской (K₁jur) и малохетской (K₁ml). Разрезы обеих скважин неоднородны по гранулометрическому составу и характеризуются переслаиванием литологических разностей.

По результатам изучения текстурно-структурных особенностей керна было выделено 4 литотипа [3]. *Первый литотип* наблюдается только в скважине № 2 (пласты БТ12_1-1А, БТ12_1-Б), он сложен преимущественно песчаниками мелко- и среднезернистыми и алевролитами мелко- и крупнозернистыми, характеризуется однородными, субпараллельно-слоистыми текстурами, реже линзовидно- и косослоистыми.

Второй литотип выделен в обеих скважинах в отложениях малохетской (пласт БТ14), юрацкой (пласт Б) и сиговской (пласт СГ5) свит. Отложения представлены аргиллитами и алевролитами мелкозернистыми с пологослойчатыми, реже рябчиковыми текстурами.

Третий литотип отмечается в отложениях сиговской (пласт СГ7) и тюменской (пласты Ю₂¹ и Ю₂²) свит. Литотип представлен переслаиванием терригенных пород (аргиллиты, алевролиты и песчаники) и характеризуется волнисто- и косослойчатыми, пологослойчатыми, реже рябчиковыми текстурами. Часто отмечаются текстуры размыва и оползания. В большинстве образцов отмечалось большое количество углефицированного растительного детрита. Некоторые образцы были представлены матовым или блестящим углем.

Четвертый литотип выделен в пределах котухтинской свиты (пласты Ю7, Ю8 и Ю10). Отложения четвертого и третьего литотипа очень схожи, однако разрез тюменской свиты характеризуется большим количеством песчаников. Так же преобладают в основном однородные; параллельно-, косо- и волнистослойчатые текстуры.

По классификационной диаграмме В.Д. Шутова песчаники котухтинской, тюменской и сиговской свит относятся к аркозам и кварцевым грауваккам. Принадлежность песчаников конкретной свиты к тому или иному классу однозначно выделить нельзя, потому что процентное содержание породообразующих компонентов в данных образцах изменяется незначительно.

Анализ лито-генетических диаграмм свидетельствует о прибрежно-морских и переходных условиях осадконакопления: по Г.Ф. Рожкову – сильные вдольбереговые течения, выходы на мелководье, прибрежно-морские фации; по Р. Пассеги – приподнятая часть шельфа, пляжи мелководья и под действием мутьевых потоков; по К.К. Гостинцеву – слабые течения, морские фации, широкие участки устьев рек, морские фации.

Были проинтерпретированы геохимические данные, полученные по результатам количественного определения породообразующих окислов в породах (метод РФА). Геохимические модули рассчитывались по методике Я.Э. Юдовича и М.П. Кетрис [5]. Было установлено, что значения модулей в двух скважинах практически идентичны. Это означает, что в пределах изучаемой области породы формировались под действием одних и тех же процессов. Таким образом, породы относятся к типу сиаллиты и сиферлиты (гидролизатный модуль – ГМ), их формирование происходило в прибрежно-морских условиях (титановый модуль – ТМ). По значениям АМ (алюмокремниевый модуль) терригенные и кремнистые породы относятся к глинистым. Калиевый модуль (КМ) несет в себе важную генетическую информацию о распределении калия и алюминия среди породообразующих минералов [2]. По значению модуля КМ в глинистых породах сиговской свиты (пласт СГ5) преобладают гидрослюда и хлорит, это характерно для сингенетичнобитуминозных пород [1]. Модули ЩМ (щелочной модуль), НКМ (сумма модулей НМ и КМ) и ЖМ (железный модуль) характеризуют породы как нормо- и супернатриевые, нормально-щелочные и норможелезистые, соответственно.

При люминесцентно-микроскопическом изучении песчаников котухтинской, тюменской и сиговской свит повсеместно были выявлены следы миграции битумоидов, что свидетельствует о факте флюидомиграции в разрезах. Среди отложений тюменской (интервалы 3608,7–3670,3 м) и котухтинской (интервал 4068,6–4078,1 м; 4080,6–4130,6 м; 4228,9–4244,0 м) свит зафиксированы породы с большим количеством битумоидов маслянисто-смолистого (желтовато-бурое свечение) и маслянистого составов (желтоватое свечение), приуроченных к цементирующей массе и трещинам. Такие горизонты при соответствующем ФЕС могут служить хорошими коллекторами УФ.

По результатам проведенных исследований проведена палеорекострукция условий осадконакопления [4]. Котухтинская свита формировалась в условиях низкого гидродинамического режима (тракт низкого стояния), это подтверждается преобладанием в разрезе свиты пород псаммитовой размерности с однородными, полого- и волнистослойчатыми текстурами. Во время формирования тюменской свиты происходила регрессии моря, в следствие чего установился высокий гидродинамический режим – текстуры пород приобретают нарушенный, рябчиковый облик. Малохетская и юрацкая свиты так же формировалась в условиях низкого гидродинамического режима (тракт низкого стояния), причем исходя из литологического состава, литификация отложений юрацкой свиты происходила в более глубоководных условиях (преобладают аргиллиты и алевролиты мелкозернистые), чем в случае малохетской свиты (преобладают песчаники). Таким образом, в пределах изучаемого разреза наиболее продуктивные отложения выделены в пределах тюменской (пласты Ю₂¹ и Ю₂²) и котухтинской (пласты Ю7, Ю8, Ю10) свит. Породы-коллекторы представлены мелко- реже среднезернистыми аркозами и кварцевым граувакками, характеризуются сильно нарушенными текстурами. Такие текстурные признаки характерны для сильных вдольбереговых течений и прибрежно-морских штормовых областей. По классификации терригенных коллекторов эти проницаемые породы относятся к III классу (средняя проницаемость и емкость).

Литература

1. Бурлин Ю. К., Конюхов А. И., Карнюшина Е. Е. Литология нефтегазоносных толщ. – Недра, 1991.
2. Складов Е. В. и др. Интерпретация геохимических данных //М.: Интермет инжиниринг. – 2001. – Т. 288.
3. Назарова А. А., Щур Е. А. Использование литолого-фациальных, палеогеографических и палеоихнологических характеристик меловых отложений севера Западной Сибири (Ямало-Тазовская мегасинеклиза) для оценки перспектив нефтегазоносности // Актуальные проблемы геологии докембрия, геофизики и геоскологии: материалы XXXIII молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти чл.-корр. АН СССР К.О. Кратца и акад. Ф.П. Митрофанова, Апатиты, 3-7 Октября 2022. – Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2022. – С. 130 - 133;
4. Шамина М. И., Рычкова И. В., Гладков Е. А. Литогеохимические и биостратиграфические особенности тюменской и науманской свит (юго-восток Западной Сибири) //Нефтяное хозяйство. – 2017. – №. 8. – С. 42-46.
5. Юдович Я. Э. и др. Геохимия и рудогенез черных сланцев Лемвинской зоны Севера Урала //Сыктывкар: Пролог. – 1998. – Т. 340. – С. 16.

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫХ И ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ**

Назарова А.А.¹, Усова И.И.²

Научный руководитель доцент Шамина М.И.

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

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

С целью оценки нефтегазоносности района нами были проведены комплексные литолого-геохимические исследования на территории северной Хакасии вблизи поселка Ши́ра в разрезе северного крыла крупной антиклинальной структуры, геологическое строение которой идентично строению крупнейшего месторождения газоконденсата (Новомихайловское) на юге Хакасии.

Изучаемый разрез находится между озерами Иткуль и Ши́ра, недалеко от трассы Ши́ра-Абакан, и представляет собой северное крыло антиклинальной складки, характеризует отложения верхнего структурного этажа. Обнажение значительно протяженное, в котором на дневную поверхность выходят породы среднего девона - сарагашская (илеморовская) и бейская свиты. Отложения свит представлены куэстовыми грядами субширотного простирания.

Сарагашская свита распространена в Чебаково-Балахтинской впадине Северо-Минусинской котловины и соответствует аскызской и илеморовской свитам Южно-Минусинской котловины. В районе наблюдается трансгрессивное залегание сарагашской свиты на породы нижнего девона, фиксирующее так называемый «предживетский перерыв». В то же время сарагашские отложения согласно перекрываются известняками бейской свиты.

Бейская свита распространена в Минусинском межгорном прогибе. Бейская свита повсеместно согласно залегает на илеморовской и сарагашской свитах, на бортах впадин – иногда трансгрессивно на породах фундамента. Свита согласно перекрывается красноцветной ойдановской свитой верхнего девона.

В тектурно-структурном плане породы всех трех профилей обладают схожим обликом. Выделено два литотипа: терригенные и биогенно-хемогенные породы. Текстуры преимущественно неяснослойчатые, реже горизонтально-слоистые, пятнистые и прожилковые. Постдиагенетические преобразования в изученных породах выражаются в сильной коррозии, перекристаллизации, растворении и выщелачивании карбонатных минералов, окремнении пород.

Терригенные породы представлены алевролитами, аргиллитами и песчаниками. Песчаники отмечались только в Восточном профиле (сарагашская свита). По классификационной диаграмме В.Н. Шванова они относятся к кварцевым грауваккам [4].

На основе результатов гранулометрического анализа были построены динамогенетические диаграммы для уточнения палеофациальных условий осадконакопления. По диаграмме Г.Ф. Рожкова фигуративные точки пород соответствуют полноту с оловянной переработкой осадков, волновым процессам на мелководье, нейтральной полосе побережья – прибрежно-морская фацис [3]. По диаграмме Р. Пассеги – фациса направленных течений в лагуне [6]. Согласно генетической диаграмме К.К. Гостинцева отложения формировались в условиях мутьевых потоков, русловых осадков, фацис пляжей, в условиях широких устьев рек, мелководья, речных плесов, морских фацис [2]. Таким образом, породы формировались в условиях прибрежно-морских фацис.

Люминесцентно-микроскопическое изучение отложений бейской свиты в УФ-свете свидетельствует о повсеместном присутствии миграционных битумоидов легкого состава (светло-желтое свечение), приуроченных к проницаемым зонам, что свидетельствует о самом факте флюидомиграции в районе.

По результатам РФА, РСА по Я.Э. Юдовичу и М.П. Кетрис были рассчитаны литохимические модули. По значениям гидролизатного модуля (ГМ) образцы восточного профиля относятся к типу миоцилиты, который включает в себя кремневые (аквагенные) и существенно кварцевые (литогенные) породы, а западного и центрального – класс гипосиллиты и нормосиллиты. Алюмокремниевый модуль (АМ) характеризует образцы, как гипоглиноземистые, так и нормоглиноземистые песчаники. Оценка щелочности пород по совокупности щелочного, натриевого, калиевого модулей указывает на принадлежность образцов к кремнистым породам с преобладанием гидрослюд, хлоритов и ортоклаза. Показатели модуля нормированной щелочности относят образцы к нормально-щелочным, иногда наблюдаются аномально высокие значения модуля НКМ, поэтому они относятся к гиперщелочным породам. По показателю железного модуля породы относятся к нормально-железистым и гипожелезистым [5].

По данным петрогенных окислов (СаО-МgО) для карбонатных пород построена диаграмма Л.В. Афинова, согласно которой образцы профилей относятся к доломиту кальцитовому и известняку доломитовому.

В пределах центрального профиля отмечаются повышенные концентрации Ва (до 17,39 %), которые могут быть связаны с наличием глинистого материала в некарбонатной составляющей породы, где данный элемент мог осаждаться. А также накопление Ва может быть связано с началом эвапоритового процесса. В то время, как содержание Ва в центральном и восточном профилях изменяются в пределах 0,14–4,78 %.

Помимо расчета модулей был определен фациальный индикатор St/Ba для изучаемых отложений. Отношение $St/Ba > 1$ свидетельствует об морских условиях осадконакопления.

По результатам пиролитического анализа методом Rock-Eval было осуществлено термическое моделирование эволюции нефтематеринских пород.

Параметр S1 показывает, сколько мг углеводородов содержится в поровом пространстве породы (в 1 г породы). Также этот показатель называют долей свободных углеводородов в породе. Количество

углеводородов в поровом пространстве породы содержится в следовых количествах, S_1 изменяется от 0,02 до 0,09 ($S_{1cp} = 0,05$ мг УВ/г породы). Такие низкие значения параметра S_1 типичны для обнажений. Параметр S_2 показывает генерационный потенциал породы в мг УВ/г породы. Значения параметра S_2 для всех проанализированных образцов очень низкие, S_2 изменяется от 0,05 до 0,58 ($S_{2cp} = 0,2$ мг УВ/г породы). По содержанию общего органического углерода (ТОС) образцы не обладают признаками нефтематеринских пород: ТОС изменяется от 0,02 до 0,33 ($ТОС_{cp} = 0,11$ %). На основании величин генерационного потенциала (S_2) и содержания органического углерода (ТОС) породы классифицируются как бедные.

Таблица

Сравнение отложений изучаемой площади и Ново-Михайловского месторождения

Изучаемая площадь	Ново-Михайловская площадь
Антиклинальная структура	Антиклинальная структура
Породы среднего девона, бейская и сарагашская свиты	Породы среднего девона, бейская свита
Карбонатные и обломочные породы с пологослоистыми и неяснослоистыми текстурами	Карбонатные и обломочные породы с пологослоистыми текстурами
Прибрежно-морские условия формирования	Прибрежно-морские условия формирования

Однако среди образцов некоторые имеют повышенный генерационный потенциал ($S_2 = 0,48$ мг УВ/г породы); а два образца имеют повышенные значения параметра S_2 (12z, 16z: 0,56 и 0,58 мг УВ/г породы соответственно).

Анализ параметра T_{max} для образцов с повышенными значениями пика S_2 указывает на то, что отобранные образцы являются незрелыми (T_{max} изменяется от 427 до 432, стадия МК11).

Карбонатные породы-коллекторы по оценочно-генетической классификации карбонатных пород-коллекторов (по К.И. Багринцевой) относятся к Группе В, классу VII [1].

Таким образом, изученные породы практически идентичны продуктивным отложениям Ново-Михайловского месторождения. Этот вывод подтверждается результатами комплекса литолого-петрографических, геохимических, палеогеографических исследований. Факт флюидомиграции подтверждают также результаты анализа пород в ультрафиолетовом спектре излучения. Вероятно, карбонатные породы бейской свиты могли бы служить хорошим коллектором газоконденсата при наличии надежных покрышек, отсутствие в разрезе нефтегазопроизводящих горизонтов указывает на более глубокое их залегание.

Литература

1. Багринцева К. И., Красильникова Н. Б., Сауткин Р. С. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов рифея Юрубчено-Тохомского месторождения //Геология нефти и газа. – 2015. – №. 1. – С. 24-40.
2. Гостинцев К. К. Методические указания по дробному гранулометрическому анализу седиментационным способом //ВНИГРИ, 1989, 181с. – 1989.
3. Рожков Г. Ф., Соловьев Б. С. Результаты систематизации дробных ситовых анализов //Литология и полезные ископаемые. – 1974. – №. 5. – С. 110-117.
4. Шванов В. Н. Структурно-вещественный анализ осадочных формаций:(начала литомографии). – Недра, 1992.
5. Юдович Я. Э., Беляев А. А., Кетрис М. П. Геохимия и рудогенез черносланцевых формаций Пай-Хоя. – 1998.
6. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits //Sedimentology. – 1969. – Т. 13. – №. 3-4. – С. 233-252.

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ В МЕСТАХ ФОКУСИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКИ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ **Оберемок И.А.**

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Большая часть шельфа морей Восточной Арктики (57 %) вмещает в себя термоллабильные газогидратные скопления [3, 5, 8]. Повышение средней температуры провоцирует деградацию чувствительных газогидратов, проявляющуюся в виде широкого распространения очагов фокусированной инфильтрации метан-содержащих флюидов – метановых сипов, что придает данному региону статус глобального эмитента метана (от 2 до 17 Тг/год).

Активное протекание ключевых биогеохимических процессов в сипах – анаэробного окисления метана и микробной сульфатредукции – способствует изменению геохимической среды, что отражается на процессах перераспределения химических элементов в системе вода-донные отложения, активизирует процессы аутигенного карбоната- и сульфидообразования [1, 2].

Целью данной работы является оценка соотношения форм нахождения химических элементов методом селективного выщелачивания BCR в донных отложениях в условиях эмиссии метана.

СЕКЦИЯ 1. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

В данной работе было проанализировано 8 образцов поверхностного горизонта донных осадков, отобранных на шельфе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря в ходе рейса АМК-82 на борту НИС «Академик М. Келдыш» осенью 2020 года в различных обстановках осадконакопления (Рисунок 1). Методом селективного выщелачивания BCR [4] были определены следующие формы химических элементов в донных отложениях:

- обменная, водо- и кислоторастворимая фракция (связанная с растворимыми веществами, карбонатами и обменными катионами);
- восстанавливаемая (связанная с окислами/гидроокислами Fe и Mn);
- окисляемая (связанная с органическим веществом и сульфидами);
- остаточная (сорбированная на силикатных минералах).

Концентрация химических элементов определялась методом ICP-MS в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ИШПР ТПУ.

Наиболее ярко процессы дифференциации вещества будут проявляться в условиях эмиссии метана, в этой связи анализ результатов исследования форм миграции химических элементов представлены в сравнении рядов распределения элементов в фоновых условиях (в точках, где отсутствуют видимые проявления эмиссии метана) и в условиях эмиссии. На силовых станциях относительно фона зафиксирован наглядный рост процентного содержания обменной фракции, связанной с растворимыми веществами, карбонатами и обменными катионами, косвенно описывающей процесс аутигенного карбонатообразования (Рисунок 2). Значительное изменение доли указанных форм отмечается для Mn (+33 отн. %), Co (+21 отн. %), Mg (+18 отн. %), I (+16 отн. %), Sr (+14 отн. %), U (+10 отн. %). Для таких элементов как Fe, Mo, V, Al, Cr, As, P и Ba не выявлено значительных изменений.

Значительных отличий в соотношениях восстанавливаемой формы, связанной с окислами/гидроокислами Fe и Mn, для большинства анализируемых элементов не выявлено, однако для отдельных элементов зафиксирован значительный рост U (+24 отн. %), As (+22 отн. %), I (+26 отн. %), Mn (+38 отн. %).

Доля окисляемой фракции, ассоциированной с органическим веществом и сульфидами, на силовой станции значительно снижается для U (-10 отн. %), Mg (-21 отн. %), Al (-20 отн. %), Cr (-14 отн. %), Co (-12 отн. %), As (-12 отн. %), Ni (-12 отн. %) и Zn (-11 отн. %), однако незначительное увеличение зафиксировано для V (+9 отн. %), Mo (+9 отн. %), Cu (+8 отн. %). Изменение соотношения указанной фракции косвенно может быть обусловлено процессами аутигенного минералообразования.

Минимальные изменения отмечаются для остаточной фракции (прочно связанная с остаточными (силикатными) минеральными фазами) для всех элементов за исключением Cu, для которой характерно существенное сокращение вклада остаточной формы на 23 отн. %.

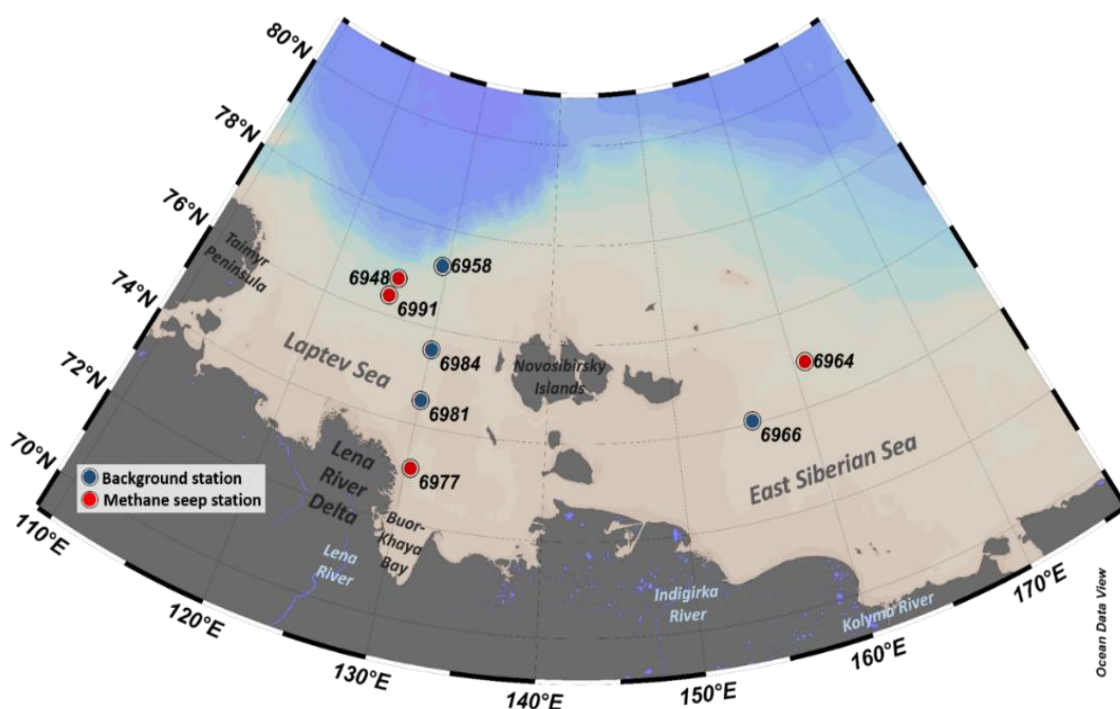


Рис. 1. Расположение станций отбора проб донных осадков

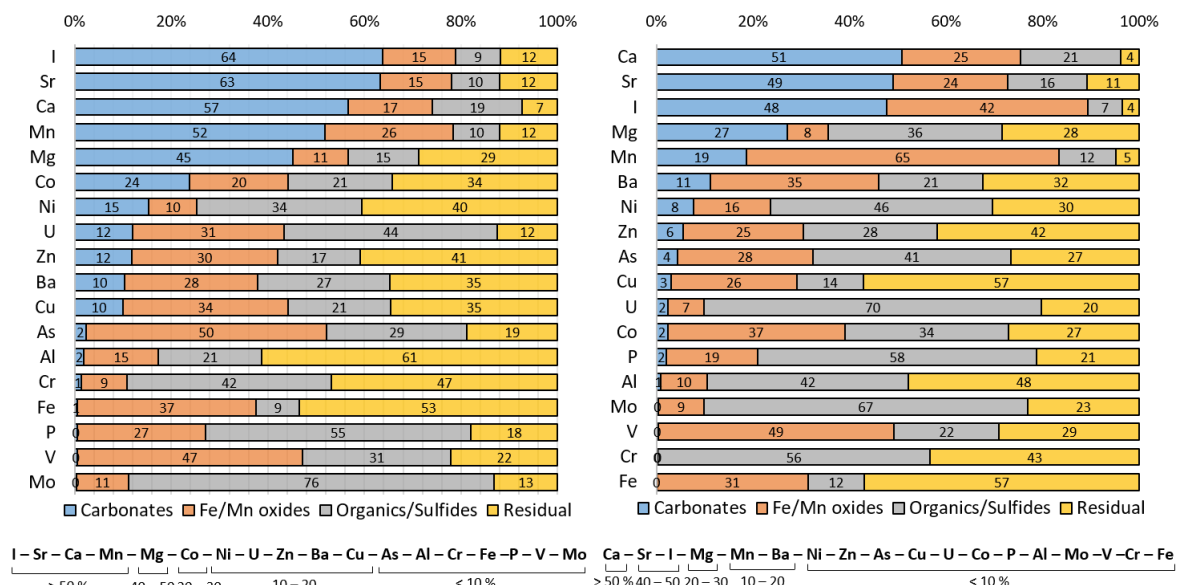


Рис. 2. Усредненное соотношение форм нахождения химических элементов в фоновых и типовых станциях

Таким образом, поведение химических элементов в рассматриваемых условиях определяется особенностями геохимической среды, а также связано с особенностями строения самих химических элементов. Все это определяет особенности их поведения на начальных этапах цикла осадконакопления.

Литература

1. Рубан А. С. и др. Геохимические особенности донных осадков в областях разгрузки метан-содержащих флюидов на внешнем шельфе моря Лаптевых //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – №. 12. – С. 76-89.
2. Guseva N. et al. The Impact of Methane Seepage on the Pore-Water Geochemistry across the East Siberian Arctic Shelf. Water 2021, 13, 397. – 2021.
3. Mestdagh T., Poort J., De Batist M. The sensitivity of gas hydrate reservoirs to climate change: Perspectives from a new combined model for permafrost-related and marine settings // Earth-science reviews. – 2017. – Т. 169. – С. 104-131.
4. Rauret G. et al. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials //Journal of environmental monitoring. – 1999. – Т. 1. – №. 1. – С. 57-61.
5. Romanovskii N. N. et al. Offshore permafrost and gas hydrate stability zone on the shelf of East Siberian Seas //Geo-marine letters. – 2005. – Т. 25. – С. 167-182.
6. Seredin V. V. Major regularities of the REE distribution in coal. – 2001.
7. Seredin V. V., Dai S. Coal deposits as potential alternative sources for lanthanides and yttrium //International Journal of Coal Geology. – 2012. – Т. 94. – С. 67-93.
8. Shakhova N., Semiletov I., Chuvilin E. Understanding the permafrost-hydrate system and associated methane releases in the East Siberian Arctic Shelf //Geosciences. – 2019. – Т. 9. – №. 6. – С. 251.
9. Smrzka D. et al. Trace element distribution in methane-seep carbonates: The role of mineralogy and dissolved sulfide //Chemical Geology. – 2021. – Т. 580. – С. 120357.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА ТП₂₂ ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО ЯМАЛА

Овчаренко В.М., Тишенская А.В.

Научный руководитель доцент Недоливко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Объект исследования – продуктивный пласт ТП₂₂, вскрытый бурением на газоконденсатном месторождении М. Месторождение административно относится к Ямальскому району Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области, в соответствии с нефтегазogeологическим районированием расположено в пределах Ямальской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Цель исследований – выявление особенностей геологического строения и закономерностей распространения отложений пласта ТП₂₂ по территории месторождения.

Актуальность исследования продиктована сложным геологическим строением пласта, его литологической неоднородностью, слабой изученностью и необходимостью уточнения геологического строения пласта в связи с вводом месторождения в эксплуатацию для проектирования оптимальной системы разработки.

В геологическом строении месторождения М принимают участие породы палеозойского складчатого фундамента и терригенные песчано-глинистые отложения платформенного мезозойско-кайнозойского чехла. Пласт ТП₂₂ в стратиграфическом отношении относится к готеривскому ярусу и располагается в нижней части таноппинской свиты (K₁tn) [1]. В тектоническом плане месторождение приурочено к структурам Среднеамальского мегавала, являющегося частью Тамбейского межграбенового блока.

По А.Э. Конторовичу и др. [3] в готеривское время изучаемая территория палеогеографически находилась в области мелкого моря глубиной 100–200 м и формирования осадков связано с регрессивным этапом осадконакопления, обмелением моря и приближением области осадконакопления к береговой линии.

Пласт ТП₂₂ полностью охарактеризован керном и вскрыт в интервале глубин 2746,10–2771,00 м. По результатам изучения выявлены следующие основные литотипы.

Песчаники светло-серые до серовато-бурых (нефтенасыщенные) мелкозернистые, полимиктовые, сцементированные глинистым цементом. Породы однородные и слоистые, слоистость преимущественно горизонтальная и косая разнонаправленная прерывистая, иногда нарушенная следами жизнедеятельности донных животных.

Алевриты светло-серые до темно-серых мелко-крупнозернистые. Слоистость пород горизонтальная и волнистая сплошная, косая разнонаправленная и линзовидная прерывистая, отчетливая. Породы содержат следы взмучивания, размыва и биотурбации, представленные ходами, следами ползания и зарывания донных организмов, заполненными глинистым материалом. Структура алевритовая.

Глинистые породы окрашены в темно-серый цвет, в них преобладают горизонтальная и линзовидная прерывистые типы слоистости. Наблюдаются вторичные текстуры затекания. Структуры пород пелитовые.

Терригенный состав пород, наличие песчаных осадков, косая разнонаправленная слоистость, отражающая возвратно-поступательный (волновой) характер движения водной среды, наличие следов жизнедеятельности донных организмов свидетельствуют о накоплении осаждавшегося материала в условиях прибрежной полосы моря [2].

Пласт ТП₂₂ на изучаемой территории характеризуется невыдержанной толщиной отложений, которая изменяется от 18,9 до 37,8 м. Наиболее мощные отложения формировались в пределах извилистой полосы субмеридионального простирания и на северо-западе территории: наибольшие значения общих толщин отмечаются в центральной части исследуемого района, значительно уменьшаясь в северном, восточном и западном направлениях (рис. 1).

Толщина песчаников, измеренная по линии «ПС = 0,5 варьирует от 0,4 до 24,6 м (рис. 2). Наиболее мощные песчаные осадки (со значениями толщин более 5 м) накапливались в виде изолированных замкнутых тел в центральной, северной и северо-восточной частях территории, постепенно выклинивались в южном и юго-западном направлениях, где толщины песчаников уменьшаются до 0.

Неоднородный литологический состав пласта ТП₂₂ (пласт сложен тремя основными литотипами: песчаниками, алевритами и глинистыми породами и их переслаиванием) обусловил широкую изменчивость значений коэффициента песчаности, значения которого в пределах изучаемой территории изменяются от 0,07 до 1 (рис. 3). Наиболее высокие значения данного параметра наблюдаются в центральной части участка и совпадают с областью наибольших общих толщин пласта ТП₂₂ и наибольшей толщиной песчаников. К западу и юго-востоку песчаные осадки постепенно заменяются алевритовыми и глинистыми, и значения коэффициента песчаности уменьшаются практически до нуля.

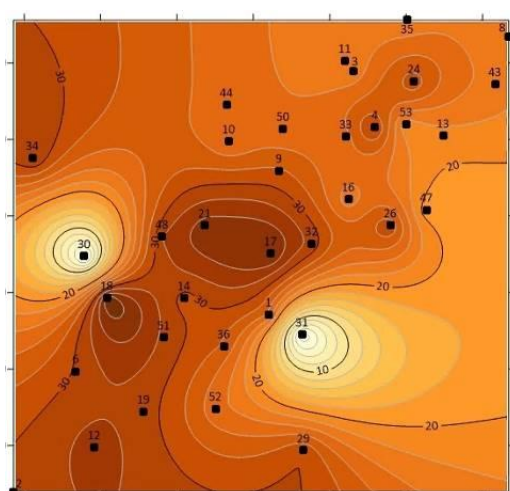


Рис. 1. Карта общих толщин пласта ТП₂₂ месторождения М

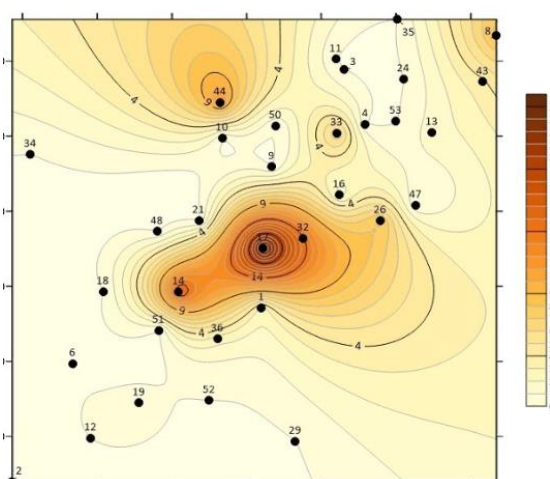


Рис. 2. Карта толщин песчаников по линии «ПС = 0,5 пласта ТП₂₂ месторождения М

Динамика среды седиментации определялась по максимальному значению «ПС, измеренному по кривой самопроизвольной поляризации (рис. 4). Наиболее высокий гидродинамический режим седиментации отмечается в центральной части территории (район скважин 14 и 32) и на северо-востоке (район скважины 43). В условиях среды

с низкой активностью осаждался материал на юго-западе и в северной части территории (районы скважин 2–6–51 и 9–50–11–35 соответственно).

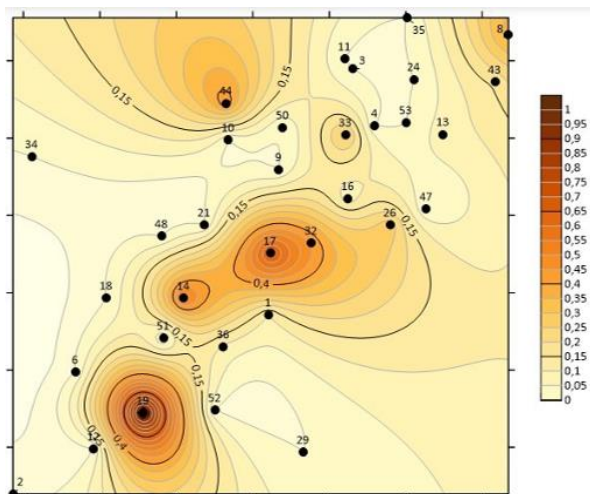


Рис. 3. Карта значений коэффициента песчаности пласта ТП₂₂ месторождения М

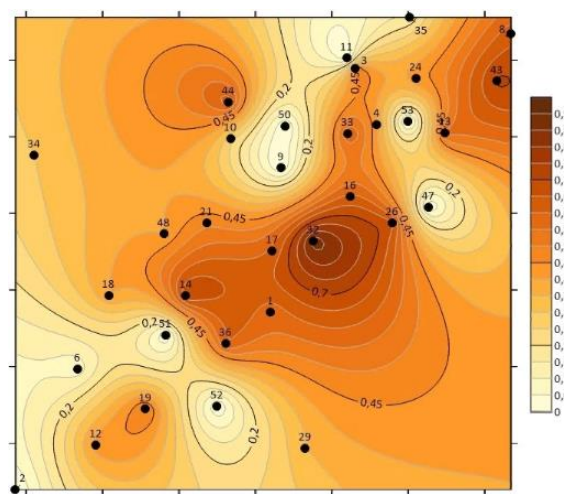


Рис. 4. Карта значений α ПС пласта ТП₂₂ месторождения М

Учитывая прибрежно-морской характер осадконакопления, генетические признаки отложений и анализируя выявленные закономерности распространения пород на месторождении можно сделать вывод о том, что существенно песчаные осадки накапливались в высокودинамичной и среднединамичной водной среде в пределах изолированных вдольбереговых баров (район скважин 14–17–32–26; скважины 19; скважины 44, скважины 33; скважин 43–8). На склонах баров в более глубоководных обстановках песчаный материал осаждался в незначительных количествах, а существенное значение приобрела садка алевритовых и глинистых осадков. В межбаровых котловинах (линии скважин 47–53–11; 9–50) и на удаленных от баров участках погруженного морского дна (на западе и юго-востоке территории) в условиях низкой и очень низкой гидродинамики воды осуществлялась седиментация алевритовых и глинистых осадков.

Литература

1. Кислухин И. В. Особенности геологического строения и нефтегазоносность юрско-неокомских отложений полуострова Ямал. – 2012.
2. Недолывко Н.М. Исследования керна нефтегазовых скважин: Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – 137 с.
3. 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.

ПОЛИМОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПЕСЧАНЫХ ПОРОДАХ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Панин В.Р.

Научный руководитель профессор Мельник И.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Полимодальность – частотное распределение, характеризующееся двумя или более локализованными модами, каждая из которых имеет более высокую частоту встречаемости, чем другие непосредственно соседние особи или классы. В геологии полимодальность распределения обычно трактуется как следствие неоднородности исследуемого объекта [6].

Обычно используемая статистическая обработка распределения зерен по размерам неуместна, если рассматриваемый осадок является полимодальным [2]. 190 образцов донных отложений из системы река-озеро были проанализированы одним или несколькими методами определения размеров, большинство выборок являются полимодальными, с двумя модами. Исследование [1] проливает свет на геологические и физические факторы, которые приводят к полимодальному распределению зерен по размерам в двух системах дюн на юго-востоке Оахаки, Мексика. Авторы определили наиболее подходящую статистическую модель распределения Вейбулла с данными, полученными с помощью лазерной гранулометрии, и выявили полимодальные распределения размеров дюнных песчинок. Авторы пришли к выводу, что размеры зерен прибрежных дюнных песков, зависят от влияния таких внешних факторов как ветер, гидродинамические условия и т. д.

В свою очередь, глубинные флюиды, поступающие в песчаный коллектор, также являются внешним фактором геохимического воздействия на аллотигенные минералы исследуемого песчаника. Поэтому рассмотрим результаты исследований песчаных интервалов по 40 скважинам Томской области (Болтная, Пинджинская, Киев-

Ёганская и другие площади) на предмет статистического распределения интенсивностей вторичных преобразований. Интенсивность преобразования породы (вторичные пиритизация и каолинитизация) вычислялась по методике статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин (ГИС), разработанной профессором И.А. Мельником [3, 6]. Под интенсивностью (I) понимается произведение коэффициента аппроксимации (R^2) и интервального параметра (Y) между двумя выборками данных ГИС. Для процесса пиритизации – отрицательная регрессия содержания железа и удельного электрического сопротивления, а для вторичной каолинитизации – положительная регрессия пористости с глинистостью.

Целью данной работы является иллюстрация образования полимодального распределения интенсивностей вторичных процессов в песчаных коллекторах и информативности данного распределения в качестве поискового инструмента продуктивных залежей.

Всего исследовано песчаных пластов юрского возраста: 41 – нефтегазонасыщенных и 75 – водонасыщенных. На основании полученных результатов построены гистограмма интенсивностей аддитивных параметров вторичных пиритизации и каолинитизации (рисунок 1), а также гистограммы аддитивного параметра для раздельных выборок углеводородонасыщенных и водонасыщенных интервалов (рисунок 2).

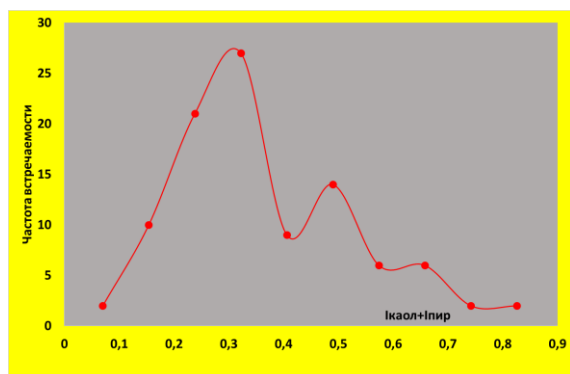


Рис. 1. Гистограмма аддитивной интенсивности вторичных пиритизации и каолинитизации из выборки песчаных интервалов скважин Томской области

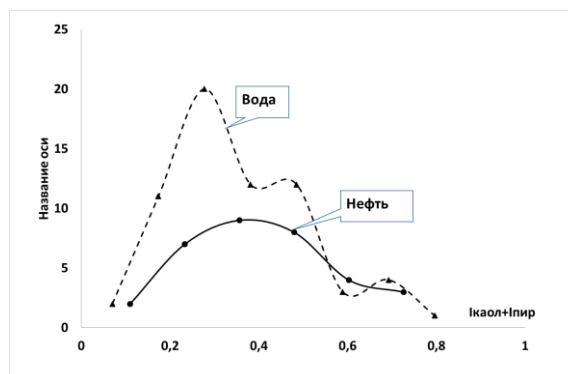


Рис. 2. Гистограммы интенсивностей аддитивного параметра для нефтегазонасыщенных и водонасыщенных песчаных интервалов скважин Томской области

Суммирование двух интенсивностей обусловлено тем, что образование залежи происходит в результате процесса парагенеза, процессы каолинитизации и пиритизации проходят при одних и тех же условиях, при $pH = 4-5$ [3, 4]. Например, коэффициент корреляции между интенсивностями каолинитизации (13 значений, до величины $I_{\text{каоил}} = 0,17$ усл. ед.) и пиритизации нефтенасыщенных интервалов составляет $+0,8$. Сдвиг вправо суммы статистических интенсивностей в нефтенасыщенных пластах (относительно максимума моды водоносных пластов) может быть обусловлен образованием большей кислотности в результате фазового разделения смеси вода-нефть. На рисунке 2 видно, что мода одномодального распределения аддитивного параметра нефтеносных пластов соответствует минимальной величине полимодального распределения водоносных пластов.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

Во-первых, интенсивность вторичных процессов в песчаных пластах юрского возраста полимодальна, вследствие поступления глубинных флюидов с отличительной pH от равновесной среды коллектора.

Во-вторых, мода мономодального распределения нефтенасыщенной группы выборочных данных аддитивного параметра сдвинута в большую степень интенсивности относительно водонасыщенной выборки.

В-третьих, исследуемый аддитивный параметр может служить индикатором вероятной перспективности песчаного коллектора юры (по Томской области) в случае его величины приблизительно равной $I = 0,35 \pm 0,05$.

Литература

1. Kasper-Zubillaga J. J. et al. Implications of polymodal distributions in the grain size parameters of coastal dune sands (Oaxaca, Mexico) //Sedimentary Geology. – 2022. – Т. 437. – С. 106189.
2. Xiao J. et al. Partitioning of the grain-size components of Dali Lake core sediments: evidence for lake-level changes during the Holocene //Journal of Paleolimnology. – 2009. – Т. 42. – С. 249-260.
3. Козеренко С. В. и др. Исследование механизма образования пирита в водных растворах при низких температурах и давлениях //Геохимия. – 1995. – Т. 9. – С. 1553-1565.
4. Лебедев Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Недра, 1992.
5. Мельник И. А. Основы статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин. – 2022.
6. Мельник И. А. Полимодальность гистограмм геологических характеристик как критерий флюидодинамики //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 9. – С. 66-74.

ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАЛЕОНТОЛОГИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ

Пахтаева М. Г.

Научные руководители профессор Иванов В.П., доцент Рычкова И.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Молекулярная палеонтология представляет самостоятельным научным направлением, изучающим молекулярные остатки органических соединений, по структуре которых можно судить об их биохимическом происхождении [2]. Целью настоящих исследований является выявление диагностических признаков, по которым можно было бы сопоставлять микроструктуры с их атомарно-молекулярной организацией фитолейм.

В качестве объектов исследования были выбраны фитолеймы – фоссилизированные (мумифицированные и обугленные) остатки растений из скважин и обнажений различных групп: водоросли, полиподиопсиды и гинкгопсиды юрского периода; проптеридофиты девонского периода; птеридоспермиды и кордаитовые каменноугольного-пермского периодов; хвощовые каменноугольного-пермского и юрского периодов; плауновидные каменноугольного-пермского периодов. Также были отобраны остатки растений из опада (или гербарий): водорослей, полиподиопсид и гинкгопсид, хвощовых, плауновидных и покрытосеменных. Кроме того, были исследованы не только растения, но и другие организмы: девонские строматолиты и протерозойская невландиевая проблематика.

Для изучения эволюции древнего и современного растительного мира, а также невландиевой проблематики и цианобионтов, были применены подходы молекулярной палеонтологии. Для этого использовался аппаратно-программный комплекс структурно-кластерного анализа углефицированных веществ на основе инфракрасного диффузного отражения взамен широко применяемому методу пропускания, который также направлен на подобные исследования [3]. Проведённые ранее исследования структуры фитолейм хвощей, папоротников, гинкговых, хвойных растений [1] данным методом показали, что использование таких спектров вполне пригодно для изучения образования структуры этих веществ.

Была составлена эталонная коллекция в виде таблицы и графиков (фото образцов и ИК-спектрометрических характеристик их веществ) для расшифровки микроструктуры и атомарно-молекулярной организации веществ образцов.

Сравнительный анализ показал, что существуют отличительные признаки, которые можно использовать в качестве диагностических признаков (в виде маркеров) структурных элементов строения материи на разном уровне её проявления.

По спектральной характеристике видно различие строения органических веществ по показателям структурно-группового анализа в виде функциональных групп химических элементов C, N, H, O, и структурно-кластерного анализа в виде функциональных структурных единиц-кларатов. По результатам сравнительного анализа установлено:

- по спектральным показателям функциональных структурных единиц можно проследить эволюцию от низкоорганизованных до высокоорганизованных организмов;
- по данным показателям хорошо различаются эволюция видов, например, строение хвощовых (рис.).



Рис. Графическое изображение структур хвощей по функциональным структурным единицам на основе структурно-кластерного анализа

Спектральный анализ структуры растений внутри одного вида показал, что листья, стебли хвощовых сильно различаются, и это можно наблюдать и в споровых папоротниках. Он также позволяет выявлять структурные различия современных водорослей с раковинами пеллеципод и червей с водорослями, очищенными от них.

Это свидетельствует об условиях среды обитания растений и их симбиозе с животным миром. Поэтому данный признак может быть маркером для палеорекострукции седиментогенеза.

Создаваемая коллекция будет пополняться и в дальнейшем её можно использовать в качестве эталонной для расшифровки ископаемых органических веществ, не сохранивших клеточную структуру. Даже на представленном небольшом материале видно, что метод инфракрасного диффузного отражения и созданный на его основе аппаратно-программный комплекс структурно-кластерного анализа углефицированных веществ расширяет возможности молекулярной палеонтологии, что достаточно перспективно в проведении исследований в данном направлении.

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. 84-95.
2. Кальвин М. Химическая эволюция: Молекулярная эволюция, ведущая к возникновению живых систем на Земле и на других планетах: Пер. с англ. – Мир, 1971.
3. Diaz M. A. L. et al. Preserved chemistry of Cretaceous gymnosperm leaves in volcanic-ash deposits. Baqueró Group, Patagonia, Argentina //Cretaceous Research. – 2021. – Т. 118. – С. 104646.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ЧАУНСКОЙ ГУБЫ (ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ): ДАННЫЕ ПО МЕТОДУ ROCK-EVAL

Полтавская Н.А.¹, Гершелис Е.В.¹, Чаркин А.Н.², Гусева Н.В.¹, Семилетов И.П.^{1,2}

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

² *Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия*

В последние десятилетия климатические изменения особенно активно проявляются в арктическом регионе, оказывая значительное влияние на функционирование климатической системы [3, 4]. Так, глобальное потепление провоцирует интенсивное разрушение подводной и наземной мерзлоты, в результате чего высвобождаются большие объемы органического вещества (ОВ). Вовлечение ремобилизованного углерода в современные биогеохимические циклы может приводить к увеличению эмиссии метана в атмосферу и асидификации вод арктических морей [3, 4]. Наши исследования сфокусированы на Восточно-Сибирском арктическом шельфе - уникальной природной лаборатории для изучения механизмов переноса и накопления «мерзлотного» органического углерода. С этой точки зрения наиболее изученными являются прибрежные зоны моря Лаптевых, в частности, губа Буор-Хая [1, 2, 4], а также западная часть Восточно-Сибирского моря (ВСМ) [2, 3, 6]. Однако данные по восточной части внутреннего шельфа Восточно-Сибирского моря чрезвычайно ограничены. В нашей работе мы приводим данные по геохимическим особенностям ОВ донных осадков Чаунской губы, полученные с использованием пиролитического анализа Rock-Eval. Уникальность данного района исследования заключается в ограниченном влиянии речного стока, отсутствием субаквальной мерзлоты и крайне малой изученности [7]. Для установления особенностей седиментации в Чаунской губе мы установили гранулометрический состав осадков. Размерная типизация осадочного материала основана на трехкомпонентной классификации «песок-алеврит-глина» Ф. Шепарда. Исследование основано на изучении 57 проб донных осадков, отобранных с трех различных горизонтов (0–2 см, 2–5 см и 5–10 см), во время комплексной морской научно-исследовательской экспедиции 60 рейса НИС «Академик Опарин» в сентябре-октябре 2020 года. Район исследования охватывает акваторию Чаунской губы и частично внутренний шельф Восточно-Сибирского моря.

По данным гранулометрического анализа основная доля осадков поверхностного слоя приходится на алеврит-пелитовую и пелит-алевритовую фракции со средним содержанием 45,96 % и 31,81 % соответственно. Промежуточный смешанный слой содержит в среднем 11,74 % песка, при этом доминирующим в составе остается алеврит-пелитовая (47,96 %), пелит-алевритовая фракции (30,28 %); 10,02 % приходится на глину. Нижележащий слой характеризуется преобладанием алеврит-пелитовой (47,13 %) и пелит-алевритовой фракций (36,54 %), 13,27 % приходится на глину и 3,07 % - на песок. В целом, для Чаунской губы прослеживается увеличение доли глинистого материала по мере удаления от береговой зоны и увеличения глубины. Накопление пелитовых осадков обусловлено гравитационным осаждением глинистых частиц в стабильных подледных условиях, в частности, в центральной части Чаунского залива и на внутреннем шельфе ВСМ [8]. В свою очередь, за накопление крупнозернистого материала в юго-западной и западной частях Чаунской губы, вероятно, отвечают процессы поступления терригенного материала с термоабразией береговой зоны и речным аллювием [8].

По данным пиролитического анализа содержание общего органического углерода (ТОС) в районе исследования варьировалось в пределах от 0,49 до 2,06 %. Наибольшие значения ТОС отмечаются в центральной части Чаунского залива, а также на внутреннем шельфе ВСМ. Данные участки пространственно совпадают с глубоководными участками небольших подводных склонов как в самой Чаунской губе, так и за ее пределами. Значения водородного индекса варьируются от 34 до 232 УВ/г ТОС, значения кислородного индекса находятся в диапазоне от 134 до 571 мг СО₂/г ТОС. Полученные данные указывают на субокислительные условия образования ОВ. Данный вывод подтверждает диаграмма Ван-Кревелена, где значения НІ и ОІ попадают в переходную область между планктоногенным и гуминовым типами ОВ.

Таким образом, результаты пиролитических исследований указывают на то, что в пределах Чаунской губы и части внутреннего шельфа ВСМ ОБ формируется из автохтонного и аллохтонного источников. Аллохтонное ОБ связано с поступлением терригенного материала в конечный бассейн седиментации с продуктами локальной термоабразии береговой зоны, с речным стоком.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема #FSWW-2023-0010)

Литература

1. Gershelis E. et al. Composition of sedimentary organic matter across the Laptev Sea Shelf: Evidences from Rock-Eval parameters and molecular indicators //Water. – 2020. – Т. 12. – №. 12. – С. 3511.
2. Salvadó J. A. et al. Contrasting composition of terrigenous organic matter in the dissolved, particulate and sedimentary organic carbon pools on the outer East Siberian Arctic Shelf //Biogeosciences. – 2016. – Т. 13. – №. 22. – С. 6121-6138.
3. Semiletov I. et al. Acidification of East Siberian Arctic Shelf waters through addition of freshwater and terrestrial carbon //Nature Geoscience. – 2016. – Т. 9. – №. 5. – С. 361-365.
4. Semiletov I. P. et al. 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. – Т. 10. – №. 9. – С. 5977-5996.
5. Vetrov A. A., Romankevich E. A., Belyaev N. A. Chlorophyll, primary production, fluxes, and balance of organic carbon in the Laptev Sea //Geochemistry International. – 2008. – Т. 46. – №. 10. – С. 1055.
6. Vonk J. E. et al. Molecular and radiocarbon constraints on sources and degradation of terrestrial organic carbon along the Kolyma paleoriver transect, East Siberian Sea //Biogeosciences. – 2010. – Т. 7. – №. 10. – С. 3153-3166.
7. Патык-Кара Н. Г., Иванова А. М. Геохимические поиски месторождений твердых полезных ископаемых на континентальном шельфе //Н. П. Лаверов, И. С. Грамберг. М.: Научный мир. – 2003.
8. Полтавская Н. А. и др. Особенности состава органического вещества донных осадков Чаунской губы (Восточно-Сибирское море) //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – №. 2. – С. 130-146.

КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ И ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-КОЛЬЧУМСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ Попов П.П.

Научный руководитель старший преподаватель Хопта И.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Изучаемая территория расположена в Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции и в одноименном осадочном бассейне, домезозойская часть которого подразделяется на два структурных подэтажа (яруса). Верхний ярус сохранился в северных частях бассейна и представлен пермотриасовым комплексом [1]. Нижний структурный ярус сложен неопротерозой-нижнепалеозойскими отложениями и подразделяется на пять согласно залегающих комплексов.

Юрский литологостратиграфический комплекс – один из самых сложный по строению и наиболее мощный в субпровинции. Анализ геологического разреза позволяет выделить верхнеюрский, нижнесреднеюрский комплексы. Верхнеюрский комплекс приурочен к отложениям тяжинской и марьяновской (максимоярской) свит, представленными переслаиванием темно-серых глин, аргиллитов, песчаников, алевролитов. Нижнесреднеюрский комплекс приурочен к урманской, тогурской, пешковской и тюменской свитам, представленными сложным переслаиванием песчаников, алевролитов, аргиллитов и пластов бурых углей, аргиллитами с прослоями тонкозернистых песчаников. Большое литологическое разнообразие в составе свит может говорить о различных схемах условий образования, что позволяет предполагать зоны развития структурных и неструктурных ловушек, а также зон, благоприятных для формирования пород с улучшенными коллекторскими свойствами [3].

Условия формирования: На начальных этапах формирования (урманское время) данного юрского комплекса территория представляла собой не высокую холмистую возвышенность. Скорость погружения 89 метра/млн лет. Далее в тогурское и пешковское время начинается опускание территории и появление обширных речных долин. Свиты характеризуется скоростью погружения 1,4 метров/млн лет и 17,9 метров/млн лет соответственно. В тюменском веке продолжается опускание территории (58 метров/млн лет) и появление озер и обширных болот. В тяженское время продолжается тенденция опускание территории. Основная часть площади представляет собой низкую аккумулятивную равнину с большим количеством озер и болот. С запада начинает надвигаться море. Часть западных территории площади стала представлять собой лагуны и морские мелководья. В максимоярскую эпоху уже большая часть территории представляла собой лагуны и мелководные морские берега. Район приурочен к зоне тропического климата. Максимоярская и тяженская свиты характеризуется скоростью погружения 3,8 метра/млн лет.

Типы ОБ и стадии катагенеза: В нижней части комплекса наблюдается преобладание сенгенетичного гумусового органического вещества. В тогурской и пешковской свите начинает преобладать миграционное гумусовое органическое вещество над сенгенетично-остаточным (отношение Pr/Ph составляет 1,8–3,0). Роль ароматических соединений резко понижена, представлены арены часто конденсированными системами (1020 см⁻¹), а также ароматическими эфирами. Широко выражен комплекс кислородных соединений, включающих алифатические эфиры (сопряжение п.п. 1700, 720 см⁻¹) Конфигурация ИК-спектров в области 1700–1600 см⁻¹ формируется,

вероятно, под воздействием миграционной (паравтохтонной) составляющей битумоида, что проявляется в поочередном доминировании п.п. 1700 и 1600 см⁻¹. В большинстве образцов преобладающим является максимум кислородсодержащих групп (C = O) при 1700 см⁻¹, но в ряде случаев соотношение полос изменяется в сторону доминирования «ароматической» составляющей. Породы этих свит испытывают стадии катагенеза МК1-МК2 конфигурация области 1700–1600 см⁻¹ D1600 > D1700 [2]. В тюменской свите так же преобладает гумусовый тип органического вещества. ИК-спектр битумоида данного генезиса проявляется по высокой ароматичности (1600 см⁻¹, триплет п.п. 875, 815, 750 см⁻¹, доминирование полосы 750 см⁻¹ в области 750-720 см⁻¹) и наличие конденсированных нафтенно-ароматических и ароматических систем (1040–1020 см⁻¹). Свита испытывает стадию катагенеза МК1 – в ик-спектрах появляется поглощение в области 1680–1650 см⁻¹ отмечается появление хиноидных структур. Об относительно невысокой зрелости органического вещества свидетельствует также преобладание нечетных n-алканов в высокомолекулярной области и отсутствие легких изопреноидов. Однородность битумоидов выражена в полимодальности кривых, что обусловлено, по-видимому, смешанным характером битумоида – на сингенетичную составляющую, генерированную гумусовым органическим веществом (главный максимум выпадает на nC₂₅₋₂₇) накладывается легкие, перемещенные, (паравтохтонные) компоненты (область n-C₁₆₋₁₇). Тяженская и максимоярская свита в основном представлена сенгенетичным сапропелевым органическим веществом (налицо алифатический характер углеродного «скелета», и в полимодальном однопиковом распределении кривых n-алканов) со стадией катагенеза ПКз. ИК-спектр битумоида демонстрирует значительную роль алкильных группировок (2900–2800, 1470 см⁻¹) в структуре битумоида, наличие длинных неразветвленных насыщенных цепей (720 см⁻¹). Весьма существенна роль разнообразных кислородных соединений (п.п. 1740–1700, 1260, 1120, 1090 см⁻¹), представленных ароматическими и алифатическими альдегидами и кетонами. Поглощение аренов выражено комплексом полос (1600, 1020, 875–750 см⁻¹), но в целом относительно невелико (D₁₆₀₀ << 0,4). В пределах одной свиты наблюдается различие ИК-спектров, обусловленное, вероятно, разной долей миграционных (паравтохтонных) соединений, представленных насыщенными и ароматическими углеводородами. В пределах свит наблюдается различие ИК-спектров, обусловленное, вероятно, разной долей миграционных (паравтохтонных) соединений, представленных насыщенными и ароматическими углеводородами.

Литература

1. Исаев В. И., Лобова Г. А. Зоны нефтегазоаккумуляции Предъенисейской части Западно-Сибирской НГП (по результатам геоплотностного моделирования вдоль регионального сейсмопрофиля XIII) //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2010. – Т. 317. – №. 1.
2. Кожанов Д. Д., Хопта И. С. Биомаркеры и изотопный состав углерода битумоидов рифей-вендских отложений Верхнекамской впадины //Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ. – 2019. – С. 213- 217.
3. Филиппов Ю. Ф., Сараев С. В. Потенциально нефтегазоносные комплексы Предъенисейского осадочного бассейна на юго-востоке Западной Сибири //Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2019. – Т. 14. – № 2.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ АКВАТОРИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Салайдинова Ю.Л.¹

Научный руководитель заведующая лабораторией Юлдашева М.Г.²

¹**Ташкентский государственный технический университет имени И.А.Каримова,
г.Ташкент, Узбекистан**

²**Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений, г.Ташкент, Узбекистан**

Сейсморазведка является одним из наиболее точных методов диагностирования и оценки геолого-геофизической информации, в частности, глубинного строения Земли, поиска залежей полезных ископаемых, в основном нефти и газа. С помощью сейсморазведочных работ проводится сейсмическое микрорайонирование.

На территории бывшей акватории Аральского моря были проведены сейсморазведочные работы различных модификаций в несколько этапов.

Впервые сейсморазведка на Араломорской территории была проведена в 1967 году методом отраженных волн общей глубинной точки (Научно-производственное объединение «Южморгео» под руководством Бабенко К. И., Максин Ю. Е., Пилипенко А. И. и др.). Результатом этих работ явилось установление резкого увеличения мощности отложений юрского возраста в пределах акватории моря. Также было замечено, что часть акватории Аральского моря близка по геологическому строению к прилегающей с запада территории Восточного Устюрта [1].

Далее наблюдался пятилетний перерыв в изучении сейсмическими методами данной территории. После этого в 1972 году возобновились исследования с помощью невзрывных источников колебаний, использующих в качестве рабочего тела сжатый воздух (пневматических излучателей) [3]. Проведенные исследования дали сведения о строении палеозойской толще пород, о тектоники южной части Аральского моря, также впервые была построена структурная карта по отражающему горизонту верхнеюрских отложений (В. О. Корсаков, К. И. Бабенко, Ю. С. Максин, А. И. Пилипенко, Д. Ф. Исмагилов). Вышеперечисленными исследователями было установлено резкое увеличение мощности отложений юры (около 2–3 км и более) в пределах акватории Аральского моря.

Научно-производственным объединением «Южморгео» в 1974–1977 гг. были проведены сейсморазведочные работы регионального уровня, исследования не коснулись центральной и южной части акватории Аральского моря. Полученные данные обработки и интерпретации этих работ позволили изучить

структурный план меловых и верхнеюрских отложений. В то же время, структурные построения для отложений доюрского времени смогли дать первое представление о строении нижней части осадочного чехла [2].

В 1982 г. научно-производственным объединением «Нефтегеофизика» начаты работы по внедрению методики невзрывной сейсморазведки с газодинамическими и вибрационными источниками возбуждения колебаний (Ченборисова Р.З. и др.). Это позволило проводить исследования методом общей глубинной точки в труднодоступных зонах высохшей части Аральского моря.

В 2007–2009 годах в пределах узбекской части Аральского моря компанией СП ООО «Aral Sea Operating Company» были проведены региональные и поисково-детальные сейсморазведочные работы МОГТ-2D. Работы проводились в трёх различных зонах: мелководно-морской части Аральского моря, в переходной зоне с глубинами воды до двух метров и на сухопутной части моря. Интерпретация материалов проводилась специалистами СП ООО «Aral Sea Operating Company». В ходе работ была выявлена структура Западный Арал, расположенная на осушенном дне Аральского моря. Также, была проведена детальная сейсмостратиграфическая привязка меловых и юрских горизонтов, корреляция отражающих горизонтов, выделение тектонических нарушений, были построены карты изохрон, структурные карты и т. д.

Благодаря вышеприведенным сейсморазведочным исследованиям были получены данные о строении меловых и юрских отложений на западной и центральной частях акватории Аральского моря, а также данные о строении пермо-триасового комплекса пород. Таким образом, было уточнено геологическое строение акватории Аральского моря от доюрских отложений до палеоген-неогеновых.

Геофизический паспорт на структуру Западный Арал (авторы Уразалыев Ж. Б., Плахтий И. И.) был подготовлен в 2008 году, и по результатам подготовки паспорта структура была включена в фонд структур, подготовленных для поисково-разведочного бурения.

В 2013–2014 гг. сейсморазведочной партией Бюро геофизической разведки (BGP) Inc. «CNPC» в пределах месторождения Западный Арал и прилегающих перспективных объектах неантиклинального типа были выполнены поисково-детальные сейсморазведочные работы по технологии общей глубинной точки 3D в масштабе 1:50000, главной целью которых являлось детальное изучение геологического строения, подготовка перспективных площадей к глубокому поисково-разведочному бурению, а также получение кондиционного сейсмического материала, который должен обеспечить построение трехмерной сейсмогеологической модели месторождения Западный Арал.

В результате получены кубы во временном и глубинном масштабах, скоростная модель среды, кубы AVO-атрибутов (Amplitude Variation with Offset, изменения амплитуд в зависимости от угла падения) и частичных угловых сумм.

По итогам интерпретации построена трехмерная сейсмогеологическая модель с определением пространственного положения локальных нефтегазоперспективных объектов, выполнены сейсмостратиграфический и сейсмофашиальный анализ продуктивных и перспективных юрских и доюрских отложений, произведен прогноз литологии, зон распространения коллекторов и типа флюидонасыщения, даны рекомендации по оптимальному заложению поисковых и разведочных скважин.

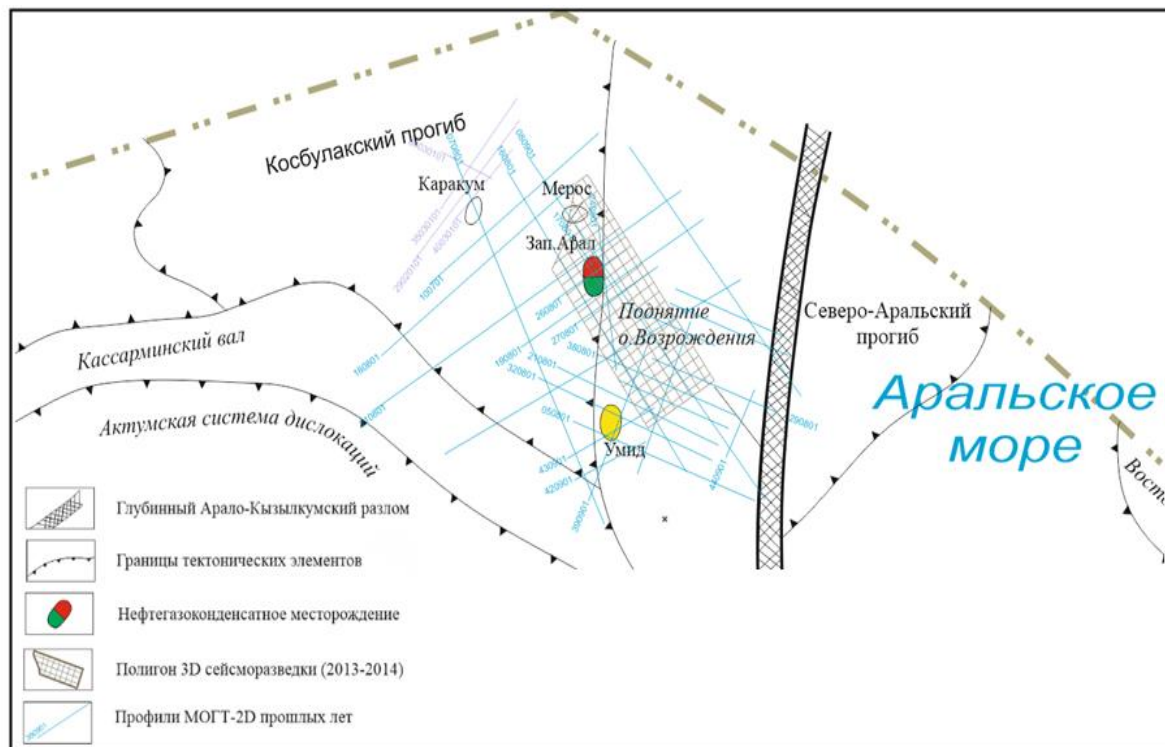


Рис. Схема сейсмической изученности акватории Аральского моря

В связи с получением новой геолого-геофизической информации по месторождению Западный Арал, выполнена актуализация геологической модели и оперативная оценка запасов углеводородов специалистами СП ООО «Aral Sea Operating Company».

Проведённые сейсморазведочные работы на узбекской части бывшей акватории Аральского моря позволили спрогнозировать потенциальные зоны накопления нефти и газа, уточнить геологическое строение элементов второго и третьего порядков на данной территории.

Литература

1. Акрамходжаев А. М. (ред.). Особенности геологического строения, структурно-тектонические, фациально-литологические, геохимические и химико-битуминологические предпосылки нефтегазоносности мезозойских отложений Устюрта. – Фан, 1967.
2. Уразалыев Ж. Б., Плахтий И. И. Новые представления о геологическом строении узбекской части Аральского моря по результатам сейсморазведочных работ 2 D 2007–2008 гг. (западная и центральная части) // Международная научно-практическая конференция «Теоретические и практические аспекты нефтегазовой геологии Центральной Азии и пути решения современных проблем отрасли». – Ташкент, 2009 г.
3. Яковлев В. Н. и др. Практика применения АВО-анализа при проведении сейсморазведочных работ 2D на узбекской части акватории Аральского моря // Международная научно-практическая конференция «Теоретические и практические аспекты нефтегазовой геологии Центральной Азии и пути решения современных проблем отрасли». – Ташкент, 2009 г.

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВОГО ТИПА БЫМСКО-КУНГУРСКОЙ МОНОКЛИНАЛИ

Симонова Е.А.

Научный руководитель старший преподаватель Хопта И.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Детальное изучение геохимических показателей органического вещества позволяют рассмотреть генерационный потенциал нефтегазоматеринских толщ, особенности миграции органического вещества и спрогнозировать залежи углеводородов. В качестве основных источников представлены отложения доманикового типа (саргаевский и доманиковый горизонты среднефранского подъяруса, фаменский и турнейский ярусы) на территории Бымско-Кунгурской моноклинали Пермского края и Республики Башкортостан. Для изучения использовались такие геохимические показатели, как содержание органического углерода (C_{org}), концентрация хлороформенного битумоида ($B_{хл}$), битумоидный коэффициент (β).

На основе средневзвешенных значений геохимических параметров были построены соответствующие карты отложений доманикового типа в целом ($C1t-D3sr$) и доманикового времени ($D3dm$).

На карте среднего содержания органического углерода (рис.1А) видно, что отложения доманикового типа в большинстве своем относятся к категории доманикоидов ($C_{org} < 5 \%$) [1] в северном направлении к границам Пермского свода и Юрюзано-Сылвенской впадины. Отложения доманикитов ($C_{org} > 5 \%$) расположены в западной, центральной и юго-восточной части Бымско-Кунгурской моноклинали.

Наибольшее содержание органического углерода ($C_{org} = 17,24 \%$) наблюдается в западной части территории. Количественное распределение битумоидных веществ (рис.2А) в основном составляет $\beta < 20-25 \%$, что характеризует сингенетичность битумоидов от центра к границам моноклинали.

Наибольшая концентрация хлороформенного битумоида (рис.3А) прослеживается на границе с Башкирским сводом ($B_{хл} = 2,5 \%$). Минимальные значения концентрации хлороформенного битумоида наблюдаются на границе с Юрюзано-Сылвенской впадиной, на востоке Пермского свода и севера Башкирского свода.

Анализ изменения содержания органического углерода в отложениях доманикового времени (рис.1Б) показал, что отложения в большинстве своем относятся к категории доманикитов ($C_{org} > 5 \%$) на западе (17,24 %) и в центральной части моноклинали (14,3 %). Доманикоиды ($C_{org} < 5 \%$) прослеживаются на северной и южной части территории (0,03-0,51 %).

Распределение битумоидных веществ (рис.2Б) характеризуется в основном эпигенетичными битумоидами ($\beta > 40-50 \%$) [2] на границе с Пермским сводом, Бабинской седловиной и Башкирским сводом, значения до 100 %. Сингенетичные битумоиды с показателем $\beta < 20-25 \%$ характеризуются на северной и центральной части до 20,10 %. Значения $\beta > 20 \%$, которые относятся к параавтохтонным битумоидам [3], расположены в центре БКМ ($\beta=36,36 \%$).

Наибольшие значения концентрации хлороформенного битумоида (до 5 %) наблюдаются в центральной и южной части Бымско-Кунгурской моноклинали (рис.3Б).

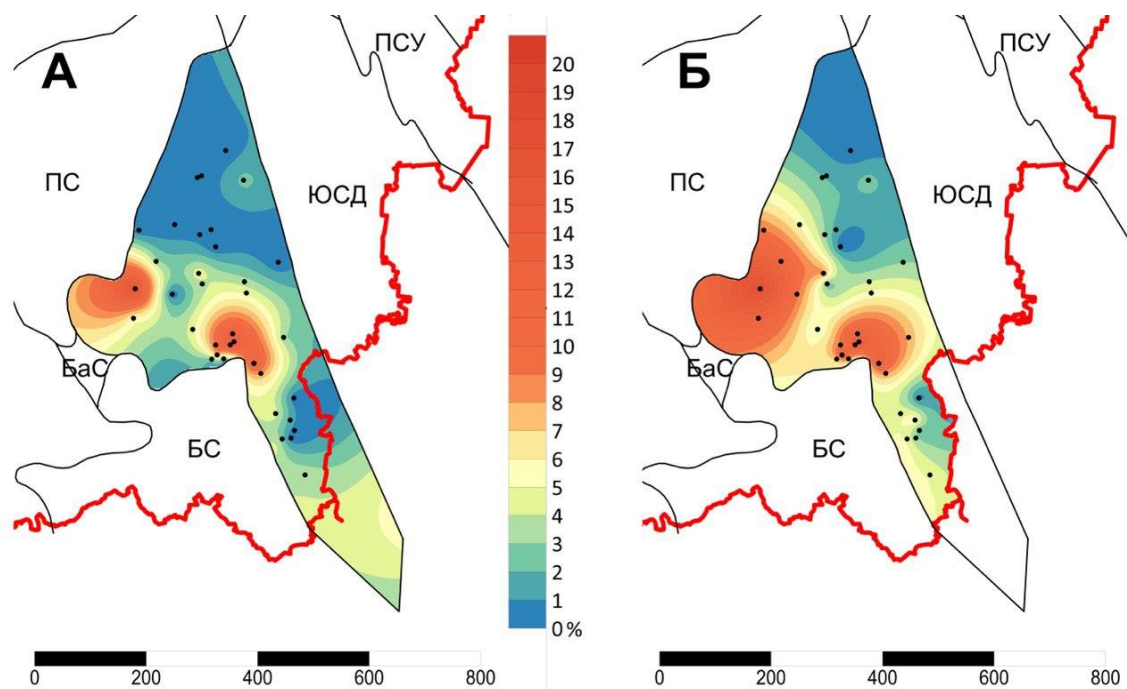


Рис. 1. Карта среднего содержания органического углерода (C_{org} , %) в отложениях доманикового типа в целом (C1t-D3sr) (А) и доманикового времени (D3dm) (Б) на территории Бымско-Кунгурской моноклинали

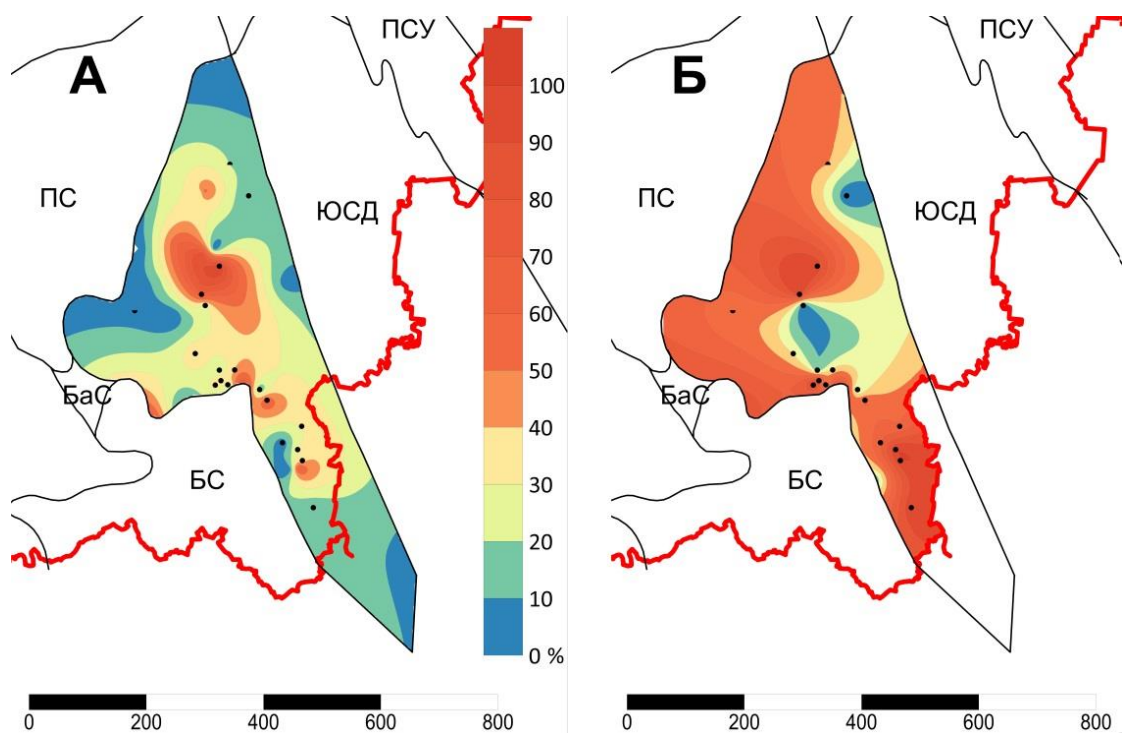


Рис. 2. Карта среднего битуминозного коэффициента (β , %) в отложениях доманикового типа в целом (C1t-D3sr) (А) и доманикового времени (D3dm) (Б) на территории Бымско-Кунгурской моноклинали

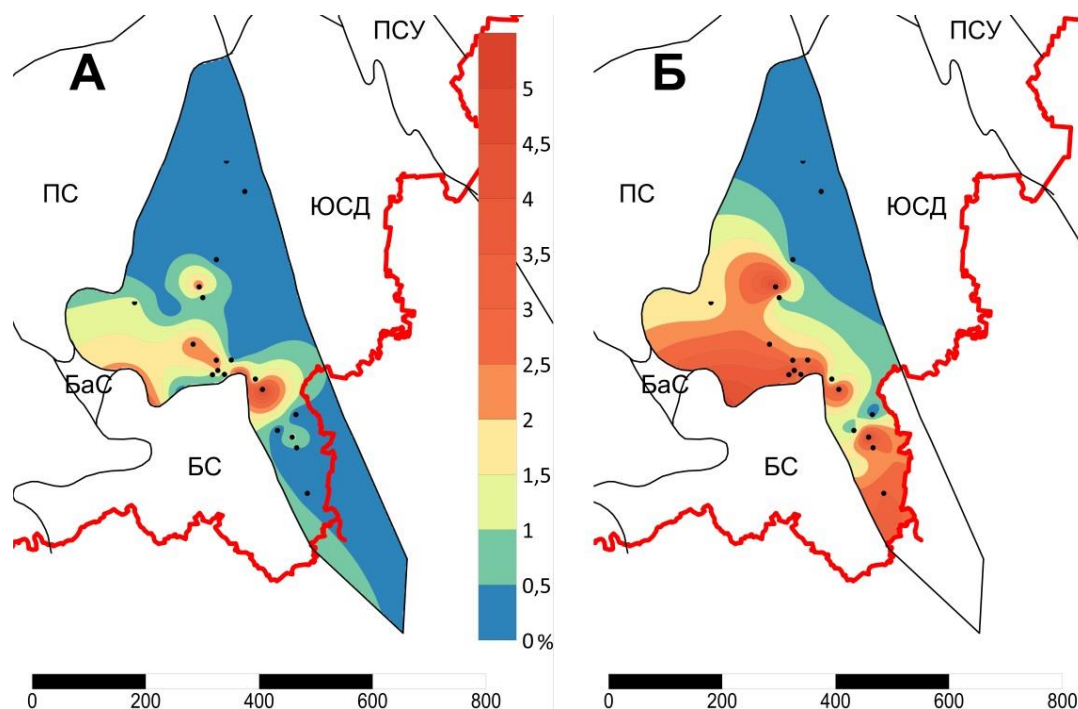


Рис. 3. Карта средней концентрации хлороформного битумоида (Бхл, %) в отложениях доманикового типа в целом (C1t-D3sr) (А) и доманикового времени (D3dm) (Б) на территории Бымско-Кунгурской моноклинали

Литература

1. Вассоевич Н. Б. Избранные труды. Геохимия органического вещества и происхождение нефти //Москва. – 1986.
2. Галкин В. И., Кочнева О. Е. Геология и геохимия нефти и газа. – 2012.
3. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. – 1981.

ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МУХАНО-ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Солтанова А.О., Самойленко В.В., Трушков П.В.

Научный руководитель профессор Гончаров И.В.

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

Волго-Уральская нефтегазоносная провинция является одним из старейших нефтедобывающих регионов России. Запасы нефти крупных и уникальных месторождений этой территории (Ромашкинское, Арланское, Туймазинское, Бавлинское, Бузулукское и др.) связаны с генерацией УВ высоко обогащёнными ОВ породами доманиковых отложений. К настоящему моменту в силу давности ведения добычи нефти на этой территории, запасы большинства разрабатываемых месторождений в значительной мере истощены. Вместе с тем, необходимость восполнения и приращения ресурсной базы в совокупности с активным развитием технологий поиска и освоения месторождений нефти поставили перед необходимостью выработки методик оценки нетрадиционных запасов УВ непосредственно в толще нефтепроизводящих пород доманикового типа.

В общепринятом смысле, под доманиковыми отложениями понимают обогащённые ОВ породы, залегающие в широком стратиграфическом интервале (D_{3sm} – C_{1t}). Характеристикой нефтегазогенерационных свойств и изучением фациально-генетических особенностей ОВ этой толщи занимались видные исследователи отечественной геохимической школы [1, 2]. Вместе с тем, при всей давности начала исследований и многочисленности работ, посвящённых органической геохимии доманиковых отложений Волго-Уральской НГП, на сегодняшний день остаётся достаточно нерешённых вопросов, связанных с оценкой начальных генерационных свойств этих пород, уровня его реализации, а также установлением закономерностей распределения нефтематеринских разностей в разрезе позднедевонского-раннекаменноугольного осадочного чехла. В настоящей работе, на основании результатов пиролитических исследований доманиковых отложений (D_{3sm}–C_{1t}) мы постарались показать основные особенности строения разреза доманиковой толщи одной из скважин осевой части Мухано-Ероховского прогиба.

Целью данной работы являлась характеристика современного нефтегазогенерационного потенциала и генерационного качества ОВ отложений доманикового типа центральной части Мухано-Ероховского прогиба методом пироллиза Rock-Eval. Пиролитический анализ выполнен на приборе «Rock-Eval 6 Turbo» в режиме метода

«Bulk Rock» (3 мин 300 °С, от 300 до 650 °С скорость нагрева 25 °С/мин). В работе были исследованы скважины с выносом керна доманиковых отложений более 90 % от их суммарной мощности. Всего для пиролитических исследований было отобрано 1800 образцов пород с шагом 0.3-0.5 м по разрезу доманиковых отложений 3-х скважин.

По результатам пиролитического анализа в разрезе доманиковых отложений чётко выделяется две толщи пород, обладающих кондиционными нефтегазогенерационными характеристиками: породы семилукского (доманикового) горизонта и породы мендымско-заволжских отложений (рис.). Наибольший интерес с позиции нефтегазогенерации являются образцы силицитов чёрных, серо-чёрных известковистых, приуроченных к отложениям семилукского горизонта. Они содержат значительные количества Сорг. (до 20 %, среднее значение 7.9 %) и обладают очень хорошим и отличным генерационным потенциалом ($S_2 = 10\text{--}67$ мг УВ/г породы, среднее значение 25 мг УВ/г породы). Формирование осадков семилукского горизонта в спокойных, восстановительных обстановках глубоководно-морского бассейна благоприятно отразилось на их нефтегенерационном качестве: современные значения HI составляют 255...344 мг УВ/г Сорг. При этом, рассматриваемые породы уже достигли значительного уровня катагенеза (завершение стадии МК₁² согласно классификации А.Э. Конторовича) и частично реализовали свой начальный углеводородный потенциал. Отложения семилукского (доманикового) горизонта завершаются пачкой серых, светло-серых плотных известняков, относимых к бурежскому надгоризонту. Они характеризуются бедными генерационными характеристиками (Сорг. < 1.0 %, S_2 не более 1 мг УВ/г породы) и не являются нефтепроизводящей толщей. Однако, данная пачка пород может выступать в роли флюидоупора, способствуя сохранению новообразованных углеводородов в теле семилукских нефтепроизводящих пород.

Начало мендымского времени соответствует постепенному обмелению позднедевонского палеобассейна и частичной смене обстановок осадконакопления. Вместе с тем, активные процессы рифтогенеза в пределах территории Самарской и Оренбургской областей способствовали образованию внутришельфовой впадины (современный Мухано-Ероховский прогиб), в пределах которой формировались осадки, обогащенные ОВ. По сравнению с породами семилукского горизонта, отложения мендымско-заволжского возраста обладают более скромными генерационными характеристиками (рис.), что может быть обусловлено спецификой условий седиментогенеза и раннедиагенетического преобразования первичной биомассы. Тем не менее, эти породы являются кондиционной нефтематеринской толщей и способны продуцировать значительные количества преимущественно жидких УВ.

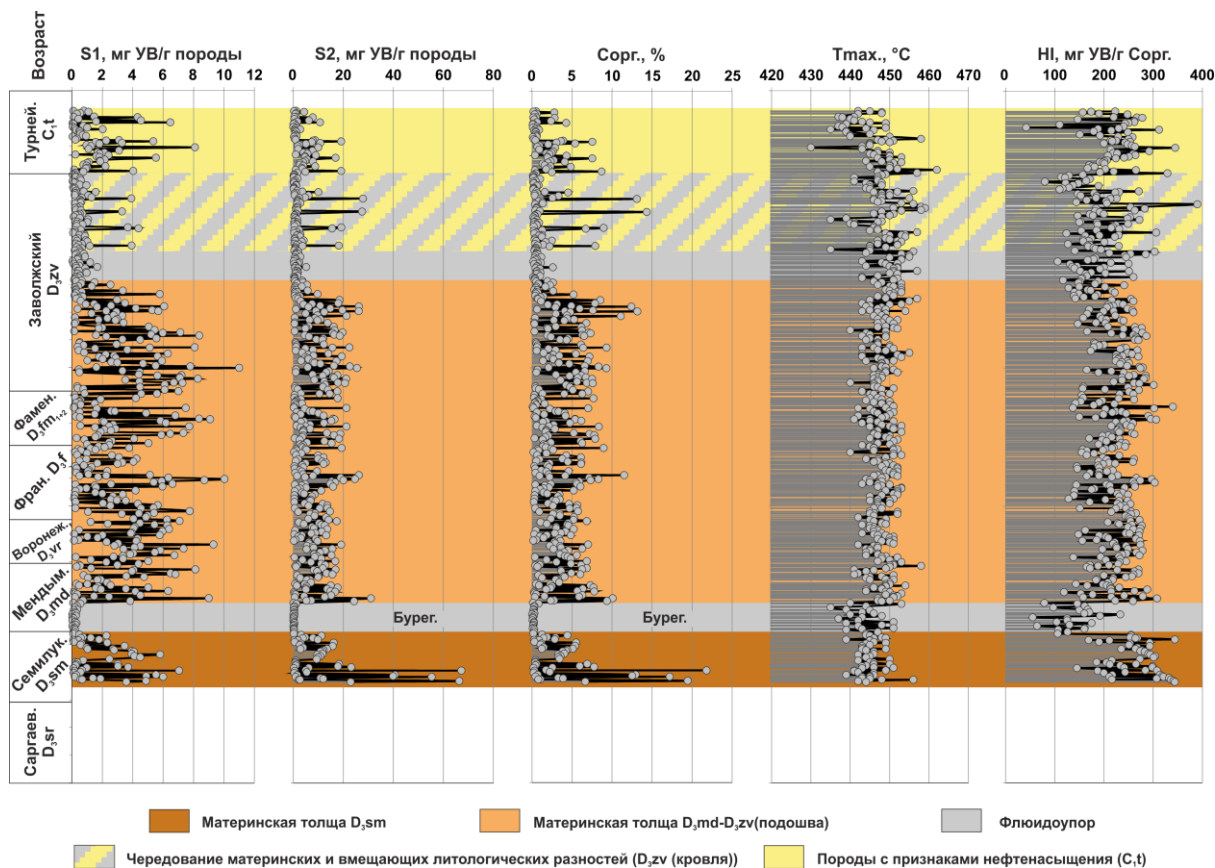


Рис. Разрез одной из скважин центральной части Мухано-Ероховского прогиба (Самарская область) по результатам пиролитического анализа

Принципиально важно обратить внимание на тот факт, что на современном этапе термической эволюции две части единой материнской формации отличаются друг от друга как современными значениями водородного

индекса, так и величиной параметра $T_{\max}$, отражающего уровень катагенеза (рис., табл.). Причём, для пород мендымско-заволжского возраста значения $T_{\max}$ несколько выше (450...455 °C) таковых в породах семилукского горизонта (445...447 °C). Очевидно, что при отсутствии источников локального прогрева осадочной толщи (например, интрузивных тел), подобные расхождения значений пиролитического параметра $T_{\max}$ могут быть обусловлены фациально-генетическими особенностями ОВ разных частей разреза доманиковых отложений и не связаны с различиями уровня их термической зрелости. Судя по всему, на догенерационном этапе термической эволюции породы семилукского горизонта и мендымско-заволжской толщи имели разный начальный генерационный потенциал и нефтегазогенерационное качество ОВ, что может быть связано со спецификой условий осадконакопления и глубиной процессов анаэробной переработки первичной биомассы осадков в диагенезе. Этот факт требует учёта при построении модели генерационно-аккумуляционной системы и подсчёта масштабов генерации породами доманиковых отложений в пределах рассматриваемой территории.

Таблица

Средние современные значения основных пиролитических параметров пород семилукского горизонта и мендымско-заволжских отложений по данным Rock-Eval пироллиза

Возраст	Параметры Rock-Eval (средние значения)			
	S2, мг УВ/г породы	Сорг. %	HI, мг УВ/г Сорг	$T_{\max}$, °C
D3sm	24	7.9	300	445
D3md-zv	16	6.5	240	450

Литература

1. Киселева Ю. А. и др. Роль доманиковых отложений в формировании залежей нефти в центральных районах Волго-Уральской НГП (Бузулукская впадина) // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58. – №. 3-4. – С. 384-397.
2. Ступакова А. В. и др. Доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна – типы разреза, условия формирования и перспективы нефтегазоносности // Георесурсы. – 2017. – №. Спецвыпуск ч. 1. – С. 112-124.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ

Усова И.И.¹

Научные руководители доцент Шамина М.И.^{1,2}, доцент Рычкова И.В.^{1,2}

**Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия**

В работе рассмотрены отложения ойдановской и тубинской свит верхнего девона Северной Хакасии, изученные на трех участках. Отложения ойдановской свиты согласно залегают на образованиях бейской свиты, перекрываются отложениями кохайской свиты. Тубинская свита завершает разрез верхнего девона, согласно залегают на породах кохайской свиты, перекрывается отложениями быстрянской свиты каменноугольной системы [4].

Изучаемые терригенные отложения содержат малое количество фаунистических и флористических остатков, что осложняет проведение палеогеографического анализа. Для выяснения условий осадконакопления, составления модели формирования потенциальных пород-коллекторов использован комплекс литолого-петрографических и геохимических методов, анализ результатов которых позволил достоверно восстановить фациальные условия формирования пород.

Рассмотренные три комплекса отложений отличаются по структурно-текстурным и петрографическим признакам: отложения ойдановской свиты комплекса 1, изученные в окрестностях поселка Жемчужный, представлены переслаиванием мелкозернистого красноцветного кварцевого и мезомиктового песчаника средней сортировки. В составе обломков: кварц – 45–60 %, полевой шпат – 15–20 %, обломки пород – 20–35 %, присутствуют силициты, обломки основных эффузивов, хлорит, мусковит, биотит. Цементирующая масса: карбонаты, глинистое вещество, оксиды и гидроксиды железа. Постдиагенетические преобразования проявляются в средней коррозии, средней регенерации, деформациях чешуйчатых минералов и сильном катаклазе. Текстура неяснослоистая, горизонтально-слоистая, тонкоплитчатая.

Отложения тубинской свиты комплекса 2, отобранные на территории заповедника Сундуки, представлены песчаником и алевролитом. Переслаивание мелко-тонкозернистого буровато-желтого, красновато-бурого кварцевого и аркозового песчаника имеет среднюю сортировку. В составе обломков: кварц – 35–60 %, полевой шпат – 24–30 %, обломки пород – 15–40 %, присутствуют силициты, обломки основных эффузивов, хлорит, мусковит, биотит. Цементирующая масса: карбонаты, глинистое вещество, оксиды и гидроксиды железа. Постдиагенетические преобразования проявляются в средней коррозии, средней регенерации кварцевых зерен и среднем катаклазе. Алевролит красноцветный сложен материалом средней сортировки, текстура неяснослоистая. В породах тубинской свиты комплекса 3, вскрывающихся в разрезах на северо-западном окончании оз. Беле, выделено четыре пласта горных пород, характеризующихся различными литологическими особенностями. Переслаивание тонко-мелкозернистых красновато-бурых кварцево-граувакковых песчаников средней сортировки с линзовиднослоистой, косослоистой, волнистослоистой, бугорчатой текстурой. Цемент глинисто-карбонатный с примесью оксидов и гидроксидов железа. Постдиагенетические преобразования проявляются в сильной коррозии, средней регенерации

кварцевых зерен, и сильном катаклазе. В разрезе встречаются включения интракластов, отмечены трещины усыхания.

Согласно расположению фигуративных точек гранулометрических характеристик комплекса 1, для динамогенетической диаграммы Г.Ф. Рожкова [5] характерно формирование отложений в условиях выхода волн на мелководье, сильных вдольбереговых течений, континентальной микрофации; по диаграмме Р. Пассеги [1] породы переходят от фации шельфа, рек и направленных течений к фации направленных течений в лагуне; литогенетическая диаграмма К. К. Гостинцева [3] указывает на отнесение отложений к широким участкам устьев рек, мелководью, речным плесам, морским фациям.

Расположение фигуративных точек гранулометрических характеристик комплекса 2 свидетельствует о формировании отложений в условиях сильных речных и вдольбереговых течений, волновых процессах на мелководье, эоловой переработке речных осадков (диаграмма Г. Ф. Рожкова). Распределение точек на генетической диаграмме Р. Пассеги [1]: фации рек и направленных течений, фации мутьевых потоков. По результатам генетической диаграммы К. К. Гостинцева отложения соответствуют слабым течениям, широким участкам устьев рек, русловым осадкам.

При формировании отложений комплекса 3, согласно расположению фигуративных точек на диаграмме Г. Ф. Рожкова [5], сильные вдольбереговые течения сменились на условия континентальной фации пустынь, осадки которой претерпели эоловую переработку. Анализ расположения фигуративных точек на генетической диаграмме Р. Пассеги [1] свидетельствует о принадлежности пород к фации мутьевых потоков, с последующей сменой на фации направленных течений в лагуне или приподнятых частей шельфа. Расположение фигуративных точек на диаграмме К.К. Гостинцева [3] свидетельствует о формировании отложений в условиях слабых течений, застойных зон, фаций пляжей.

По результатам рентгеноспектрального анализа и рассчитанным литохимическим модулям [2, 6] рассматриваемые породы комплекса 1 ойчановской свиты были отнесены к типу силитов, включающих кремневые и существенно кварцевые породы с преобладанием плагиоклазов. Песчаники относятся к типу гипоглинозёмистых, нормально-щелочных, нормально-железистых. Породы формировались в условиях семиаридного климата.

Отложения комплекса 2 тубинской свиты относятся к типу гипосиаллитов и псевдосиаллитов, породы нормоглинозёмистые, нормально и суперщелочные, нормально-железистые с преобладанием гидрослюд, хлорита, плагиоклаза, ортоклаза. Отложения сформированы в условиях аридного климата.

Образцы комплекса 3 тубинской свиты относятся к типу сиаллитов и сиферлитов, обломочных кремнистых пород с преобладанием гидрослюд и хлоритов. Песчаники гипоглинозёмистые, нормально и повышенно-щелочные, нормально-железистые. Климат постепенно сменяется от прибрежно-морского-гумидного, аридного, семиаридного к континентальному гумидному.

Результаты рентгеноструктурного анализа подтверждают минеральный состав цементирующей массы и обломков, определенных кристаллооптическими методами, в песчаниках изученных комплексов. Для комплексов 2, 3 в цементирующей массе помимо кальцита отмечено присутствие эпигенетического доломита. Также среди обломков калиевых-полевых шпатов комплекса 3 по данным РСА преобладает микроклин, вероятно, питающей провинцией является не только Улень-Туимский комплекс батолитовых гранитоидов, но и Сохочульский комплекс щелочных сиенитов.

Согласно исследованиям, направленным на установление фильтрационно-емкостных свойств пород, по классификации терригенных пород-коллекторов А.А. Ханина образцы отнесены к V классу коллекторов с низкими ФЕС.

Рассмотренный комплекс пород представляет собой последовательную смену условий осадконакопления: породы, формирующиеся во франское время, отлагались при континентальной аккумуляции с преобладанием аллювиальной деятельности; процессы накопления изменились в фаменское время и продолжились в переходных условиях: фации дельтовых рукавов и сменяющих их отмелей характеризовали определенные этапы волновой и приливной дельтовой равнины. В начале формирования отложений на северо-западном окончании оз. Беле осадконакопление происходило путем осаждения песка в русле рек с сильно изменчивым течением, источник сноса вещества не был удален – обломки угловатые и полуугловатые. Периодические осушения и дефициты влаги отразились в трещинах усыхания пород третьего комплекса, происходила эоловая переработка речных осадков. Далее осадконакопление происходит в русловых условиях с медленным течением, постепенно сменяющихся на прибрежно-морские.

Таким образом, терригенные отложения верхнего девона по текстурно-структурным признакам, характеристикам ФЕС и фаціальным особенностям могли бы служить потенциальными коллекторами, но претерпели глубокие катагенетические преобразования и в настоящий момент не представляют интерес в отношении нефтегазоносности.

Литература

1. Passega R. Grain size representation by CM patterns as a geologic tool //Journal of Sedimentary Research. – 1964. – Т. 34. – №. 4. – С. 830-847.
2. Гостинцев К. К. Методические указания по дробному гранулометрическому анализу седиментационным способом //ВНИГРИ, 1989, 181с. – 1989.
3. Рожков Г. Ф., Копалиани З. Д. Дифференциация обломочного материала и гранулометрическая диаграмма α -т по косвенному счету частиц. Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе //Механическая дифференциация твердого вещества на континенте и шельфе. М., Наука. – 1978. – Т. 19786. – С. 97-117.
4. Складов Е. В. и др. Интерпретация геохимических данных //М.: Интермет инжиниринг. – 2001. – Т. 288.

- Федотов А.Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Серия Минусинская. Лист N-46-XXV (Аскиз). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013.
- Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Основы литохимии. – 2000.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВЕРНОЗНОСТИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА НА ОСНОВЕ МАКРОТОМОГРАФИИ

Федяев Н.Я.

Научный руководитель начальника сектора литологии Шалдыбин М.В.

Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск, Россия

Каверны часто являются главным вмещающим пространством для углеводородов в карбонатных коллекторах, что обуславливает высокую важность для их изучения [1]. Во многих случаях, они имеют вытянутую и уплощённую форму что указывает на анизотропию их линейных параметров. Одним из первых этапов лабораторных исследований карбонатного керна является томография. Данный метод позволяет применять широкий набор параметров для описания пустотного пространства, в том числе линейные характеристики и объём. Несмотря на важное значение компьютерной томографии для исследований керна, многие её параметры, такие как возможность определения линейных характеристик пустот, учитываются редко.

В работе представлена оценка анизотропии линейных и объёмных параметров каверн и определение их влияния на петрофизические характеристики карбонатных коллекторов (пористость и проницаемость) с использованием статистических методов.

Исследования характеризовались изучением мономинеральных доломитов рифейского возраста (Восточная Сибирь). В рамках работы отобрано 43 цилиндрических образца диаметром 70 мм из керна одной скважины. В 9 цилиндрах определены размеры, азимуты простирания и объёмы для 1051 каверны. Для каждого из 9 образцов получены данные о пористости и проницаемости (табл.).

Исследование простирания генеральной совокупности каверн показало их низкую сонаправленность для каждого из 9 образцов (рис. 1, а). Более высокая степень однонаправленности наблюдается для выборки пустот размером более 0,8 см (рис. 1, б).

Таблица

Характеристики объёмов каверн, пористости и проницаемости для исследуемых образцов

№ образца	Проницаемость, $\cdot 10^{-3}$ мкм ²			Пористость, %	Объём каверн, (см ³)	Объём каверн, %	Примечание
	продольная	поперечная 1	поперечная 2				
12860	0	0,15	0	4,13	3,42	1,48	
12869	0	0,15	0	4,4	3,13	3,09	
12894	0	0	0	2,16	0,43	0,18	
12907	0	0	0	1,5	0,71	0,31	
12925	0	0	0	2,27	1,21	0,53	
12937	0,02	65,72	0	6,8	9,17	3,97	
12940	0	0	0	2,01	1,16	0,5	
12961	1,29	0,3	0	0,46	0,09	0,04	трещина
12962	0	0	0,02	1,6	0,05	0,03	трещина

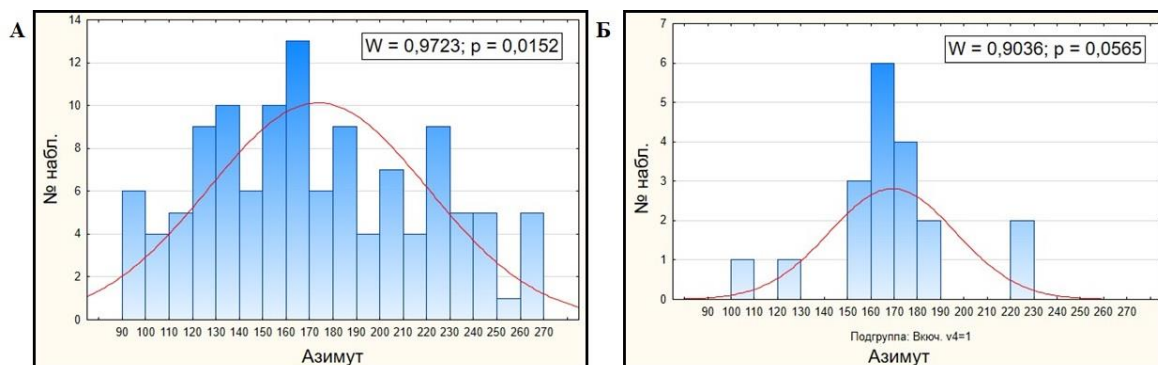


Рис. 1. Гистограммы простирания каверн образца № 12860:
а – для всех каверн в образце, б – для каверн размером более 0,8 см
(W – критерий Шапиро-Уилка, p – p-уровень).

Анализ зависимости азимутов простирания от размера каверн отразил их слабую корреляцию: всем образцам свойственны высокие показатели p-уровня, низкие значения коэффициентов корреляции и детерминации. Однако, с увеличением размеров каверн, для некоторых образцов наблюдается рост зависимости данного параметра

от азимута простираия (рис. 2). На текущий момент существует мнение о возможности совпадения направленности каверн и направления движений фильтрационных потоков [3].

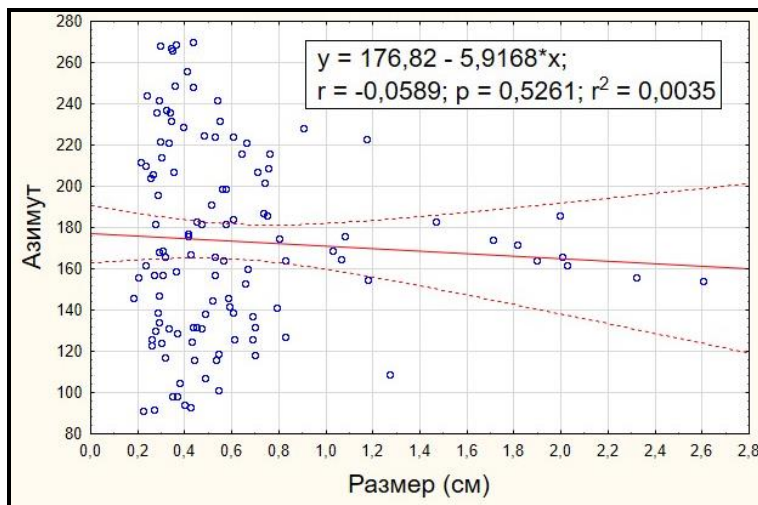


Рис. 2. Диаграмма зависимости размеров каверн от азимутов их простираия для образца № 12860 (r – коэффициент корреляции, r^2 – коэффициент детерминации, p – p -уровень)

Оценка зависимости пористости от объёма каверн показывает сильную корреляцию этих параметров: высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации (рис. 3). В настоящее время есть мнение, что такая связь указывает на развитие процессов перекристаллизации и выщелачивания по первичной пористой системе, которая могла являться основой более сложной кавернопоровой структуры [2].

Проницаемость образцов тесно связана с объёмом каверн, полученным методом томографии. Высокие показатели данных параметров приурочены к одним и тем же образцам. Однако, часть потенциально проницаемых образцов отличается низкой или нулевой фильтрационной способностью, что может указывать на отбор образцов, проведённый вкост перспективного направления.

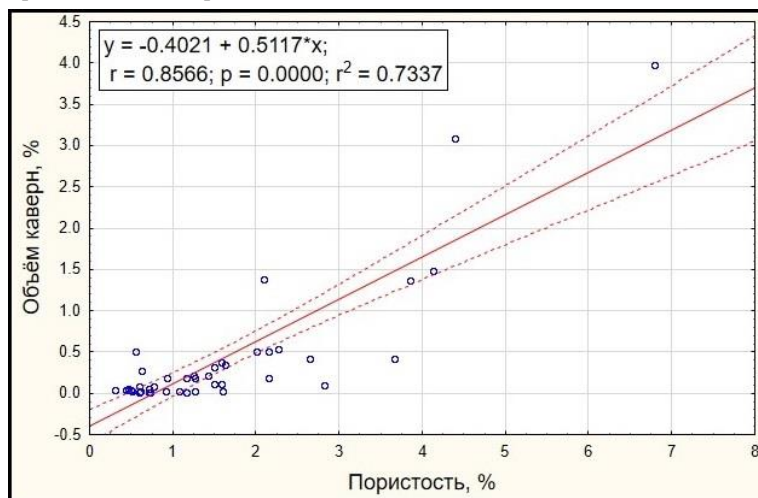


Рис. 3. Диаграмма зависимости пористости от процентного содержания каверн 43 исследуемых образцов (r – коэффициент корреляции, r^2 – коэффициент детерминации, p – p -уровень)

Результаты работы показывают, что макротомографические исследования, в совокупности с петрографическими данными могут помочь в определении генезиса каверн и направления движения флюидного потока. Тем не менее, выводы предварительны и требуют дальнейших исследований как в сфере компьютерной томографии, так и в области кавернозности карбонатных коллекторов.

Литература

1. Багринцева К. И., Красильникова Н. Б., Сауткин Р. С. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов рифея Юрубчено-Тохомского месторождения //Геология нефти и газа. – 2015. – №. 1. – С. 24-40.
2. Митрофанов В. П., Злобин А. А., Бейцман В. Б. О кавернозности карбонатных продуктивных отложений //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2000. – №. 10. – С. 37-43.
3. Полозов М. Б. и др. Выявление направления естественной трещиноватости и кавернозности с целью оптимизации параметров разработки месторождения //Экспозиция Нефть Газ. – 2021. – №. 5 (84). – С. 42-44.

**ИЗУЧЕНИЕ ПОРОВО-ТРЕЩИНОВАТОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ПЕТРОГРАФИЧЕСКИМ
ШЛИФАМ СРЕДНЕ-ХАРЬЯГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Хлыстов В. А

Научный руководитель старший преподаватель Хопта И.С.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Средне-Харьягинское нефтяное месторождение расположено в южной части Ненецкого автономного округа Печоро-Кожвинского мегавала [2]. Изучаемые породы приурочены к карбонатному верхне-среднефранскому возрасту. Для оценки структуры и генезиса порового пространства, а также трещиноватости пород был применен петрографический метод изучения коллекторов. Данный метод наряду со стандартными лабораторными методами позволяет по петрографическим шлифам с микроскопом и заполнении пустот окрашенным веществом [1].

Изучение трещинной пористости в шлифах под микроскопом производится для расчета параметров трещиноватости. Измеряются площадь шлифа, суммарная длина следов трещин, выходящих на поверхность шлифа, и их раскрытие

Известняк из интервала 3621,30–3627,30 м, алевритистый, глинистый. Слоистость обусловлена послойным распределением глинистого материала. Порода плотная слаботрещиноватая. Трещины полые, волнистые, субгоризонтальные, быстрозатухающие, раскрытостью 0,073 мм. Известняк органогенно-обломочный, глинистый. Порода плотная, трещиноватая. Трещины пологоволнистые и извилистые, 2 систем: преимущественно субгоризонтальные короткие тонкие (до 0,2 мм), залеченные белым кальцитом и перекрывающие их полые разноориентированные витивые трещины раскрытостью 0,111 мм. Коэффициент емкости открытых трещин варьирует от 0,448 до 3,506 %. По величине газопроницаемости от 409 до $7386 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ породы позиционируются как проницаемые.

Доломит из интервала 3627,30–3632,70 м известковистый, неравномерно алевритистый, влиностослый. Порода плотная, слаботрещиноватая. Трещины редкие, пологоволнистые, преимущественно субгоризонтальные, расположенные параллельно слоистости, короткие, раскрытостью 0,008 мм. Коэффициент емкости открытых трещин 0,024 %. По величине газопроницаемости $0,260 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ порода позиционируется как порода-экранный.

Алеврит из интервала 3657,00–3658,50 м глауконит-кварцевый, песчаный. Текстура обусловлена неравномерным распределением глинистого материала. Трещины пологоволнистые субгоризонтальные, затухающие, расположенные параллельно слоистости, раскрытостью 0,018 мм. Коэффициент емкости открытых трещин 0,140 %. По величине газопроницаемости $7,76 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ породы позиционируются как проницаемые.

Известняк органогенный из интервала 3700,30–3703,30 м, фауна сложена агрегатами кальцита белого и представлена многочисленными перекристаллизованными обломками раковин брахиопод размером до 1,0 см. Коэффициент емкости открытых трещин 0,054 %. По величине газопроницаемости от $0,595 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ породы позиционируются как породы экраны.

В целом, отмечены трещины от очень узких до очень широких раскрытостью 0,007–0,213 мм. Поверхностная плотность открытых трещин изменяется от 34,44 до 641,67 м/м², а коэффициент емкости открытых трещин варьирует от 0,024 до 3,51 %.

Литература

1. Гмид Л. П., Леви С. Ш. Атлас карбонатных пород-коллекторов. – Недра. Ленингр. отд-ние, 1972.
2. Енцов И. И. Доманиковые рифы центральной части Тимано-Печорской провинции и перспективы их нефтегазоносности // Геология нефти и газа. – 2013. – №. 4. – С. 13-17.

**ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ПЛАСТА ХМ₂ МЕСТОРОЖДЕНИЯ
N ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН**

Ходоров И.С.

Научный руководитель доцент Недоливко Н.М.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью исследования являлось выявление закономерностей распределения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов пласта ХМ₂ нефтегазоконденсатного месторождения N по результатам интерпретации геофизических исследований скважин: электрокаротажа (КС – кажущееся сопротивление и ПС – потенциал самопроизвольной поляризации), индукционного каротажа (ИК), радиоактивного каротажа (ГК – гамма-картаж и НГК – нейтронный гамма-картаж) в ПК РН-ГЕОСИМ (ООО «РН-БашНИПИнефть»).

Месторождение N в административном отношении расположено в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области и, согласно нефтегазогеологическому районированию, относится к Тамбейскому нефтегазоносному району Ямальской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, входит в состав Тамбейского кластера. Промышленная нефтегазоносность месторождения установлена в широком стратиграфическом диапазоне и связана с четырьмя нефтегазоносными комплексами: альб-сеноманским, аптским, неокомским и юрским [3].

Пласт ХМ₂ приурочен к средней части яронгской свиты, входит в состав альбского нефтегазоносного комплекса. Нижележащий и вышележащий пласты соответственно ХМ₃ и ХМ₁ также входят в состав яронгской

свиты. Отложения свиты формировались в период альбской трансгрессии в палеогеографической области мелкого моря [2].

Пласт $ХМ_2$ характеризуется невыдержанной общей толщиной, увеличивающийся с запада на восток. Толщина пласта изменяется в интервале 36–48,9 м. По данным полевого описания керна и ГИС изучаемый разрез в целом представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глинистых пород.

В ходе интерпретации комплекса геофизических исследований, проведенных с учетом методики, изложенной в книге А. В. Ежовой [1], проведена корреляция разрезов скважин (рис. 1), выделены литологические особенности и построены литологические колонки, отражающие строение пласта $ХМ_2$. Согласно этим данным, были построены карты литологического состава, объемной глинистости и эффективных толщин. Анализ этих карт показал, что наиболее мощные песчаники приурочены к южной и северной частям территории, здесь содержание глин минимально (объемная глинистость составляет до 0,06–0,07 д.е.), а карбонатизированные пропластки редки и имеют незначительную толщину, вследствие чего эффективные толщины достигают 40,6 м в скважине 24. В центральной части площади в разрезе скважин 17, 14, 203 толщина песчаных отложений значительно снижается, а карбонатных и глинистых прослоев возрастает (значение объемной глинистости – до 0,35 д.е.), что приводит к уменьшению эффективных толщин до 8,4 11,2 м (рис. 2).

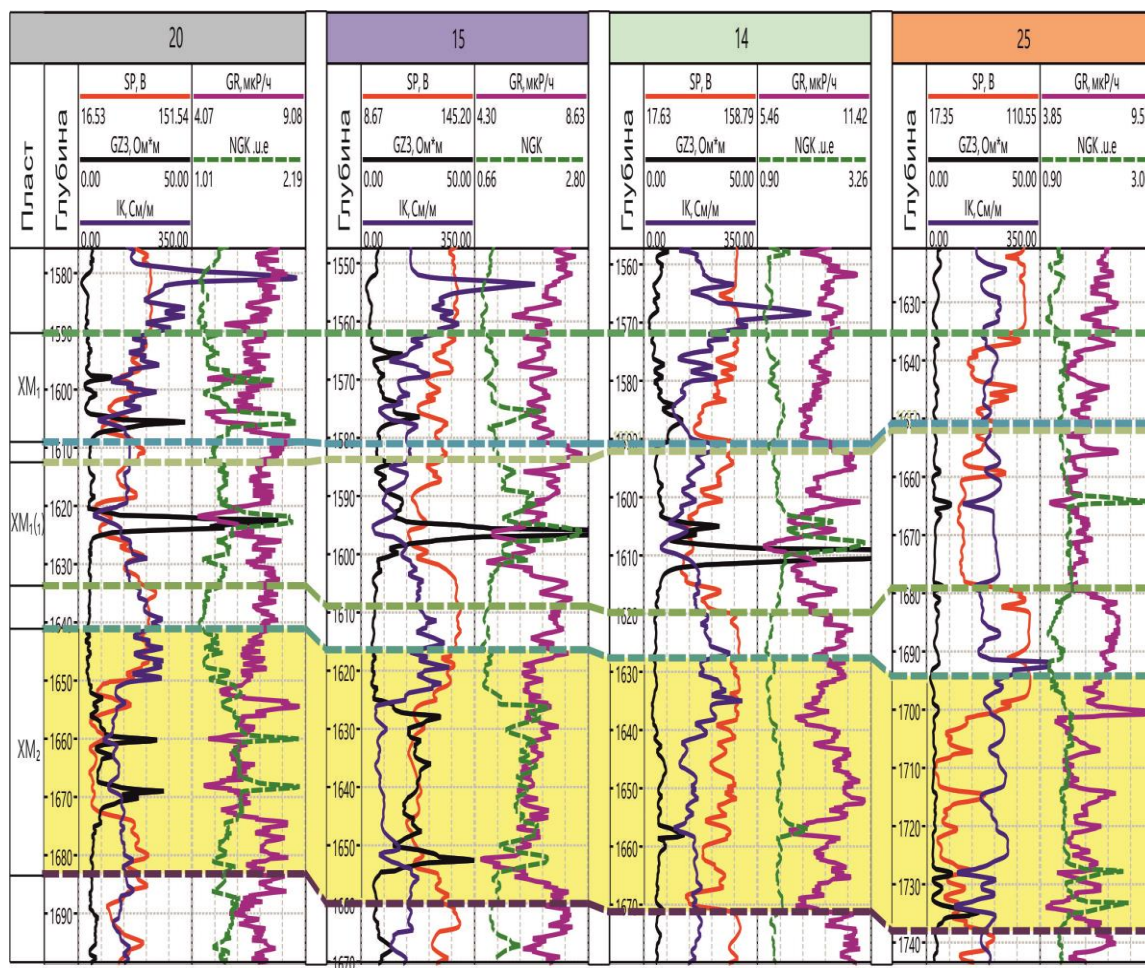


Рис. 1. Схема корреляции пласта $ХМ_2$ по линии скважин 20 – 15 – 14 – 25

Используя данные ГИС, и значения коэффициента пористости, полученные по керну, была установлена зависимость коэффициента пористости от $\alpha_{ПС}$, по которой по каждой скважине рассчитывался коэффициент пористости пласта $ХМ_2$.

Аналогичным образом была построена зависимость проницаемости от коэффициента пористости и произведен расчет проницаемости по каждой скважине.

По полученным данным были построены карты средних значений пористости (рис. 3) и проницаемости пород-коллекторов пласта $ХМ_2$.

Установлено, что высокими фильтрационно-емкостными свойствами по данным ГИС обладают песчаники, вскрытые скважинами 31, 128, 204. Коэффициент пористости здесь составляет 0,22 д. е., а проницаемость достигает значений от $400 \cdot 10^{-3}$ до $700 \cdot 10^{-3}$ мкм². Минимальные значения пористости ($K_p = 0,13$ д.е.) и проницаемости ($K_{пр} = 26 \cdot 10^{-3}$ мкм²) наблюдаются в центральной части территории.

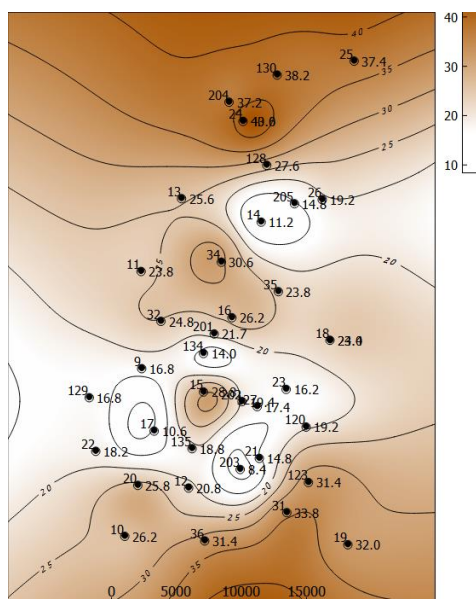


Рис. 2. Карта эффективных толщин пласта XM_2

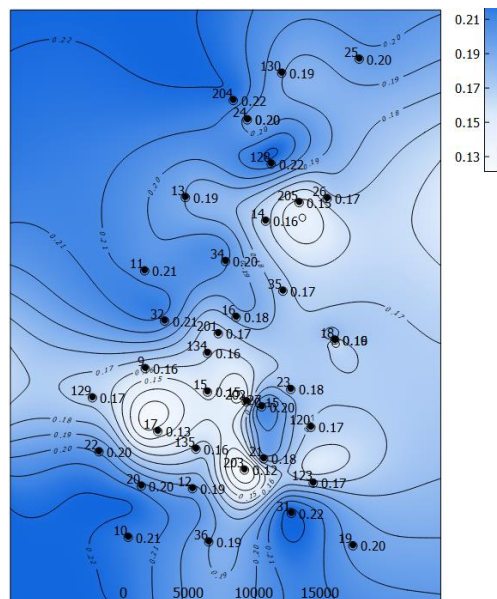


Рис. 3. Карта средних значений пористости пласта XM_2

Таким образом, пласт XM_2 в пределах месторождения N сложен хорошо проницаемыми песчаниками, которые относятся к коллекторам III-II класса по классификации А.А. Ханина [4].

Литература

1. Ежова А.В. Геологическая интерпретация геофизических данных: учебное пособие. – 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 116 с.
2. Конторович А. Э. и др. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде. – 2014.
3. Люгай Д. В., Соин Д. А., Скоробогатко А. Н. Особенности нефтегазоносности полуострова Ямал в связи с оценкой перспектив южной части Карского моря //Вести газовой науки. – 2017. – №. 3 (31). – С. 29-35.
4. Ханин А. А. Породы-коллекторы нефти и газа нефтегазоносных провинций СССР. – Издательство "Недра", 1973.

МЕЛОВЫЕ МШАНКИ РОДА *LUNULITES* LAMARCK, 1816

Читадзе К.С., Толоконникова З.А.

Научный руководитель доцент Толоконникова З.А.

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Меловый период в эволюции типа Мшанки (Bryozoa Ehrenberg, 1831) известен как начальный этап развития отряда Cheilostomata Buck, 1852, доминирующего в современной мшанковой фауне [4, 5]. На протяжении мезозойской эры происходило вымирание палеозойских отрядов (Trepustomata Ulrich 1882, Cystoporata Astrova, 1964) и зарождение/становление мезокайнозойских групп. По образу жизни мшанки относятся к прикрепленному бентосу, освоившему морские глубины от литорали до абиссали. Исключением являются свободноживущие представители, в частности мшанки рода *Lunulites* Lamarck, 1816.

Род *Lunulites* является типовым для семейства Lunulitiidae Lagajj, 1952 (отряд Cheilostomata). В его видовом составе насчитывается более 70 таксонов, из которых 42 % приходится на меловый период. Лунулитесы широко распространены в верхнемеловых (мезозой) и палеоген-неогеновых отложениях (кайнозой) разных районов Евразии, обеих Америк, Австралии, Антарктиды и о. Мадагаскара. Изучение не прикрепленных к субстрату форм важно для определения адаптивных возможностей мшанок, понимания их биогеографии, роли в экосистемах.

Диско- или чашеобразные колонии мшанок рода *Lunulites* (рис. А, Е) образуются в результате радиального почкования от центрального ancestrального автозооида. Степень симметрии колонии варьирует у разных видов от четко выраженной до незначительной. Базальная сторона колонии обращена к грунту и часто утолщена за счет эпитеки (рис. Б), может содержать поры. На фронтальной стороне колонии ряды питающих автозооидов разделены гетерозооидами – вибракулами (рис. В, Д, Ж) обычно удлиненной формы. Вибракулы являются разновидностью авикулярий – зооидов с редуцированным полипидом и развитой крышечкой, мышцами-ретракторами для поддержки, фиксации колонии на мягком грунте, очистки от частиц поступающего осадка и/или личинок, нападающих животных и локомоции [1, 3]. Авикулярии появились в колониях хейлостомат в начале мелового периода и разнообразно представлены у ныне живущих мшанок. По современным представлениям в зависимости от формы и локализации авикулярии подразделяются на четыре типа: адвентивные, межзооидальные, викарирующие и вибракулы [1].

Цель статьи – анализ морфологических изменений в колониях мшанок рода *Lunulites* на протяжении мелового периода (34.5 млн. лет). Выбор рода обусловлен его свободным образом жизни и широким географическим распространением в меловых отложениях Евразии. Целые колонии мшанок и фрагменты колоний изучались с помощью светового (СМ), сканирующего электронного (СЭМ) микроскопов и рентгеновского компьютерного микротомографа (РКМ) по каменному материалу, любезно предоставленному Р.А. Гунчиным (г. Самара), а также коллекциям ЦНИГРИ музея (г. Санкт-Петербург). Для прослеживания морфологических изменений дополнительно использовались данные из литературных источников. Исследуемыми параметрами были размеры и симметричность колонии, форма и характер расположения автозооциев, вибраккул, присутствие/отсутствие пор.

Первые два представителя рода *Lunulites* появились в коньякском веке в эпиконтинентальном бассейне Западной Европы (Германия, Франция). Они отличались маленькими колониями и хаотичным расположением вибраккул. В сantonе-кампане в том же палеобассейне существовало уже три вида. В маастрихте у лунулитесов происходила резкая радиация (видовое разнообразие возрастает до 23 таксонов) и интенсивное расселение. Обильные колонии мшанок этого рода обнаружены в верхнемеловых отложениях Европы, европейской части РФ, центральной Азии, о. Мадагаскара. Помимо количественного доминирования в бентосных ассоциациях лунулитесы характеризовались в маастрихте широким географическим распространением одних и тех же видов. Например, вид *L. pseudocretacea* Håkansson, Voigt, 1996 известен в отложениях кампана-маастрихта Германии, Дании, Великобритании, Самарской области России. Дискотипичные колонии этой мшанки характеризовались правильными радиально почкующимися рядами автозооциев и узких несимметричных вибраккул, отсутствием пор на базальной стороне (рис. А, В). У мшанок *L. salebrosa* Marsson, 1887 из маастрихтских отложений Германии, Дании, Узбекистана, Туркмении какая-либо закономерность в локализации вибраккул и автозооциев отсутствует, поры не обнаружены. Вибраккулы ромбической формы с узкими вытянутыми роstrумами и краевыми зубчиками (рис. Г, Д). Мшанки *L. semilunaris* Hagenow, 1839 из маастрихта Германии и Казахстана отличалась четко выраженной симметрией в расположении структурных единиц колонии (рис. Е, Ж). Согласно [2, 3] лунулитесы при жизни предпочитали прогретые воды с температурой 10–29 °С, глубинами от 2.5 до 560 м, низкой или умеренной скоростью осадконакопления. Колонии свободно лежали на дне или приподнимались над осадком с помощью периферических вибраккул. Скопления колоний лунулитесов характеризуют отложения, отвечающие условиям песчаного мелководья или мутного дна в относительно глубоководных участках со скоростью течения 0.7–1.0 м/с [2, 3].

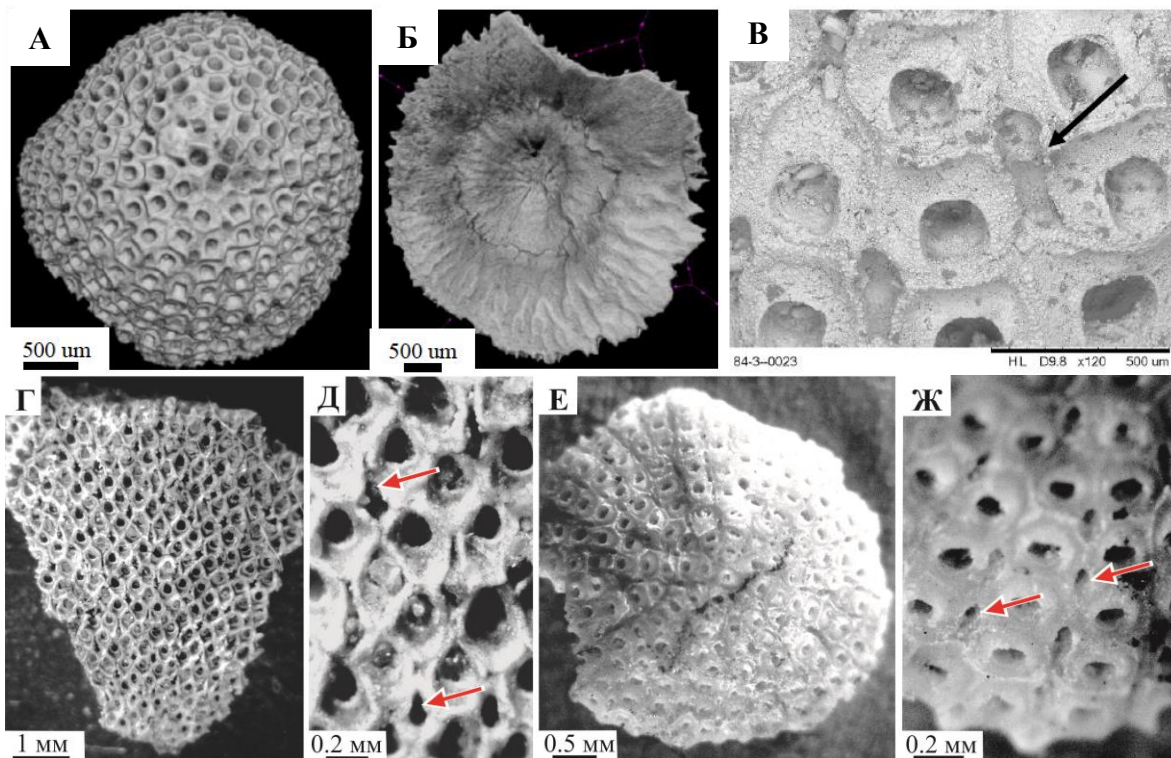


Рис. Некоторые меловые мшанки рода *Lunulites*: А-В – *L. pseudocretacea* Håkansson, Voigt, 1996: А – фронтальная сторона колонии, Б – базальная сторона колонии, В – участок фронтальной стороны колонии с вибраккулами (стрелка); Самарская область РФ, окрестности с. Подвалье; верхний мел, маастрихтский ярус. Г, Д – *L. salebrosa* Marsson, 1887 (ЦНИГР музей, № 7/12407): Г – фрагмент колонии, Д – участок фронтальной стороны колонии с удлиненными вибраккулами (стрелки); Узбекистан, Коскудук; верхний мел, маастрихтский ярус. Е, Ж – *L. semilunaris* Hagenow, 1839 (ЦНИГР музей, № 48/12582): Е – фрагмент колонии, Ж – участок фронтальной стороны колонии с вибраккулами (стрелки); Казахстан, скважина 21г, глубина 455 м; верхний мел, маастрихтский ярус. А, Б – РКМ, В – СЭМ, Г-Ж – СМ

Результаты проведенного нами анализа локализации вибраккул совпадают с заключениями [3] и показывают двойственность в расположении вибраккул: либо упорядоченно радиальными рядами, либо хаотично. Согласно [6] количество авикулярий напрямую зависит от хищников и питания: чем их больше, тем выше плотность авикулярий на единицу площади колонии. Анализ формы и симметрии колонии тоже не выявил какой-либо четко выраженной закономерности. Высокая степень асимметрии – индикатор неблагоприятных условий окружающей среды [6]. Асимметричными колониями обладали разновозрастные мшанки рода *Lunulites*, но из разных ареалов обитания. На границе мела-палеогена лунулитесы практически исчезают из морских бассейнов планеты (в палеоцене известно лишь два вида). Очевидно, это было связано с одним из крупнейших вымираний в истории Земли, спровоцированного комплексными причинами [6]. В эоцене у лунулитесов отмечается новая экспансия (20 видов в разных бассейнах мира). На протяжении олигоцена-плиоцена таксономическое разнообразие рода снижалось вплоть до его полного исчезновения.

Таким образом, вариации количественных и качественных параметров автозооценов, вибраккул (формы, количества, размеров, характера локализации) в колониях мшанок рода *Lunulites* на протяжении мела, вероятно, были обусловлены комплексным воздействием биотических и абиотических факторов. Направленного эволюционного тренда не установлено. Изменения вызывались в большей мере географической изоляцией и локальными факторами окружающей среды, например такими, как активные тектонические процессы киммерийского цикла тектогенеза, похолодание на границе мела-палеогена, изменение химизма воды, вымирание среди моллюсков (поедающих мшанок), брахиопод (конкурентов за пищевые ресурсы и площадь).

Авторы признательны Р. А. Гунчину (г. Самара) за предоставленный каменный материал, Н. М. Кадлец и П. В. Федорову (г. Санкт-Петербург) за содействие в изучении музейных коллекций.

Исследование колоний РКМ проводилось в Ресурсном центре Санкт-Петербургского государственного университета «Рентгенодифракционные методы исследования». Финансовая поддержка осуществлена Российским научным фондом, проект № 22-27-00030.

Литература

1. Carter M. C., Gordon D. P., Gardner J. P. A. Polymorphism and variation in modular animals: morphometric and density analyses of bryozoan avicularia // Marine Ecology Progress Series. – 2010. – Т. 399. – С. 117-130.
2. Cook P. L. The potential of minute bryozoan colonies in the analysis of deep sea sediments // Cahiers de Biologie Marine. – 1981. – Т. 22. – С. 89-106.
3. Cook, P.L. A short history of the Lunulite bryozoa [Text] / P.L. Cook, P.J. Chimonides // Bulletin of marine science. – 1983. – Vol. 33(3). – P. 566–581.
4. Ernst A. Fossil Record and Evolution of Bryozoa. Handbook of Zoology. Bryozoa 11–55. – 2020.
5. McKinney F. K., Jackson J. B. C. Bryozoan evolution. – University of Chicago Press, 1991.
6. O'Dea, A. Environmental change prior to the K–T boundary inferred from temporal variation in the morphology of cheilostome bryozoans [Text] / A. O'Dea, E. Håkansson, P.D. Taylor, B. Okamura // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2011. – Vol. 308. – P. 502–512.

КОНОДОНТОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ МЕНДЫМСКОГО ГОРИЗОНТА ФРАНСКОГО ЯРУСА В РАЗРЕЗЕ «РЯЗЬЯК» РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Шабутдинов Т.Д.^{1,2}

Научный руководитель младший научный сотрудник Р. Ч. Тагариева²

¹Уфимский университет наук и технологий, г. Уфа, Россия

²Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия

Конодонтовая характеристика отложений мендымского горизонта (слои с *Manticoceras intumescens* и *Cyrtospirifer tenticulum*) разрезов верхнего девона на западном склоне Южного Урала (Республика Башкортостан) впервые рассмотрена А. Н. Абрамовой и В. Н. Барышевым в 1990-х годах [1, 3, 5].

Разрез «Рязьяк» является одним из хорошо обнаженных непрерывных, конденсированных разрезов верхнедевонских отложений на западном склоне Южного Урала с брахиоподово-гониятитовой фауной, где мендымский горизонт представлен в полном объеме [3]. Отложения горизонта сложены двумя литологически разными пачками. Нижняя – тёмно-серые, битуминозные известняки с прослоями аргиллитов мощностью 0,95 м. Верхняя – светло-серые, плотные, толстослойные, органогенные известняки мощностью 2,2 м. С подстилающими отложениями доманикового горизонта, представленными тёмно-серыми и черными битуминозными известняками, переслаивающимися с черными аргиллитами и кремнями литологическая граница постепенная. Также с постепенным переходом мендымские известняки перекрываются светло-серыми органогенными известняками аскынского горизонта (рис.).

Установленный по конодонтам стратиграфический объем стратона соответствует интервалу конодонтовой подзоны Early rhenana стандартной конодонтовой шкалы [3–6].

Новый материал по конодонтам, полученный автором, и ревизия коллекции А. Н. Абрамовой 1990-1995 годов позволили расширить палеонтологическую характеристику мендымского горизонта в разрезе «Рязьяк». Отобранная конодонтовая фауна насчитывает более 3872 экземпляров. Комплекс представлен 5 родами: *Ancyrodella* (75 экземпляров), *Ancyrognathus* (7 экземпляров), *Icriodus* (98 экземпляров), *Palmatolepis* (3280 экземпляров) и *Polygnathus* (412 экземпляров). Род *Palmatolepis* характеризуется богатым таксономическим разнообразием и включает 24 вида.

Комплекс конодонтов нижней пачки мендымского горизонта представлен, главным образом, транзитными видами из отложений доманика: *Palmatolepis barba* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis bohémica* Klapper et Foster, *Palmatolepis foliacea* Youngquist, *Palmatolepis jamieae* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis hassi* Muller, *Palmatolepis kireevae* Ovnatanova; *Palmatolepis ljaschenkoae* Ovnatanova, *Palmatolepis plana* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis proversa* Ziegler, *Palmatolepis punctata* (Hinde) и *Palmatolepis spinata* Ovnatanova et Kuzmin (см. рисунок).

Собственно мендымская ассоциация конодонтов в нижней пачке характеризуется появлением таксонов *Palmatolepis amplificata* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, *Palmatolepis gigas gigas* Miller et Youngquist, *Palmatolepis ederi* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis mucronata* Ovnatanova, Klapper et Kuzmin, *Palmatolepis orbicularis* Ovnatanova et Kuzmin, *Palmatolepis* aff. *ormistoni* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova, *Palmatolepis rhenana nasuta* Müller, *Palmatolepis semichatovae* Ovnatanova и *Palmatolepis timanensis* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova (см. рисунок).

В верхней пачке комплекс конодонтов дополняется видами *Palmatolepis brevis* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis menneri* Ovnatanova et Kononova и *Palmatolepis* aff. *orlovi* Khruscheva et Kuzmin. Исчезают *Palmatolepis barba* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis orbicularis* Ovnatanova et Kuzmin и *Palmatolepis spinata* Ovnatanova et Kuzmin (рис.).

Также стоит отметить, что как в нижней, так и верхней пачках присутствуют экземпляры *Ancyrodella* sp., *Ancyrognathus* sp., *Icriodus* sp., *Polygnathus* sp. В комплексе конодонтов мендымских отложений преобладают *Palmatolepis barba* Ziegler et Sandberg, *Palmatolepis kireevae* Ovnatanova, *Palmatolepis ljaschenkoae* Ovnatanova, *Palmatolepis timanensis* Klapper, Kuzmin et Ovnatanova и *Palmatolepis semichatovae* Ovnatanova.

Автор выражает благодарность Р. Ч. Тагариевой за предоставленный материал. Отдельно автор выражает благодарность д.г.-м.н. О. В. Артюшковой за рекомендации, которые оказались полезными при написании этой работы.

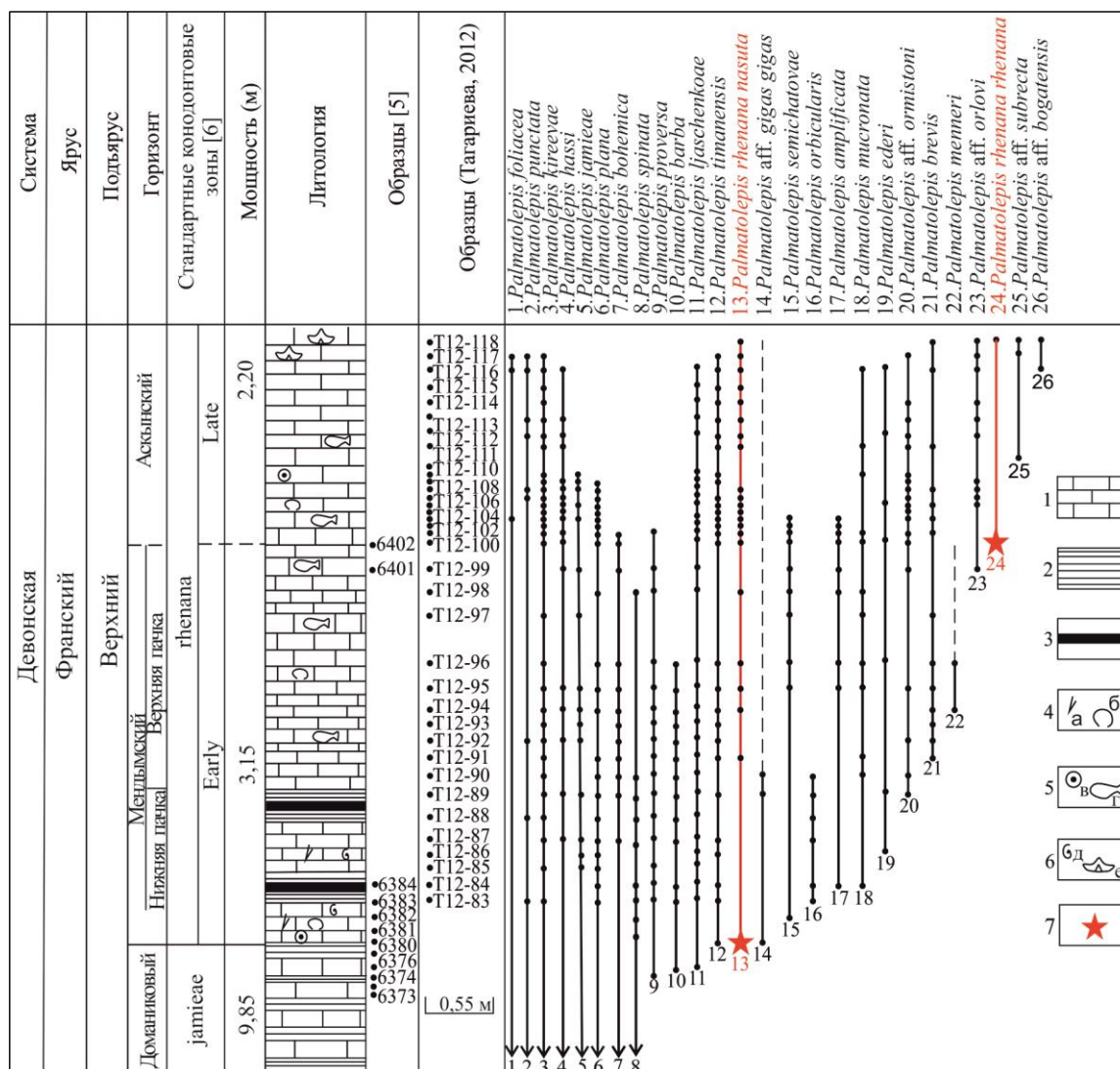


Рис. Распространение конодонтов в отложениях мендымского горизонта разреза «Рязук»
Условные обозначения: 1. Известняки; 2. Аргиллиты; 3. Углеродистые прослои. Фауна: 4. а - тентакулиты, б - остракоды; 5. в - криноидеи, г - ихтиофауна; 6. д - гониатиты, е - брахиоподы. 7. Зональные виды [1, 2]

Исследование выполнено в рамках госзадания № НИОКТР FMRS – 2022–0010 «Основные события фанерозоя: палеонтология, стратиграфия, корреляция».

Литература

1. Artyushkova O. V. et al. Devonian and Lower Carboniferous type sections of the western South Urals: Pre-Conference Field Excursion Guidebook. International Conference "Biostratigraphy, Paleogeography and Events in Devonian and Lower Carboniferous", Ufa, Sterlitamak, Russia, July 20–25, 2011. – 2011.
2. Ziegler W., Sandberg C. A. The Late Devonian standard conodont zonation. – Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, 1990. – Т. 121. – С. 115.
3. Абрамова, А.Н. Франский ярус западного склона Южного Урала [Текст]: препринт / А.Н. Абрамова. – Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999.
4. Анцыгин Н. Я., Попов Б. А., Чувашов Б. И. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). – 1993.
5. Барышев В. Н., Абрамова А. Н. Зональное расчленение верхнедевонских отложений западного склона Южного Урала по конодонтам //Ежегодник-1995. Уфа: ИГ УНЦ РАН. – 1996. – С. 26-30.
6. Жамойда А. И., Петров О. В. Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России //Задачи дальнейших исследований. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – 2008. – №. 38.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ПОИСКОВЫХ УЧАСТКОВ В ПРЕДЕЛАХ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА, РОССИЯ)

Шумаков Д.Е.

Научный руководитель доцент Кудрин К.Ю.

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия

В основе публикации – материалы, полученные при проведении полевых работ в 2022 г. на трех участках, перспективных на обнаружение полиметаллического оруденения, расположенных в Тоджинском районе Республики Тыва Российской Федерации в 110-120 км к северо-востоку от г. Кызыл.

Орографически район приурочен к осевой части хребта Тумат-Тайга – горной цепи хребта Академика В.А. Обручева, входящего в систему Восточно-Тувинского нагорья. В целом рельеф изучаемой территории относится к категории среднегорного сильно расчленённого с абсолютными отметками 1600–2258 м.

Полевые работы включали геологические маршруты: все участки покрыты равномерной сетью геологических наблюдений масштаба 1:10 000 по заранее намеченным профилям. Объём маршрутных работ: 73 пог. км.

В камеральных условиях выполнено дешифрирование космоснимков участков: выделены линейные (соответствующие тектоническим нарушениям и пластовым телам) и площадные объекты (соответствующие участкам развития аквальных и ледниковых типов четвертичных отложений, а также блоки, в разной степени подвергшиеся тектоническому воздействию). Для уточнения положения границ некоторых геоморфологических элементов (каровых цирков, троговых долин и др.) по значениям абсолютных отметок (GPS-определение) пунктов геологических наблюдений и литохимического опробования построена карта изолиний полного градиента рельефа.

В результате на территории участков составлены геоморфологические карты масштаба 1:10 000.

При интерпретации материалов остро обозначилась проблема отсутствия единой классификации геоморфологических элементов. Например, при определении типов наблюдаемых на территории работ склонов в соответствии с [3] большая их часть не подпадает ни под один из приводимых типов склонов по характеру перемещения обломочного материала. Те же самые склоны в соответствии с [2] следует рассматривать как дефлюкционные. Более полное классификационное деление склонов приведено в работе [1], где описываемые склоны попадают в смешанный тип конжелифлюкционно-дефлюкционных. Аналогичные примеры можно привести и в отношении других геоморфологических элементов. Поэтому автором за основу принята работа [1].

В целом геоморфологические особенности территории изучаемых участков являются типичными для средне- и высокогорных районов Западной и Южной Сибири, Приполярного и Северного Урала: с широким развитием гляциальных мезоформ рельефа (как денудационных, так и аккумулятивных), сопряженных с микро- и наноформами, связанными с мерзлотными процессами. Среди гляциальных форм рельефа следует отметить каровые цирки, троговые долины, морены; среди форм, обусловленных мерзлотными процессами – нагорные террасы и их элементы, трещины и многоугольники вымораживания, пятна-медальоны и др.

Второй по значимости в формировании рельефа изучаемых участков является группа склоновых процессов, которые так же следует рассматривать с позиции денудации и аккумуляции: это широкое развитие склонов гравитационного сноса, конжелифлюкционного, конжелифлюкционно-дефлюкционного и дефлюкционного транзита, гравитационного и дефлюкционного накопления. В единичных случаях проявлены солифлюкционные явления.

Резко подчинённое значение имеют формы рельефа, связанные с воздействием аквальных процессов: постоянных и временных водотоков, озёр и болот.

Кроме того, многие (прежде всего склоновые) формы осложнены скульптурными элементами, отражающими особенности геологического строения территории.

Наиболее древними формами рельефа участков по всей видимости следует считать реликты небольших педиментов, приуроченные к линиям водоразделов и образующие положительные формы, сложенные

крупноглыбовым курумником. К ним вплотную подступают площадки нагорных террас. Можно утверждать, что реликты педиментов представляют собой морозные забои сопряженных с ними нагорных террас.

Следующую возрастную категорию составляют гляциальные формы – каровые цирки, переходящие в троговые долины. Каровые цирки распространены в пределах участка Южный (выделено четыре кара). Они расположены изолированно и разделяются относительно пологими склонами конжелифлюкционного транзита шириной от 50 до 190 м. Исключение составляют западный и примыкающий к нему с востока каровые цирки: здесь более мелкий по размеру западный каровый цирк врезается в восточный.

Внутренние части каровых цирков чашеобразные, к ним приурочены небольшие озёрные котловины (не менее двух в каждом), расположенные каскадом друг над другом и соединённые каналом стока. Высота уступа между озёрными котловинами в пределах одного карового цирка составляет не менее 20 м. Данные уступы хорошо выделяются на карте изолиний полного градиента рельефа. Склоны уступов обычно относятся к склонам делювиального накопления, реже – к склонам делювиального транзита.

Изначально кары развивались как ледниковые. В настоящее время их развитие продолжается в качестве нивальных каров: на это указывает присутствие в них летующих снежников, высокая контрастность форм, неравномерный характер распределения обломочного материала в каровой полости, практическое отсутствие лишайников на отвесных склонах, частые обвалы и обрушения.

Троговые долины выделены на всех участках, они представлены своими вершинными частями и принадлежат двум разноориентированным системам, в тальвегах которых развиваются русловые формы ручьев Ак-Хем (север-северо-восточного направления) и Ак-Суг (восток-северо-восточного направления).

В пределах троговых долин на карте изолиний полного градиента рельефа также выделяются малоамплитудные поперечные уступы, развитие которых не обнаруживает связи с проявлением гляциальных процессов. Так же не прослеживается связь их формирования с породными или тектоническими факторами. Развивающиеся на них склоны соответствуют типам делювиального транзита и делювиального накопления.

Склоны каровых цирков и верховий троговых долин относятся преимущественно к склонам конжелифлюкционного транзита. Эти склоны лишены кустарниковой и древесной растительности, перекрыты щебенисто-глыбовым материалом иногда с примесью дресвы. Вниз по троговым долинам они последовательно сменяются склонами конжелифлюкционно-дефлюкционного и дефлюкционного транзита, в материале которых появляется значительное количество глинистого материала. В западном крае участка Южный врезающийся восточный борт относится к склону гравитационного сноса. Склоны гравитационного и дефлюкционного накопления выделяются в нижних частях каровых полостей и троговых долин. В их пределах периодически отмечается слабое развитие солифлюкционных явлений. Аккумулятивные склоны непосредственно примыкают к моренным каровым комплексам, на которых развивается мелкохолмистый микрорельеф с общим уклоном в сторону выхода из карового цирка или из троговой долины. Моренные отложения характеризуются отсутствием сортировки и обязательным присутствием значительного количества глинистого материала. Участки моренных форм рельефа обычно залесённые, нередко заболоченные; в пределах моренного комплекса участка Восточный наблюдаются крупные эрратические валуны.

На склонах каровых цирков нередко отмечаются разрозненные или линейно вытянутые коренные выходы пород, которые часто образуют структурные микроформы склонов, подчёркивающие общую моноклиальную структуру участка Южный. При этом проявляют себя и малоамплитудные разрывные нарушения.

Важным геоморфологическим элементом описываемой территории являются нагорные террасы. На основании абсолютных отметок бровок нагорных террас в пределах контуров изученных участков их выделяется не менее 9 уровней. На площадках слабонаклонных нагорных террас интенсивно развиты наноформы рельефа, связанные с мерзлотными процессами: трещины и многоугольники вымораживания, пятна-медальоны, а также небольшие внесматштабные верховые болота. Также на поверхности нагорных террас встречаются небольшие коренные выходы. Бровки уступов нагорных террас чётко выражены (в том числе и на карте изолиний полного градиента рельефа), высоты уступов варьируют в диапазоне 10–20 м; образующие уступы склоны относятся преимущественно к типу конжелифлюкционного транзита, реже – к типам конжелифлюкционно-дефлюкционного и дефлюкционного транзита, крайне редко – к типу дефлюкционного накопления.

По возрасту нагорные террасы по всей видимости моложе каровых цирков и троговых долин, но древнее проявления нивальных процессов, омолаживающих каровые цирки.

Общая закономерность элементов рельефа в восточной части участка Южный нарушается субширотно вытянутыми склонами гравитационного сноса, пересекающими каровые цирки. Их появление обусловлено линейным телом габбро, имеющим субширотное простираение.

Весьма слабым развитием в пределах изученных участков пользуются конусы выноса и связанные с ними каналы стока временных водотоков. Они встречены только в пределах нижней части двух каровых цирков участка Южный и не превышают 200 м в своей самой протяженной части.

Ранее отмечалось, что особенностью склонов является микроскульптурный рельеф, позволяющий дешифровать некоторые элементы геологического строения. При этом максимальной информативностью характеризуются склоны конжелифлюкционного транзита северной экспозиции. Значительно уступают им по степени геологической информативности склоны конжелифлюкционно-делювиального и делювиального транзита. Линеаменты геологического строения проявлены также на поверхностях и уступах нагорных террас и изредка – на склонах делювиального накопления.

Примечательно проявление в южной части участка Южный кольцевой структуры, которая имеет диаметр около 150–170 м. Её природа предварительно интерпретируется как один из подводящих каналов (некк) продуктов вулканизма, которые слагают более 90 % поверхности изученных участков.

Несмотря на относительно хорошую обнаженность территории участка Западный, геологическая информативность рельефа здесь в целом невысокая. Выделено два разрывных нарушения северо-восточного простирания, протягивающиеся через всю территорию участка, а также три типа блоков, два из которых отражают разную степень тектонической раздробленности участка. Зоны расланцевания хорошо дешифрируются на космоснимке по характерному мелкосетчатому рисунку, что позволяет их отличать от нетектонизированных блоков, имеющих равномерный фототон.

Результаты геоморфологических исследований использованы для оценки информативности каменного материала, наблюдаемого при геологическом картировании, и учтены при составлении геологических карт участков.

Литература

1. Гудымович С.С. Геоморфология и четвертичная геология. Томск: Изд-во ТПУ, 2001. – 202 с.
2. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Общая геоморфология. М: Высш. школа, 1979. – 287 с.
3. Щеглов Д.И., Громовик А.И. Основы геоморфологии. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – 178 с.

С Е К Ц И Я 2

РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННО ВАЖНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Белоусов П.Е.

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН), г. Москва, Россия

Данная работа посвящена исследованию минералообразующих систем вулканогенных и терригенно-диагенетических полезных ископаемых, на примере бентонитовых глин, цеолита, каолина и глауконита. Изучение минералообразующих систем промышленно важных месторождений неметаллических полезных ископаемых является важным ключом к пониманию их образования и выявлению рудоконтролирующих факторов и позволит не только внести вклад в развитие фундаментальной науки, но и выработать поисковые критерии, что способствовало бы развитию минерально-сырьевой базы высококачественного дефицитного индустриального сырья.

Рассматривая процессы образования вулканогенных, а также терригенно-диагенетических неметаллических полезных ископаемых, на примере бентонитовой глины, цеолита, каолина и глауконита, можно выделить следующие основные обстановки и механизмы их образования (рис.):

а) Активные континентальные окраины и прилегающие к ним краевые части платформ в эпоху активного вулканизма (рис. 1а). В первую очередь к ним относятся вулканогенно-осадочные (диагенетические), гидротермальные и гидротермально-метасоматические образования. Данные условия характерны в основном для бентонита, цеолита и в меньшей степени для каолина.

б) Пассивные континентальные окраины и платформы в эпоху стабилизации тектонических движений (рис. 1б). К данному типу относятся глинистые породы (в основном бентониты и каолиниты), образовавшиеся в результате развития кор выветривания (остаточные), их дальнейшего переотложения и уплотнения на стадии диагенеза (осадочный тип). Также к этой группе относятся цеолиты и глаукониты диагенетического генезиса, образовавшиеся из терригенного, биогенного и глинистого материала.

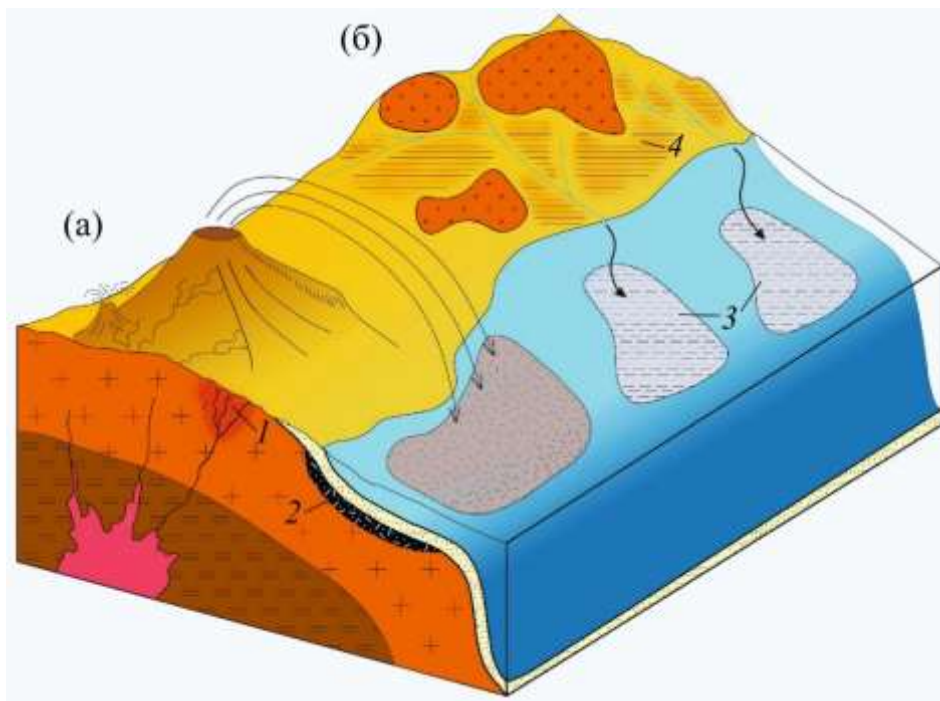


Рис. Упрощенная схема минералообразующих систем неметаллических полезных ископаемых: (а) - активная континентальная окраина; (б) - пассивная континентальная окраина. Генетические типы: 1 - гидротермальные; 2 - вулканогенно-осадочные; 3 - осадочные, терригенно-диагенетические, 4 - остаточные.

Для образования бентонитов необходима слабощелочная среда (6-7.5), открытая или полузакрытая система осадконакопления – заливы, лагуны, прибрежные озера [1,2]. Также для создания благоприятных условий необходим постоянный вынос избытка кремнезема, который образуется при разложении вулканического пепла. В противном случае могут образовываться цеолиты. Благоприятным фактором является высокое соотношение вода: вулканический пепел в системе.

Важной особенностью образования цеолитов вулканогенно-осадочного и гидротермального типов является наличие некоторых необходимых факторов, а именно: высокого pH в системе (7.5-9), закрытого типа системы осадконакопления, обеспечивающий присутствие растворенного кремнезема внутри бассейна, низкого соотношения вода: вулканический пепел, высокое соотношение Mg^{2+} к H^{+} [1]. Помимо прочего, процесс цеолитообразования контролируется многими факторами, такими как размер зерен, пористость и проницаемость вмещающей породы, температура, химический состав поровой воды (pH, соленость, щелочность), глубина залегания и возраст формации. Роль температуры является определяющим фактором в образовании того или иного типа цеолита. Повышение давления и температуры за счет увеличения глубины залегания приводит к формированию вертикальной зональности от более до менее гидратированных цеолитов.

Для каолиновых глин основным промышленным типом являются месторождения осадочного и остаточного типа, первично связанные с корами выветривания [3]. Поэтому для образования каолинита важен влажный, жаркий, гумидный климат, наличие кислых лейкократовых магматических пород, например, гранитоидов. В геоморфологическом плане каолиновые глины приурочены к пенепленам, эрозионным и эрозионно-карстовым депрессиям. Каолины вулканогенно-осадочного и гидротермального генезиса образуются в кислой среде, pH которой не превышает 5-6, по породам, содержащим достаточное количество полевого шпата.

Глаукониты широко распространены практически во периоды геологической истории, начиная с голоцена и являются индикаторами мелководного морского шельфа, хотя в некоторых случаях могут образовываться у континентального подножья. Образуются они по органическому субстрату на стадии диагенеза в результате образования железистого смектита, обогащенного катионами Fe^{3+} и обедненного K^{+} и дальнейшего перехода железистого смектита в глауконит, за счет замещения Fe^{3+} на Fe^{2+} с увеличением доли катионов K^{+} [4].

Сравнивая условия образования бентонитовой глины, цеолита и каолина, становится ясно, что в большинстве случаев состав материнской породы не играет ключевой роли при их образовании. Вулканогенно-осадочные и гидротермальные бентониты, цеолиты и каолиниты могут образоваться по туфам и пеплам от кислого до основного состава. Основную роль играют геотектоническая и палеогеографическая обстановки, а также физико-химические характеристики среды осадконакопления [5].

Одним из важных рудоконтролирующих факторов образования месторождений глин и цеолитов является pH системы. В основном оно контролируется щелочностью поверхностных, либо глубинных вод и растворов, а также подстилающими и вмещающими породами. Например, угольные отложения являются источником органических кислот и понижают pH, в свою очередь карбонатные породы, при разложении выделяют свободные OH-группы, поднимающие pH среды.

Поисковым признаком месторождений бентонита, цеолита и каолина вулканогенно-осадочного генезиса является пространственная связь с угольными бассейнами. Данная парагенетическая связь обусловлена схожими условиями осадконакопления, как для бентонитов, цеолитов и каолинов, так и угленосных толщ. Стоит отметить, что к подобному генетическому типу, приурочены многие промышленные месторождения высококачественного бентонита и цеолита. Каолины данного типа не имеют особой промышленной ценности, поскольку образуют слои незначительной мощности, так называемые тонштейны.

Работа проведена в рамках темы Госзадания ИГЕМ РАН.

Литература

1. Дистанов У. Г. и др. Фанерозойские осадочные палеобассейны России: проблемы эволюции и минерагения неметаллов //М.: ЗАО «Геоинформмарк. – 2000. – Т. 400.
2. Белоусов П. Е., Крупская В. В. Бентонитовые глины России и стран ближнего зарубежья //Георесурсы. – 2019. – Т. 21. – №. 3. – С. 79-90.
3. Петров В.П. Месторождения каолинов СССР. – М.: Недра, 1974. – 248 с.
4. Месторождения глауконитов России: геологическая позиция, условия образования и перспективы освоения / П.Е. Белоусов, Н.М. Чупаленков, М.А. Рудмин, В.В. Крупская // Литология и полезные ископаемые. – 2022. – №3. – с .270-285
5. Белоусов П.Е. Вулканогенно–осадочные и гидротермальные месторождения бентонитовой глины / П.Е. Белоусов, Н.Д. Карелина // Вулканология и сейсмология. – 2022. – №6.– С. 63-75.

МИНЕРАЛЫ ТРАНСФОРМЕРЫ: ПРЕВРАЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА.

Паниковровский Т.Л., Яковенчук В.Н., Гойчук О.Ф., Калашникова Г.О.,

Базай А.В., Кривовичев С.В.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» Российской академии наук, Апатиты, Россия

Для щелочных массивов Кольского полуострова распространено явление посткристаллизационных преобразований первичных минералов. Данные процессы могут сопровождаться процессами катионного обмена и даже глобальными перестройками кристаллических структур. Выдающимся отечественным минералогом

А.П. Хомяковым [1] подобные минералы было предложено называть трансформационными, что отражает особенности их образования.

Одними из первых примеров подобных минералов были обнаружены представители группы ловозерита: цирсианит → ловозерит, казаковит → тисанит, капустинит → литвинскит [1]. Наблюдаемые трансформации осуществляются путём реакции $\text{Na}^- + \text{O}_2^- = \square + \text{OH}^-$. Отмечен ряд трансформаций в минералах, сопровождающийся выходом из кристаллических структур Na_3PO_4 : ломоносвит → мурманит, вуннемит → эпистолит, не получил полного экспериментального подтверждения, однако было показано, что фосфатные группы могут покидать структуры указанных минералов. Ряд интересных работ по трансформациям кристаллических структур, сопровождающимся природным катионным обменом был выполнен научной группой И.В. Пекова, в них были выделены следующие трансформационные серии: эпистолит → звягинит [2], мурманит → вигришинит [3], мурманит → кальциомурманит [4].

Открытие нами нового минерала селиванованта [5] показало возможность вхождения Fe^{3+} в кристаллическую структуру мурманита с перестройкой гетерополиэдрического слоя. Аналогичное превращение было обнаружено нами при вхождении Cd^{2+} в структуру мурманита [6], при этом было отмечено что вхождение Pb^{2+} в структуру мурманита не вызывает подобных драматических изменений (Рис. 1).

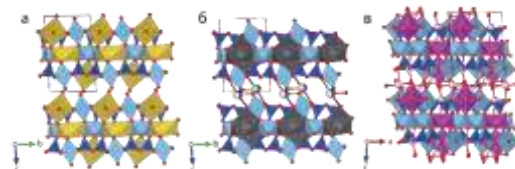


Рис. 1. Кристаллические структуры мурманита:

а – исходного, б – Pb-замещённого, в – Cd-замещённого. TiO_6 октаэдры окрашены голубым, SiO_4 тетраэдры – синим, полиэдры Na – жёлтым, Pb – серым и Cd – розовым

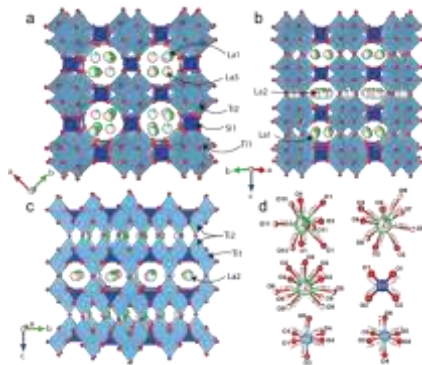


Рис. 2. Кристаллическая структура La-замещённого ситинакита, спроецированная вдоль оси с с каналами I (а); вдоль направления [110] с каналами III (б); вдоль оси а с каналами II (с); координация атомов La1, La2, La3, Si1, Ti1 и Ti2 (d)

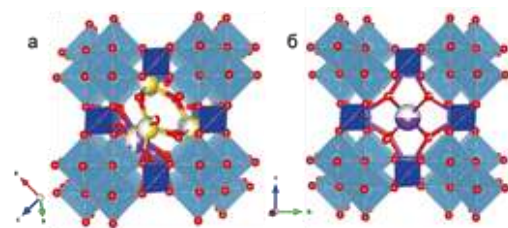


Рис. 3. Кристаллическая структура иванюкита-Na-T (а) и иванюкита-K (б)

Существенные изменения кристаллической структуры характерны также для каркасных соединений.

Синтетический аналог ситинакита, $\text{KNa}_2\text{Ti}_4\text{Si}_2\text{O}_{13}(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, известен в мировой научной литературе как молекулярное сито IONSIV IE-911. Довольно подробно изучены механизмы декатионизации, встраивания одно-, двухвалентных катионов в структуру ситинакита. Однако отсутствует информация о сорбции трёхвалентных катионов. Эксперименты по ионному обмену природного ситинакита ($a = 7.8159(2)$, $c = 12.0167(3)$ Å) показали возможность вхождения в его структуру катионов La^{3+} , а упорядочение катионов La^{3+} в каналах ионообменной формы $\text{La}^{3+}\text{Ti}_4(\text{SiO}_4)_2\text{O}_5(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ($a = 11.0339(10)$, $b = 11.0598(8)$, $c = 11.8430(7)$ Å), приводит к понижению общей симметрии в соответствии с соотношением группа-подгруппа $P4_2/mst \rightarrow Cmmm$ (Рис. 2).

Упорядочение La^{3+} в структуре ситинакита (рис. 3), сопровождается механизмом кристаллохимической адаптации, ввиду упорядоченной заселённости La-позиций на разных z-уровнях. Различная занятость La-позиций приводит к перераспределению H-атомов в ситинаките, с одной стороны, и искажению октаэдров TiO_6 , с другой. Основной механизм структурной адаптации в ситинаките включает шарнирную деформацию внутри кубаноподобных $[\text{Ti}_4\text{O}_4]^{8+}$ кластеров, вызванную упорядоченным заселением La в пустотах, что приводит к снижению симметрии от $R4_2/mcm$ в ситинаките до $Cmmm$ для его La-замещенной формы. Нарушение симметрии сопровождается появлением более 200 дополнительных отражений, определенных по данным рентгеноструктурного анализа.

Для большинства минералов трансформации вызванные ионным обменом вызывают понижение общей симметрии, однако для минералов группы иванюкита с общей формулой $\text{A}_{3-x}\text{H}_{1+x}[\text{Ti}_4\text{O}_4(\text{SiO}_4)_3](\text{H}_2\text{O})_n$ где $\text{A} = \text{Na}, \text{K}, \text{Cu}$ и $n = 6-9$, $x = 0-2$ переход иванюкит-Na-T $\rightarrow$ иванюкит-Na-C происходит с понижением симметрии $R3m \rightarrow P-43m$. Переход из тригональной формы иванюкита в кубическую сопровождается выходом натрия по схеме $\text{Na}^+ + \text{O}^{2-} = \square + \text{OH}^-$. Исследования ионнообменных свойств показали высокую сорбционную емкость иванюкита по отношению к радиоактивным изотопам ^{90}Sr и ^{137}Cs . Термообработка как иванюкита, так и ситинакита позволяет получить устойчивые титанатные керамики.

Следует отметить общую черту минералов-трансформеров. Практически для всех подобных минералов характерно высокое сродство к ионнообменным реакциям и связанные с этим ионнообменные и ионнопроводимые свойства. Данные соединения могут использоваться в качестве молекулярных сит, а цирконо- и титаносиликаты могут быть использованы как сорбенты для радиоактивных изотопов с последующей долговременной консервацией в виде природоподобной керамики.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 21-77-10103 «Создание новых функциональных материалов на основе минерального сырья в Арктической зоне РФ: кристаллохимия, тополого-геометрический анализ, ионный обмен, синтез, технологии производства» на оборудовании ЦКП ФИЦ КНЦ РАН.

Литература

1. Хомяков А.П. Минералогия ультраабзиситовых щелочных пород. М.: Наука. – 1990. – 196 с.
2. Lykova, I.S. Calciomurmanite, $(\text{Na}, \square)_2\text{Ca}(\text{Ti}, \text{Mg}, \text{Nb})_4[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_2(\text{OH}, \text{O})_2(\text{H}_2\text{O})_4$, a new mineral from the Lovozero and Khibiny alkaline complexes, Kola Peninsula, Russia / Lykova, I.S., Pekov, I.V., Chukanov et al. // European Journal of Mineralogy. – 2016. – V. 28. – P. 835-845.
3. $\text{Zn}_2\text{Ti}_{4-x}\text{Si}_x\text{O}_{14}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \square)_8$ – новый минерал из Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) / Пеков И.В., Бритвин С.Н., Зубкова Н.В. и др. // Записки РМО – 2012. – Часть 141. – № 4. – С. 12-27;
4. Пеков И.В., Лыкова И.С., Чуканов Н.В., Япаскурт В.О., Белаковский Д.И., Золотарев А.А (мл.), Зубкова Н.В. Звягинит $\text{NaZnNb}_2\text{Ti}[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}(\text{OH}, \text{F})_3(\text{H}_2\text{O})_{4+x}$ ($x < 1$) – новый минерал группы эпистолита из Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // Записки РМО. – 2014. – Часть 143. – Вып. 2. – С. 45-63;
5. Pakhomovsky, Y. A. $\text{NaTi}_3(\text{Ti}, \text{Na}, \text{Fe}, \text{Mn})_4[(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_4(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$, a new rock-forming mineral from the eudialyte-rich malignite of the Lovozero alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) / Pakhomovsky, Y. A.; Panikorovskii, T. L.; Yakovenchuk, V. N. et al // Eur. J. Mineral. – 2018. V. – 30. – No. 3. – P. 525-535;
6. Механизм вхождения Pb^{2+} и Cd^{2+} в кристаллическую структуру мурманита, $\text{Na}_2\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ / Паниковский Т.Л., Калашникова Г.О., Яковенчук В.Н. и др. // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2022. – №. 19. – С. 275-278;
7. Panikorovskii T.L. Crystal chemistry of ivanyukite group minerals, $\text{A}_{3-x}\text{H}_{1+x}[\text{Ti}_4\text{O}_4(\text{SiO}_4)_3](\text{H}_2\text{O})_n$ ($\text{A} = \text{Na}, \text{K}, \text{Cu}$), ($n = 6-9$, $x = 0-2$): crystal structures, ion-exchange, chemical evolution / Panikorovskii T.L., Yakovenchuk V.N., Yanicheva N.Yu. et al // Mineralogical Magazine. – 2021. – V. 85. – P. 607-619

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОВ И ПЕГМАТИТОВ ИНГУРСКОГО МАССИВА, ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Рампилов М.О.^{1,2}, Рампилова М.В.¹, Избродин И.А.^{2,3}

¹Геологический институт им. Н.П. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия,

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

³Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

На территории Западного Забайкалья расположена одна из крупнейших в мире Монголо-Забайкальская щелочногранитоидная провинция. В нее входит более 350 отдельных массивов [6], представленных как правило небольшими телами щелочных гранитов, щелочных и щелочно-полевошпатовых сиенитов А-типа. Образовались они в период с ранней перми до средней юры [1, 3].

Ингурский массив щелочных гранитов и, связанное с ним одноименное проявление ниобия и циркония, расположен на левобережье р. Витим на водоразделе с р. Большой Амалат. Массив вытянут северо-восточном направлении на расстояние около 25 км при ширине около 5 км (~100 км²). С севера массив ограничен разломом, по которому контактирует с гранитоидами баргузинского комплекса пермского возраста, на юге и западе перекрыт неогеновыми базальтами. Интрузив имеет зональное строение, внешняя зона представлена щелочными биотит-арфведсонитовыми гранитами, тогда как внутренняя (~40 км²) сложена субщелочными биотитовыми и аляскиотовыми гранитами. Переход от биотитовых к арфведсонитовым гранитам постепенный. Биотитовые граниты представляют собой неравномернозернистые породы, в которых наряду с участками крупнозернистого сложения встречаются среднезернистые выделения. Сложены они калиевым полевым шпатом с пертитами альбита (60–80 %), кварцем (20–30 %), биотитом (до 1–5 %), флюоритом. Среди аксессуарных минералов обнаружены магнетит, циркон, титанит, рутил, бастнезит, ксенотим. Арфведсонитовые граниты представлены светлыми

крупно- и равномернозернистыми породами с массивной текстурой. Сложены они калиевым полевым шпатом с пертитом альбита (65–70 %), кварцем (25–30 %), арфведсонитом (5–7 %) и биотитом (2–3 %). Акцессорные минералы представлены магнетитом, ильменитом, цирконом, рутилом, монацитом, флюоритом; часто они ассоциируют с амфиболом и биотитом.

Химический состав биотитовых и арфведсонитовых гранитов в целом схож. Содержание кремнезема в среднем 75,5 мас. % при средней сумме щелочей 8,5 мас. %, причем щелочность увеличивается с уменьшением кремнекислотности. Следует отметить, что калий постоянно преобладает над натрием. Индекс железистости (Fe^*) изменяется в узком диапазоне (от 0,90 до 0,97). Для этих пород характерно высокое содержание тяжелых РЗЭ, что определяет низкую величину La/Yb (2–7) и, глубокая отрицательная европиевая аномалия ($Eu/Eu^* \approx 0,17$), что указывает на фракционированный характер рассматриваемых пород. Граниты обеднены Ba, Sr и обогащены Nb, Ta, Zr, Hf, Y относительно примитивной мантии. По своим геохимическим характеристикам породы массива подобны гранитам А-типа, сформированным во внутриплитных условиях и схожи с щелочными гранитоидами раннекаледонского комплекса, возраст которых оценен в пределах 280–273 млн лет [3].

Редкометаллическая минерализация гранитов Ингурского массива представлена в основном цирконом, бастнезитом, монацитом, ксенотимом. Как правило, они ассоциируют с биотитом и арфведсонитом и, образуют мелкие (не более 0,1 мм) одиночные зерна. Бастнезит относится к черновой разновидности с повышенным содержанием неодима (до 19 мас. % Nd_2O_3 при ~30 мас. % Se_2O_3). Монацит характеризуется присутствием тория (до 13 мас. % ThO_2) и, как и бастнезит, повышенным содержанием неодима (до 20 мас. % Nd_2O_3). Особенностью рутила и ильменита является постоянное присутствие ниобия (до 3 мас. % Nb_2O_5), встречаются они в ассоциации с магнетитом, который характеризуется повышенной титанистостью (вплоть до титаномagnetита). Циркон в гранитах образует зерна и призматические кристаллы размером до 0,2 мм по длинной оси. В нем присутствуют редкие включения торита. Характерной особенностью минерала является присутствие ниобия (до 3 мас. % Nb_2O_5). В катодолюминесцентном изображении наблюдается выраженная магматическая осцилляционная зональность. U-Pb возраст, определенный методом SHRIMP II составляет $272,0 \pm 3,9$ млн лет [4].

Полученные значения $\delta^{18}O$ в пороодообразующих минералах указывают на сохранность изотопной системы, а также на присутствие мантийного компонента в источнике магм. В кварце из арфведсонитовых гранитов значение $\delta^{18}O$ составляет 7,9–8,1 ‰, в калиевом полевоом шпате 4,7–5,5 ‰, в биотите и арфведсоните 3–3,6 ‰. Полученные данные отвечают тренду изотопной эволюции позднеспалеозойских гранитоидов Западного Забайкалья [2, 4]. Значения $\epsilon(Nd)$ в арфведсонитовых, субщелочных гранитах и пегматитах варьируют от -1,99 до -1,49, что также указывает на незначительное участие мантийной компоненты в образовании пород. Модельный возраст, рассчитанный по двухстадийному варианту, составляет ~1,3 млрд лет, что согласуется с Nd изотопной систематикой коровых магматических протолитов Западного Забайкалья [8].

В пределах массива установлено 6 тел шлировых пегматитовых с повышенным содержанием ниобия, циркония, тория и урана. Наиболее крупное тело, расположенное в субщелочных биотитовых гранитах представлено линзой протяженностью около 60 м при мощности ~30 м. Оно имеет зональное строение. В периферийной части характерна зона мелкозернистого пегматита мощностью 20–30 см. Зона графического пегматита имеет непостоянную мощность и не превышает 1–1,5 м. К центру графическая разность сменяется апографическим и блоковым пегматитом мощностью до 3 м. Осевая часть сложена кварцевым ядром. К контакту блоковой зоны и кварцевого ядра приурочена тантал-ниобиевая минерализация, представленная в основном брекчиевым типом, прожилковый тип менее развит. Сосредоточена она в участках дробления пород в лежащем боку жилы.

Главным минералом рудных зон является уранипрохлор, диагностируемый предшественниками как ампангабит и, развивающийся по нему самирезит [8]. В результате высокого содержания урана (до 17 мас. % UO_3) он является метамиктным. Среди гидратированных разновидностей присутствует фергусонит-Y, образующий агрегаты неправильной формы. Особенностью его является высокое содержание Dy_2O_3 (до 11 мас. %) при сумме РЗЭ около 46 мас. %. В составе рудных зон также диагностирован колумбит, содержащий около 14,5 мас. % FeO и до 10 мас. % TiO_2 . Он образует редкие зерна неправильной формы среди гидратированного тантал-ниобиевого минерала. Циркон также встречается в рудных зонах, где слагает агрегаты и кристаллы дипирамидального облика с неразвитой призмой размером до 1 см. В нем присутствуют мелкие зерна торита и ксенотима.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГИН СО РАН (№ гос. рег. АААА-А21-121011390002-2), химический анализ микрокомпонентов выполнен при поддержке гранта РНФ 22-17-00078.

Литература

1. Jahn B. M. et al. Peralkaline granitoid magmatism in the Mongolian–Transbaikalian Belt: evolution, petrogenesis and tectonic significance // *Lithos*. – 2009. – Т. 113. – №. 3-4. – С. 521-539.
2. Litvinovsky B. A. et al. Origin and evolution of overlapping calc-alkaline and alkaline magmas: The Late Palaeozoic post-collisional igneous province of Transbaikalia (Russia) // *Lithos*. – 2011. – Т. 125. – №. 3-4. – С. 845-874.
3. Reichow M. K. et al. Multi-stage emplacement of alkaline and peralkaline syenite–granite suites in the Mongolian–Transbaikalian Belt, Russia: evidence from U–Pb geochronology and whole rock geochemistry // *Chemical Geology*. – 2010. – Т. 273. – №. 1-2. – С. 120-135.
4. Wickham S. M. et al. A stable isotope study of anorogenic magmatism in East Central Asia // *Journal of Petrology*. – 1996. – Т. 37. – №. 5. – С. 1063-1095.
5. Булнаев К. Б., Карманов Н. С. Редкометаллическое оруденение в шлировых пегматитах Ингурского массива щелочных гранитов (Западное Забайкалье) // *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. – 2005. – №. 2. – С. 24-28.
6. Занвильевич А. Н., Литвиновский Б. А., Андреев Г. В. Монголо-Забайкальская щелочногранитоидная провинция: (Геология и петрология). – Наука, 1985.

7. Рампилова М. В., Рампилов М. О., Избродин И. А. Особенности вещественного состава и возраст щелочных гранитов ингурского массива, Западное Забайкалье //Геодинамика и тектонофизика. – 2022. – Т. 13. – №. 4. – С. 1.
8. Цыганков А. А. и др. Последовательность магматических событий на позднепалеозойском этапе магматизма Забайкалья (результаты U-Pb изотопного датирования) //Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – №. 9. – С. 1249-1276.

ГЛАУКОНИТ: ОБЗОР УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ, ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Глауконит долгое время исследуется как минерал с редким набором палеогеографической информации и сырьё для различных отраслей промышленности. К примеру почвы, развивающиеся на глауконитовых отложениях, известны своей высокой плодородностью [1]. Глауконит это диоктаэдрический слоистых минерал (2:1 слои) из группы слюд с дефицитом межслоя, который отличается повышенной долей калия и железа, а также распространенной глобулярной (гранулярной) формой зёрен (рис.) [1–3]. Он часто встречается в прибрежно-морских отложениях [4], где образуется как правило при диагенезе [5–8] или при наложенных процессах метановых просачиваний [9], реже развивается в гидротермальных образованиях [10, 11]. Предполагается, что глауконит кристаллизуется по трём основным моделям: слоистой решётки [12], «озеленения» [3, 13–15] и псевдоморфного замещения [16, 17]. Согласно предложениям Г.Одина глауконит по химическому составу и степени упорядоченности своей структуры подразделяется на четыре основные разновидности [3]: зарождающийся («nascent»), слабо зрелый («slightly evolved»), зрелый («evolved») и высоко зрелый («highly evolved»). Пользуясь широким распространением среди осадочных пород, глауконит России изучается уже на протяжении более 60 лет. Первыми отечественными исследователями, которые заложили фундаментальные основы классификации, номенклатуры, кристаллической структуры глауконитовых и закономерностей разнообразия глауконитовых минералов являются В.А. Дриц [2] и И.В. Николаева [18,19].

За счет повышенного содержания калия (K_2O до 8–9%), ионно-обменных свойств, сорбционной способности и наличию смектитовых слоёв в зависимости от степени упорядоченности минерала [3] он может служить нетрадиционным сырьём для производства удобрений [20, 21]. Крупные месторождения известны в Бразилии, России, США, Австралии, Дании, Египте, Новой Зеландии, Украине, Индии и т. д. Сегодня активно разрабатываются глауконит-содержащие породы так называемые «verdete rocks» в Бразилии компанией VERDE Agritech [22]. Накопленный на сегодня опыт прикладных исследований глауконита, позволяют рассматривать этот минерал в качестве перспективного сырья для создания удобрений с различными вариантами применения.

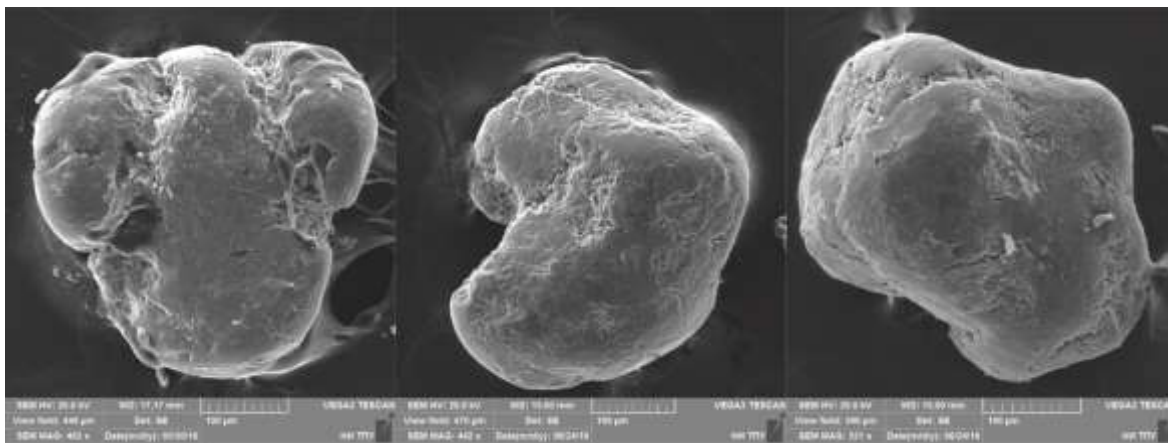


Рис. Снимки сканирующей электронной микроскопии глобулярной морфологии глауконита

Породы с высокой долей глауконита являются самостоятельным видом минеральных удобрений [20, 23]. В случае применения простейших технологий обогащений для подобных пород возможно получение минерального концентрата с повышенной эффективностью для агрохозяйства [21], в том числе с пролонгированным эффектом. На основе полевых опытов было установлено, что в почвенных условиях при добавлении глауконита в течение вегетации пшеницы он претерпевает морфологические и структурно-химические изменения. К примеру, в ходе двух сезонов по выращиванию пшеницы и овса в почвах закономерно увеличивается концентрация обменных форм нутриентов (K, P, аммония, Ca, Mg) и pH. Полученные результаты [24] позволяют считать глауконит калийным минеральным удобрением пролонгированного действия.

Глауконитовые породы могут выступать минеральным сырьём для получения традиционных удобрений в виде калийных солей [25, 26] при помощи физико-химических технологий. Восстановление калия увеличивается до 65.2 % после обжига образцов при 900 °C и выщелачивания при температуре 150 °C по сравнению с выщелачиванием калия без предварительного обжига [25]. Однако, при температуре выщелачивания 100 °C выход

калия составляет около 62 % и эту температуру следует считать оптимальной, так как дальнейшее увеличение температуры способствует улетучиванию паров соляной кислоты. При этом было установлено, что восстановление калия из структуры глауконита заметно увеличивается по мере увеличения концентрации кислот и температуры выщелачивания. Извлечение калия также возрастает с продолжительностью выщелачивания и незначительно с увеличением количества стадий и заметно увеличивается за счет изменения соотношения растворенного вещества и растворителя от 1:2 до 1:5. Результирующими продуктами, извлекаемыми в процессе обжига-выщелачивания, являются соли соответствующих кислот с незначительным количеством примесей Si и Al. Оптимальный выход калия 62–63 % достигается одностадийным выщелачиванием при 100°C в течение 120 минут в соотношении 1:5 с предварительным обжигом при 900 °C.

Глауконит является полезным компонентом для создания так называемых «умных» удобрений (smart fertiliser) или удобрений с контролируемым действием [27, 28]. К примеру, механическая и механохимическая активация смесей глауконит-мочевина позволила выявить систематическое изменение внутренней структуры минерала, интеркаляцию азотных соединений, формирование азот-содержащего покрытия за счёт абсорбции [27]. Подобные глауконитовые наноконкомпозиты представляют собой минеральные вещества с тремя основными типами взаимодействия между азотными веществами (как правило аммоний и нитраты) и глауконитом – интеркалированный, абсорбированный и адсорбированный. За счёт этого выделение азота из активированных композитов происходит с различной скоростью и медленнее относительно традиционных азотных удобрений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-77-10002).

Литература

1. Science Reviews. 1972. Vol. 8, № 4. P. 397-440.
2. Drits V.A. Isomorphous Cation Distribution in Celadonites, Glauconites and Fe-illites Determined by Infrared, Mössbauer and EXAFS Spectroscopies // Clay Minerals. 1997. Vol. 32, № 2. P. 153-179.
3. Odin G.S., Matter A. De glauconiarum origine // Sedimentology. 1981. Vol. 28. P. 611-641.
4. Белоусов П. Е. и др. Месторождения глауконитов России: геологическая позиция, условия образования и перспективы освоения // Литология и полезные ископаемые. – 2022. – № 3. – С. 270.
5. Banerjee S. A review on palaeogeographic implications and temporal variation in glaucony composition / Banerjee S., Bansal U., Vilas Thorat A. // Journal of Palaeogeography. 2016. Vol. 5, № 1. P. 43-71.
6. Amorosi A. Detecting compositional, spatial, and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research // Sedimentary Geology. 1997. Vol. 109, № 1–2. P. 135-153.
7. Baldermann A. The role of Fe on the formation and diagenesis of interstratified glauconite-smectite and illite-smectite: A case study of Lower Cretaceous shallow-water carbonates / Baldermann A., Dietzel M., Mavromatis V. et al. // Chemical Geology. Elsevier, 2017. Vol. 453. P. 21-34.
8. Tribouillard N. Syndepositional glauconite as a paleoenvironmental proxy - the lower Cenomanian Chalk of Cap Blanc Nez (N-France) / Tribouillard N., Bout-Roumazeilles V., Delattre M. et al. // Chemical Geology. Elsevier, 2021. Vol. 584. P. 120508.
9. Zhang Q. Novel use of unique minerals to reveal an intensified methane seep during the last glacial period in the South China Sea / Wu D., Jin G. et al. // Marine Geology. Elsevier, 2022. Vol. 452. P. 106901.
10. Reolid M., Abad I. Glauconitic laminated crusts from hydrothermal alteration of Jurassic pillow-lavas (Betic Cordillera, S Spain): A microbial influence case // Journal of Iberian Geology. 2014. Vol. 40, № 3. P. 389-408.
11. Nieto F. Textural and genetic relationships between glauconite and celadonite at the nanoscale: Two different structural-compositional fields / Nieto F., Abad I., Bauluz B., Reolid M. // European Journal of Mineralogy. Copernicus GmbH, 2021. Vol. 33, № 4. P. 503-517.
12. Burst J.F. Mineral heterogeneity in "glauconite" pellets // American Mineralogist. 1958. Vol. 43, № 5–6. P. 481-497.
13. 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.
14. Banerjee S. Substrate control on formation and maturation of glauconites in the Middle Eocene Harudi Formation, western Kutch, India / Banerjee S., Chatteraj S.I., Saraswati P.K. et al. // Marine and Petroleum Geology. 2012. Vol. 30, № 1. P. 144-160.
15. Bansal U. The distinctive compositional evolution of glauconite in the Cretaceous Ukra Hill Member (Kutch basin, India) and its implications / Banerjee S., Pande K. et al. // Marine and Petroleum Geology. 2017. Vol. 82. P. 97-117.
16. Dasgupta S., Chaudhuri A.K., Fukuoka M. Compositional characteristics of glauconitic alterations of K-feldspar from India and their implications // Journal of Sedimentary Research. GeoScienceWorld, 1990. Vol. 60, № 2. P. 277-281.
17. Banerjee S. Compositional variability of glauconites within the Upper Cretaceous Karai Shale Formation, Cauvery Basin, India: Implications for evaluation of stratigraphic condensation/ Banerjee S., Bansal U., Pande K. et al. // Sedimentary Geology. Elsevier, 2016. Vol. 331. P. 12-29.
18. Николаева И.В. Минералогия и геохимия глауконита. Новосибирск: СО РАН СССР, 1981. 121 p.
19. Николаева И.В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях. Новосибирск: Наука, 1977. 323 p.
20. Rudmin M. An investigation of plant growth by the addition of glauconitic fertilizer / Rudmin M., Banerjee S., Makarov B. et al. // Applied Clay Science. Elsevier, 2019. Vol. 180. P. 1-8.
21. Rudmin M. Economic potential of glauconitic rocks in Bakchar deposit (S-E Western Siberia) for alternate potash fertilizer / Rudmin M., Banerjee S., Mazurov A. et al. // Applied Clay Science. 2017. Vol. 150. P. 225-233.
22. Veloso C. Verde Agritech announces \$1.358 Million revenue in 2018. Belo Horizonte, 2019. 3 p.
23. Franzosi C., Castro L.N., Celeda A.M. Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina // Natural Resources Research. Kluwer Academic Publishers, 2014. Vol. 23, № 3. P. 311-320.
24. Rudmin M., Banerjee S., Makarov B. Evaluation of the Effects of the Application of Glauconitic Fertilizer on Oat Development: A Two-Year Field-Based Investigation // Agronomy. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. Vol. 10, № 6. P. 872.
25. Rudmin M. et al. Roasting-leaching experiments on glauconitic rocks of Bakchar ironstone deposit (Western Siberia) for evaluation their fertilizer potential // Applied Clay Science. – 2018. – Т. 162. – С. 121-128.

26. Shekhar S. Physical and chemical characterization and recovery of potash fertilizer from glauconitic clay for agricultural application / Shekhar S., Mishra D., Agrawal. A.m Sahu K.K. // *Applied Clay Science*. 2017. Vol. 143. P. 50-56.
27. Rudmin M. Formulation of a slow-release fertilizer by mechanical activation of smectite/glaucanite and urea mixtures / Rudmin M.A., Benerjee S., Yakich T. et al. // *Applied Clay Science*. Elsevier, 2020. Vol. 196. P. 105775.
28. Rudmin M. Glauconite-Urea Nanocomposites As Polyfunctional Controlled-Release Fertilizers / Rudmin M.A., Benerjee S., Makarov B.I. et al. // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Springer, 2022. Vol. 22, № 4. P. 4035-4046.

**ЗОНАЛЬНОСТЬ РУДНОЙ ЗАЛЕЖИ ОЗЕРНОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Бадмажапов Б.Б.

Научный руководитель заместитель директора Дамдинов Б.Б.
Геологический институт им. Н.Л. Дobreцова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Аннотация. В работе рассмотрено Озерное свинцово-цинковое месторождение для выявления особенностей минерального состава и минералого-геохимической зональности рудной залежи исследовался разрез скважины OZGM-007 Озерного месторождения. Среди главных рудных минералов преобладают пирит, сфалерит, галенит, в подчиненном количестве присутствуют халькопирит, арсенопирит, пирротин и гематит. Получены данные о составе минералов со сканирующего микроскопа с 134,3 метров по 171,7 которые помогут выявлению особенностей химического состава минералов и возможной скрытой зональности оруденения.

Ключевые слова: Озерное месторождение, пирит, Еравнинский рудный район, внутреннее строение, рудная залежь.

Озерное свинцово-цинковое месторождение находится в Еравнинском районе. Месторождение расположено в пределах Озернинского рудного узла Еравнинского рудного района [1].

В тектоническом плане Еравнинский рудный район рассматривается в составе Удино-Витимской зоны палеозой Байкало-Витимской складчатой системы [2, 3] и характеризуется циклическим развитием, объединяя вещественные комплексы каледонского (C-S1), раннегерцинского (S2-C2) и позднегерцинского (PZ3) структурных этажей, становление которых происходило в определенных геодинамических обстановках. Все породы разреза Озернинского рудного узла в разной мере насыщены сульфидами, главным образом пиритом. Сульфидные рудные тела приурочены к нескольким стратиграфическим уровням разреза рудовмещающей толщи и представляют собой серию расположенных друг над другом пластовых и пластообразных залежей, разделенных безрудными слоями осадочных и вулканокластических пород мощностью от 5 до 30 м.

Пробы отобраны в 2022 г. из керна скважины OZGM-007 на Озерном колчеданно-полиметаллическом месторождении. Образцы представлены брекчиевыми и массивными рудами с различной степенью метасоматического преобразования. Химические составы минералов были определены с использованием сканирующего электронного микроскопа Leo-1430 с приставкой для количественного анализа Inca-Energy. Пробы были проанализированы методом РФА (аналитики – Жалсаев Б.Ж., Бартанова С.В.). Аналитические исследования выполнены в ЦКП «Геоспектр» ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ).

Для выяснения особенностей состава и минералого-геохимической зональности рудной залежи исследовался разрез скважины OZGM-007 Озерного месторождения. Изучение объекта проводилось в интервале 83 м, на горизонтах от + 96,6 м до + 180 м и не охватывает всю скважину. Предлагаемые данные необходима дальнейшая доработка в последующем изучении. Для этого исследовался рудный слой на предмет изменений руды с целью уточнения состава руд и изменения состава цинка, железистость сфалерита, мышьяковистость арсенопирита, по данным анализа видно, что показания галенита пирита и арсенопирита остаются в пределах нормы, но сфалерит имеет незначительные колебания, где при увеличении железа уменьшается доля цинка и также наоборот.

Разрез скважины сложен переслаиванием туфитов, туфопесчаников, диабазовых порфиринов, КПМ руды и известковой брекчии, с горизонтами полосчатых и брекчиевых руд. Мощность рудных прослоев достигает до 40 м.

Среди главных рудных минералов преобладают пирит, сфалерит, галенит, в подчиненном количестве присутствуют халькопирит, арсенопирит, пирротин и гематит.

Пирит наблюдается в трех генерациях. Пирит 1 – наблюдается во всех аншлифах и составляет основную их массу, в основном образует тонкое и весьма тонкие мелкозернистые агрегаты. Преобладает пирит с размером зерен 0.05 мм. зерна и агрегаты пирита включают в себя нерудные минералы, часто выступают зоны с сфалеритовым агрегатом, занимающим доминирующее положение в которых редко встречаются кристаллы арсенопирита. Зерна пирита нередко сростаются, образуя гипидиоморфнозернистый или аллотриоморфнозернистый агрегат.

Пирит 2 представляет собой относительно крупные идиоморфные кубические кристаллы размером в среднем 100 мкм, образующие крупнозернистые (перекристаллизованные?) агрегаты среди тонкозернистого пирита 1. В пирит 2 часто ассоциирует со сфалеритом, зерна которого слегка трещиноваты.

Пирит 3 встречается преимущественно в секущих или послонных кварц-сульфидных прожилках в виде крупных идиоморфных кристаллов размером от 40–250 мм, большинство которых расположены ассоциирует с агрегатами галенит-сфалеритового состава.

Сфалерит встречается в виде цемента для пирита 1 в мелко-тонкозернистых полосчатых рудах, в виде прожилковидных выделений с неровной и шероховатой поверхностью, которые интенсивно замещают кристаллы арсенопирита. Также крупные агрегаты сфалерита присутствуют в кварц-сульфидных прожилках, в ассоциации с пиритом 3. На всей площади крупных выделений сфалерита прослеживается эмульсионная вкрапленность халькопирита. Кроме того, сфалерит, как и другие рудные минералы, диагностируется в виде включений в пирите.

Арсенопирит сложен кристаллами (метакристаллами?) ромбообразной и угловатой формы, с ровными границами. Часто развивается в кварцевых или кварц-сульфидных микропрожилках. Размер кристаллов арсенопирита варьирует от 0,1 мм до 1 мм.

Халькопирит встречается в виде редких зёрен угловатой и неправильной формы, размером до 150 мкм, преимущественно в кварц-сульфидных прожилках. В полосчатых мелко-тонкозернистых рудах халькопирит не наблюдается. Кроме того, данный минерал диагностируется в виде эмульсионной вкрапленности в сфалерите из кварц-сульфидных прожилков. Часто, халькопирит наблюдается в сростках с галенитом. Для этого исследовался рудный слой на предмет изменений руды с целью уточнения состава руд и изменения состава цинка, железистость сфалерита, мышьяковистость арсенопирита, где показания галенита, пирита и арсенопирита остаются в пределах нормы, но сфалерит имеет незначительные колебания, где при увеличении железа уменьшается доля цинка и также наоборот. Также есть изменение содержания цинка и свинца на протяжении от + 96,6 м до + 180 м кривая роста постепенно возрастает, где вскоре резко увеличивается концентрация полезных веществ начиная с рудного интервала 134 м достигая пика на 140,1 м где дальнейшие колебания свинца и цинка связаны увеличением доли железа, кремния что показывает неоднородность состава рудного слоя

Закономерной смены количественных соотношений рудных минералов (пирита и сфалерита) по разрезу рудной залежи (рудного прослоя) не отмечается. Изучено 6 проб. Содержание Fe в сфалерите от 3 % с 134,3 метров и позже повышаясь до 8 % в 162,7 метров, но на последнем образце резко уменьшается до 4 % и S/As в арсенопирите – содержание не изменяется, по данным SEM.

В окончание была проведена парная линейная корреляция, где выявлено несколько геохимических ассоциаций. Первая ассоциация: Zn, Pb, Bi, Cd, Ag. Они образуют главную рудообразующую ассоциацию и очень хорошо коррелируют на всех горизонтах. Вторая ассоциация: V, Cr, Sc. Эти элементы имеют хорошие корреляционные связи между собой, но имеют отрицательные связи с рудообразующей ассоциацией. Третья ассоциация: Ba, Sr, Rb, Zr, Nb. Эта ассоциация не коррелирует со всеми перечисленными ассоциациями, но имеют хорошие связи на протяжении всех горизонтов. Зональность не наблюдается, содержание железа увеличивается по мере увеличении глубины. Получены данные о составе минералов со сканирующего микроскопа с 134,3 метров по 171,7 которые помогут выявлению особенностей химического состава минералов и возможной скрытой зональности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, грант №22-17-00106.

Литература

1. Гордиенко И. В., Нефедьев М. А. Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. – 2015. – Т. 57. – №. 2. – С. 114-114.
2. Гордиенко И. В. и др. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем рифее-палеозое // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – №. 5. – С. 589-614.
3. Минина О. Р. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (состав, строение, геодинамическая эволюция) // Автореферат докторской диссертации. Иркутск. – 2014.

ПРИМЕНЕНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ДИФфуЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУДОГЕНЕЗА ЗОЛОТА

Болдина Д. А.

Научные руководители: профессор Иванов В.П., доцент Тимкин Т.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождения металлов, в том числе золота, в геологическом понимании – это участок земной коры, где металлы концентрируются благодаря тем или иным природным процессам. Для того, чтобы подобное событие произошло, металл должен быть доставлен к месту формирования месторождения и осажден там. Проблемы переноса металлов и концентрирования, по существу, – центральные проблемы генезиса рудных месторождений [2]. Целью данного исследования является определение тонкого золота в образцах Вернинского месторождения, как типового месторождения золота в черносланцевых толщах.

В работе использовался метод инфракрасной спектроскопии диффузного отражения с Фурье-преобразованием (DRIFTS) для порошков в диапазоне волновых чисел 7500–350 см⁻¹ вместо широко применяемого метода пропускания (FTIR) для таблеток с KBr в диапазоне волновых чисел 4000–500 см⁻¹. Обработка спектров проводилась АПК СКАУФВ (аппаратно-программный комплекс структурно-кластерного анализа углещифрированных веществ) [2]. Данная методика обработки позволяет определить функциональные структурные единицы (ФСЕ) в углещифрированных веществах (УВ): плоскостные (ν_{OCO} , ν_{NH} , ν_{CH} , ν_{CCN} и/или ν_{CNS} , ν_{CC}), межплоскостные (δ_{NH} , δ_{CH} , δ_{COC}) и комбинированные ($\nu+\delta_{inorg}$) связи.

Объектом исследований выступили десять образцов, отобранные на Вернинском золоторудном месторождении. По образцам, отобранным в рудной зоне, были получены ИК-спектры, представляющие собой ломанные линии близкой конфигурации, в которых выделены три диапазона: атомарные связи (ближний) 7500–4000 см⁻¹, молекулярные связи (средний) 4000–600 см⁻¹, металлоорганические соединения (дальний) 600–350 см⁻¹. Выяснилось, что для выявления тонкого золота можно использовать металлоорганические соединения, что хорошо видно на образцах № 2–20, которые различаются друг от друга по спектральным характеристикам.

На основании этого образцы были условно разделены на пять групп. В первую группу (спектры зелёного цвета) вошли образцы № 2 и № 20, находящиеся за пределами рудного блока. Во вторую группу (голубые спектры) образцы

СЕКЦИЯ 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

№ 4 и № 6, в третью группу (синие спектры) образцы № 10 и № 12, четвёртую группу (жёлтые спектры) образцы № 14 и № 16 и в пятую группу (красные спектры) образцы № 8 и № 18, выделяющиеся среди остальных конфигураций спектрального графика (рис.).

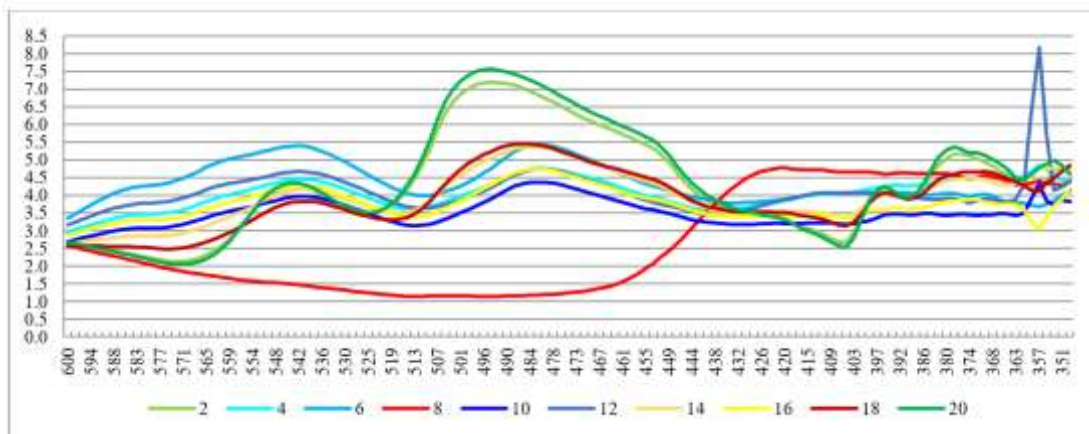


Рис. Дальний диапазон ИК-спектра (600–350 см⁻¹), металлоорганические соединения (МОС), по образцам № 2–20

Из составленной таблицы 1 видно, что по функциональным структурным единицам (ФСЕ) углефицированные вещества (УВ) группируются, а это указывает на близкие структурные характеристики УВ в выделенных группах. По справочным данным [3] золото в металлоорганических соединениях фиксируется на частотах ИК спектра 2163, 775, 444, 430 см⁻¹, которые отражают кластеры [(CH₃)₂ Au (NCS)]₂. В исследуемых образцах установлено, полоса спектра 2163 см⁻¹ соответствует соединению золота в виде валентной связи νCN, полоса 775 см⁻¹ – νCS, которые характеризуют связи в плоскости молекул, полосы 444, 430 см⁻¹ – межплоскостными связями δNCS или δCH. Ранними исследованиями была выявлена корреляционная полиномиальная связь между содержанием золота и интенсивностью полос 2163 и 430 см⁻¹ в виде уравнения $y = 0,0005x^{-2,25}$, по которому сделан прогноз содержания тонкого золота в образцах УВ (таблица 2).

Таблица 1

Строение УВ образцов по ФСЕ, %

ФСО	№ образца									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
νO-C-O	12,6	11,0	7,6	9,0	4,0	20,7	10,2	8,4	5,9	12,6
νNH	3,0	1,4	1,8	5,9	2,6	1,7	1,9	2,1	3,0	2,3
νCH	3,2	2,1	0,9	13,9	1,6	0,9	1,5	1,7	3,5	2,4
νC=C=N	15,2	7,1	6,4	0,50	4,2	12,4	8,7	7,4	8,7	16,8
νC-C	13,8	5,3	5,2	23,4	6,8	4,0	7,6	7,5	12,1	14,7
δNH	4,8	6,5	2,7	16,5	1,1	1,5	2,8	3,0	4,9	6,1
δCH	16,9	3,9	9,5	21,4	9,2	6,1	9,5	9,7	13,2	19,8
δC-O-C	9,7	1,1	5,9	7,9	3,5	3,9	2,2	1,3	3,8	11,0

Таблица 2

Прогноз характеристики проявления оруденения УВ по СКАУФВ

№ образца	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Au ₂₁₆₃ , г/т	0,69	0,83	1,23	0,14	1,31	1,54	1,01	0,55	0,36	0,88
Au ₄₃₀ , г/т	0,07	1,91	0,91	0,02	1,11	2,02	0,32	0,85	0,26	0,06
Среднее, Au, г/т	0,38	1,37	1,07	0,08	1,21	1,78	0,67	0,70	0,31	0,47
Ср _{2163;430} в ОВ, %	5,80	1,49	1,95	11,00	1,81	1,40	3,00	2,09	3,37	6,07
Т°С прогрева в точках отбора	106	364	171	115	315	218	621	558	264	71
Степень оруденения в точках отбора, ед.	0,07	0,92	0,55	0,01	0,67	1,27	0,22	0,33	0,09	0,08
Прогноз Au, г/т	0,38	1,22		0,08	1,50		0,69		0,31	0,47
Т°С прогрева УВ, по зонам	106	268		115	266		590		264	71
Степень оруденения, ед.	0,07	0,73		0,09	0,97		0,28		0,09	0,08

Используя данные работы [1], были сделаны расчёты палеотемпературы, и выяснилось, что в точках опробования она разная, в выделенных группах образцов она хорошо согласуется с прогнозным содержанием золота.

На этом основании была сделана попытка выделения зон рудопроявления и степени оруденения УВ. Так, в образцах № 4 и № 6 до отложений, представленных образцом № 8, и в образцах № 10 и № 12 температура прогрева соответственно составила 266–268°C, в образцах УВ № 14 и № 16 $T = 590^\circ\text{C}$. По степени оруденения это величины 0,73 и 0,97 ед., которые, вероятно обеспечат содержание тонкого золота на уровне 1,22 и 1,50 г/т соответственно.

В зоне высокого температурного прогрева 590° величина оруденения на уровне 0,28 ед., что вероятно обеспечит 0,69 г/т тонкого золота. Следовательно, при фактическом содержании золота в данных зонах оруденения можно спрогнозировать концентрацию тонкого золота.

Вывод: применение инфракрасной спектроскопии диффузного отражения с Фурье-преобразованием (DRIFTS) для порошков в диапазоне волновых чисел $7500\text{--}350\text{ см}^{-1}$ с обработкой спектров АПК СКАУФВ, позволяет определить функциональные структурные единицы (ФСЕ) в углефицированных веществах (УВ): плоскостные (νOCO , νNH , νCH , νCCN и/или νCNS , νCC), межплоскостные (δNH , δCH , δCOC) и комбинированные ($\nu+\delta_{\text{inorg}}$) связи, а также металлоорганические соединения, которые в комплексе создают предпосылки создания метода, позволяющего прогнозировать зоны и степень оруденения тонкого золота.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-27-00013.

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. 84-95.
2. Кизильштейн Л. Я. Роль органического вещества в образовании месторождений золота (на примере черных сланцев) //Природа. – 2017. – №. 10 (1226). – С. 63.
3. ИК-спектры К. Н. спектры КР неорганических и координационных соединений //Пер. с англ. к. х. н. Христенко Л.В., под ред. д. х. н. проф. Пентина ЮА-М.: Мир. 1991г.-536 с. – 1991.

ПОВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛА ДЕЛЬХАЙЕЛИТА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.

Грязнова Д.В., Самбуров Г.О., Яковенчук В.Н., Паниковровский Т.Л.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» Российской академии наук, г. Апатиты, Россия

Дельхайелит, $\text{K}_4\text{Na}_2\text{Ca}_2[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{19}] (\text{F}, \text{Cl})_2$ был описан в 1959 г. в щелочных лавах вулкана Шахеру в Бельгийском Конго [2]. Немного ранее М.Д. Дорфман описал данный минерал в Хибинском массиве [6], а его повторное исследование показало, что это один и тот же минерал [4]. Открытие М.Д. Дорманом с соавторами в 1979 г. гидродельхайелита, $\text{KCa}_2(\text{Si}_7\text{Al}) \text{O}_{17}(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ показало, что данный минерал является продуктом гипергенного изменения дельхайелита [5]. В 2010 году И.В. Пековым в ультраапатитовом пегматите г. Расвумчорр Хибинского массива был открыт новый минеральный вид фивегит, $\text{K}_4\text{Ca}_2[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{19}] (\text{F}, \text{Cl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [8]. Данный минерал является трансформационным и находится продуктом изменения первичного дельхайелита, сам изменяясь в свою очередь превращается в гидродельхайелит. Таким образом, была выделена трансформационная серия дельхайелит $\rightarrow$ фивегит $\rightarrow$ гидродельхайелит. При этих трансформациях сначала из структуры удаляются Na и F, а затем Cl и большая часть K. При этом процессе плавно возрастает степень гидратации структуры. Данная цепочка трансформационных минералов находится в согласии с концепцией трансформационных минералов, предложенных А. П. Хомяковым [9].

Наличие широких каналов в структуре дельхайелита предполагает возможность ионного обмена. В связи с этим нами поставлена задача по моделированию процесса удаления крупных ионов Na, K и галогенов F, Cl из кристаллической структуры дельхайелита, а также определения пределов устойчивости данного минерала в кислых средах.

Эксперименты по декатионизации проводились на образцах дельхайелита (рис. 1) из ультраапатитового пегматита на г. Кукисвумчорр Хибинского массива. Дельхайелит образует агрегаты в виде пластинчатых выделений с ромбовидным сечением до 10 см в длину и толщиной 1–2 см в ультраапатитовом пегматите «расвумчоррского типа», где находится в тесной ассоциации с высококалийевыми безводными минералами ортоклазом, шербаковитом, расвумитом, лобановитом, а также с эгирином, нефелином, лампрофиллитом, эвдиалитом, содалитом. Содалит вместе с пектолитом развивается по изменённым зонам дельхайелита, однако водные разновидности дельхайелита, фивегита и гидродельхайелита здесь не наблюдаются. Декатионизация дельхайелита проводилась при температурах 35, 60, 85, 110 и 135 °C в 1,0, 0,1, 0,01 и 0,001 М растворах HCl с использованием автоклавов объёмом 20 мл с фторопластовыми вкладышами и временем выдержки 24 часа в сушильном шкафу BINDER FD53. В результате экспериментов было обнаружено, что дельхайелит в насыщенных кислотах превращается в белые порошковидные рентгеноаморфные массы. Наиболее оптимальными оказались слабокислые растворы, в которых дельхайелит меняет цвет с серого на молочно-белый, но при этом сохраняет кристалличность.

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре Rigaku SynergyS (ЦКП ФИЦ КНЦ РАН), оснащенного плоским CCD детектором, при комнатной температуре с использованием монокроматического $\text{MoK}\alpha$ излучения ($\lambda = 0.71069 \text{ \AA}$). Параметры элементарной ячейки уточнялись методом наименьших квадратов. Поправка на поглощение определена эмпирически с помощью сферических гармоник, реализованных в алгоритме калибрования SCALE ABSPACK, в программном комплексе CrysalyPro [1]. Уточнение структуры проводилось с помощью программы SHELX [3], графическое изображение структур было получено с использованием компьютерной программы VESTA 3.

В основе кристаллической структуры дельхайелита (лежат сложные силикатные пакеты с общей формулой $(\text{Si}_{16}\text{O}_{34}(\text{OH})_4)$, образуя 3-D сеть восьмигранных каналов (рис. 2а). Каналы заполнены атомами K, Na и Cl. Соседние пакеты соединены через вершины CaO_6 октаэдров и NaO_8 полиэдров. Элементарная ячейка содержит 2 пакета $(\text{Si}_{16}\text{O}_{34}(\text{OH})_4)$ сдвинутых на $\frac{1}{4}$ ячейки вдоль направления $[011]$ друг относительно друга. В ходе эксперимента по декатионизации чувствительное изменение параметров элементарной ячейки (таблица) происходит в интервале температур $110\text{--}135^\circ\text{C}$. Происходит уменьшение параметра a на величину $0.35 \text{ \AA}$, одновременно с этим наблюдается небольшое увеличение параметра c на величину $0.05 \text{ \AA}$, параметр b при этом практически не изменяется.

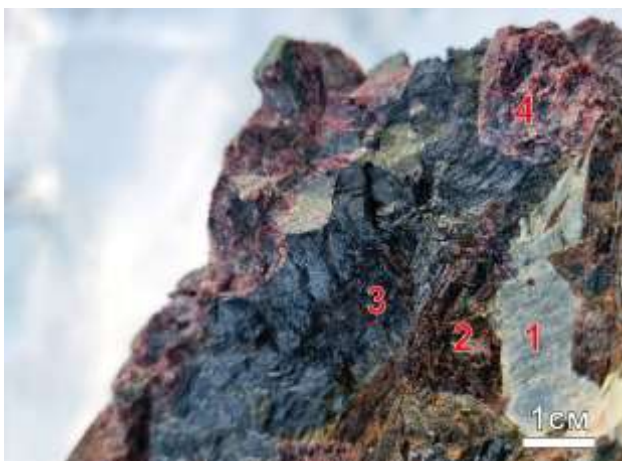


Рис. 1. Дельхайелит (1) с лампрофиллитом (2), арфведсонитом (3) и эвдиалитом (4) из пегматита на г. Кукисвумчорр Хибинского массива

Таблица

Параметры элементарной ячейки дельхайелита после эксперимента по декатионизации при различных температурах

Температура	a	b	c
25	24.5461	7.0498	6.5809
35	24.5383	7.0688	6.5747
60	24.4693	7.0551	6.5722
85	24.4503	7.0619	6.5835
110	24.4382	7.0675	6.5752
135	24.0781	7.0853	6.6347

Изменения параметров элементарной ячейки прежде всего связано с изменением катионного наполнения каналов кристаллической структуры дельхайелита. Все структуры были уточнены в ромбической группе $R\bar{3}m$, попытки уточнения в пространственных группах $Pn2_1m$ и на рис. 2а показаны кристаллические структуры исходного дельхайелита (уточнённая формула – $\text{K}_{7.20}\text{Na}_{4.80}\text{Ca}_4[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{38}] \text{F}_4\text{Cl}_2$), после обработки кислотой при температуре 60°C (рис. 2б) происходит потеря части Na и K, а также замена F на OH группу. Уточнённую формулу данного образца может быть записана как: $\text{K}_6\text{Na}_{3.1}\text{Ca}_4[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{35.5}(\text{OH})_{2.5}] \text{OH}_4\text{Cl}_{1.60}$. После обработки кислотой при температуре 135°C (рис. 2в) происходит выход большей части K, а также Cl, появляются слабозаселённые позиции молекул H_2O , происходит небольшой разворот октаэдров CaO_6 относительно $[010]$. При этом происходило значительное уменьшение параметра a . Уточнённую формулу для этого образца можно записать как $\text{K}_3\text{Na}_{2.6}\text{Ca}_4\text{Si} [\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{33.6}(\text{OH})_{4.4}] \text{OH}_4 1.8\text{H}_2\text{O}$.

Модельный эксперимент по преобразованиям дельхайелита в кислой среде показал, что полученная модификация при температуре 135°C химически близка к фивегиту, однако атомы Na, находящиеся в цепочках 8-вершинников на сочленении силикатных пакетов достаточно устойчиво находятся в структуре и к миграции более склонны атомы K и Na из каналов структуры.

Возможно, природные превращения происходят в условиях более низких температур и более низкой кислотности среды, в которой более способным к миграции оказываются катионы Na^+ . С другой стороны, наши эксперименты показали, что атомы K также способны к ионному обмену, что может быть полезным при использовании дельхайелита в качестве сорбента в технологических процессах при температурах около 100°C .

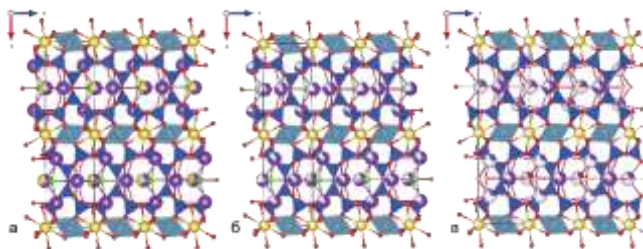


Рис. 2. Кристаллическая исходного дельхайелита (а), после обработки в кислоте при температуре 60°C (б); 135°C (в)

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 21-77-10103 «Создание новых функциональных материалов на основе минерального сырья в Арктической зоне РФ: кристаллохимия, тополого-геометрический анализ, ионный обмен, синтез, технологии производства» на оборудовании ЦКП ФИЦ КНЦ РАН.

Литература

1. Agilent C. A. P. R. O., CrysAlis P. R. O. Agilent Technologies Ltd /Yarnton, Oxfordshire, England. – 2014. – Т. 2014.
2. Sahama Th.G., Hynen K. // Miner. Mag. 1959. V. 32. 1. P. 6-9.
3. Sheldrick G. M. SHELXT—Integrated space-group and crystal-structure determination //Acta Crystallographica Section A: Foundations and Advances. – 2015. – Т. 71. – №. 1. – С. 3-8.
4. Дорфман М. Д. Дельхайелит и особенности его //Mir Kamnia. – 1995. – С. 7.
5. Дорфман М. Д. Новые данные по минералогии Юкспора в Хибинских тундрах //В сб.: «Вопросы геологии и минералогии Кольского полуострова. – 1958. – №. 1.
6. Дорфман М. Д., Чигаров М. И. Гидродельхайелит продукт гипергенного изменения дельхайелита. – 1979.
7. Пеков И. В. и др. Кристаллохимия дельхайелита и гидродельхайелита //Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение" Российская академия наук", 2009. – Т. 428. – №. 4. – С. 519-525.
8. Пеков И. В. и др. ШЛЫКОВИТ $\text{KCa} [\text{Si}_4\text{O}_9 (\text{OH})] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ И КРИПТОФИЛЛИТ $\text{K}_2\text{Ca} [\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -новые минералы из Хибинского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) 1 //Записки Российского минералогического общества. – 2010. – Т. 139. – №. 1. – С. 37-50.
9. Хомяков А.П. Минералогия ультрааппаитовых щелочных пород. М.: Наука. – 1990. – 196 С.

МИРОВОЙ РЫНОК ТАНТАЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ДОБЫЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ

Дибров А.М.¹, Диброва Ю.А.²

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
г. Томск, Россия

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

Тантал является одним из умеренно критически важных технологических металлов в мировой экономике. Тантал пластичен, легко поддается обработке, обладает высокой устойчивостью к кислотной коррозии, является хорошим проводником тепла и электричества, а также имеет высокую температуру плавления. Основное применение тантала на современном этапе осуществляется при изготовлении танталовых конденсаторов для электронных устройств (сотовые телефоны, компьютеры, видеорекамеры и др.) и медицинских приборов.

С 2006 года мировое производство тантала постепенно переместилось из Австралии в страны Центральной Африки (в Руанду и Демократическую Республику Конго (ДРК)) [1]. Только Руанда и ДРК производят значительное количество тантала, а Бурунди (Восточная Африка) значительно меньше. В других африканских странах нет данных о производстве тантала. Также среди крупных производителей тантала можно отметить такие страны, как Бразилия и Китай.

Мировое производство и потребление тантала увеличилось в 2022 году, поскольку производство металла в большинстве стран продолжало восстанавливаться после снижения, вызванного глобальной пандемией COVID-19 в 2019 году.

Жесткие меры, включая временное закрытие шахт в Бразилии и Руанде во время борьбы с пандемией, привели к сокращению мирового производства тантала. Объем производства тантала в 2020 году в Бразилии, Руанде и Демократической Республике Конго составил 77 % от мирового объема. Однако в связи с новой волной всплеск COVID-19 такая страна, как Руанда, ввела в несколько раз больший карантин, чем ожидалось, что в свою очередь, значительно сократило производство тантала с 336 тонн в 2019 году до 254 тонн в 2020 году, т. е. произошло снижение на 24 % [2,3].

Покупатели стремились увеличить поставки тантала после сохранения низких запасов в 2021 году. Также важно отметить, что вырос спрос на тантал со стороны электронной промышленности. В 2022 году Китай оставался ведущим экспортным направлением, на долю которого пришлось около 20 % танталовых руд и концентратов, отходов и лома, а также потребления металла. На Бразилию, Конго (Киншаса), Нигерию и Руанду в 2022 году пришлось около 85 % мирового производства тантала (Таблица) [4]. Всего в мире было извлечено порядка 2000 тонн тантала в 2022 году.

На рынке тантала можно выделить следующие крупнейшие компании:

1. Global Advanced Metals Pty Ltd;

Таблица
Добыча тантала ведущими странами (по данным
Геологической службы США (USGS))

Страна	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Изменение 2022 г. / 2021 г.
Австралия	67	34	44	57	29,5 %
Бразилия	430	470	360	370	2,8 %
Бурунди	38	24	39	39	0,0 %
Китай	76	74	76	78	2,6 %
Конго (Киншаса)	580	780	790	860	8,9 %
Эфиопия	70	69	32	24	-25,0 %
Нигерия	180	260	110	110	0,0 %
Россия	26	49	39	39	0,0 %
Руанда	336	254	269	350	30,1 %

2. AMG Advanced Metallurgical Group NV;
3. Pilbara Minerals;
4. Ningxia Orient Tantalum Industry Co. Ltd;
5. Minsur (Mining Taboca).

В 2022 году наибольшая доля потребления на мировом рынке тантала принадлежала Азиатско-Тихоокеанскому региону. Китай является крупнейшим потребителем тантала в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Конденсаторы и высокотехнологичные военные изделия являются ключевыми областями применения тантала в стране.

Китай является крупнейшей базой по производству электроники в мире. Электронные продукты, такие как смартфоны, телевизоры, провода, кабели, портативные вычислительные устройства, игровые системы и другие персональные устройства, зафиксировали самый высокий рост в сегменте электроники в 2021–2022 годах. Китай не только обслуживает внутренний спрос на электронику, но и экспортирует электронную продукцию в другие страны, а также является ведущим мировым производителем различных компонентов.

Также необходимо добавить, что в Индии реализуется Национальная политика в области электроники с 2019 года, которая направлена на проектирование и производство электронных систем (ESDM). Таким образом, Индия может внести значимый вклад в формирование спроса на мировом рынке тантала.

В заключении важно отметить, что помимо существующих факторов спроса на тантал, которые определяются потребностями высокотехнологичной промышленности (электроника, аппаратные системы 5G, электромобили и др.), можно выделить ещё один – высокую вероятность возникновения дефицита предложения тантала из-за медленных темпов восстановления его добычи по сравнению со скоростью роста спроса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01742.

Литература

1. Sanderson K. Concerns raised over tantalum mining //Nature. <https://doi.org/10.1038/5211038a>. – 2015. – Т. 1038.
2. Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey, 2021. 200 p. Available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021.pdf> (accessed 05 March 2023).
3. Mineral Commodity Summaries 2022: U.S. Geological Survey, 2022. 202 p. Available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf> (date of access: 05.03.2023).
4. Mineral commodity summaries 2023: U.S. Geological Survey, 2023. 210 p. Available at: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf> (accessed 05 March 2023).

ДЕКАТИОНИЗАЦИЯ ПРИРОДНОГО МУРМАНИТА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.

Калашникова Г.О., Грязнова Д.В., Гойчук О.Ф., Базай А.В., Паниковровский Т.Л.
**Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» Российской академии наук,
г. Апатиты, Россия**

Для минералов Кольской щелочной провинции характерны посткристаллизационные преобразования в результате различных наложенных процессов. Данные процессы могут включать в себя катионный обмен и декатионизацию, обычно проявленную в виде реакции $\text{Na}^+ + \text{O}^{2-} = \square + \text{OH}^-$ [1]. Мурманит, $\text{Na}_4\text{Ti}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$, является породообразующим минералом и широко распространён в лейкократовых породах (фойяиты, уртиты), а также пегматито-гидротермальных жилах Ловозерского щелочного массива [2, 3]. Кристаллохимия минералов, структурно относящихся к мурманиту была детально исследована научной группой И. В. Пекова, авторами были открыты новые минералы звягинит [4], вигришинит [5] и кальциомурманит [6], которые являются продуктами преобразования первичного мурманита, либо его ниобиевого аналога – эпистолита. Нами, в свою очередь, была обнаружена природная декатионизированная разновидность мурманита (рис. 1) [7]. В связи с этим поставлена задача по моделированию данного процесса в лабораторных условиях.

Эксперименты по декатионизации проводились на образцах мурманита из пегматита на г. Куамдеспакх Ловозерского массива. Мурманит здесь образует прямоугольные кристаллы (до 10 см в длину), расположенные как в зальбандах прожилков, так и во вмещающих луювритах. В ассоциации с мурманитом, кроме содалита и микроклина присутствуют сферолиты длиннопризматических кристаллов эгирина и крупные (до 1 см в поперечнике) кристаллы эвдиалита. Декатионизация проводилась при температурах 35, 60, 85, 110 и 135 °C в 1.0, 0.1, 0.01 и 0.001 М растворах HCl с использованием автоклавов с PTFE вкладышами объёмом 20 мл и временем выдержки 24 часа в сушильном шкафу BINDER FD53. В результате экспериментов было определено, что мурманит в насыщенных кислотах меняет цвет с розового на коричневый и становится аморфным. Наиболее оптимальными оказались слабокислые растворы, которые могут быть в приповерхностных условиях залегания мурманита.

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре Rigaku SynergyS (ЦКП ФИЦ КНЦ РАН), оснащенного плоским CCD детектором, при комнатной температуре с использованием монохроматического MoK α излучения ($\lambda = 0.71069 \text{ \AA}$). Параметры элементарной ячейки уточнялись методом наименьших квадратов. Поправка на поглощение определена эмпирически с помощью сферических гармоник, реализованных в алгоритме калибровки SCALE ABSPACK, в программном комплексе CrysAlisPro [8]. Уточнение структуры проводилось с помощью программы SHELX [9], графическое изображение структур было получено с использованием компьютерной программы VESTA 3.

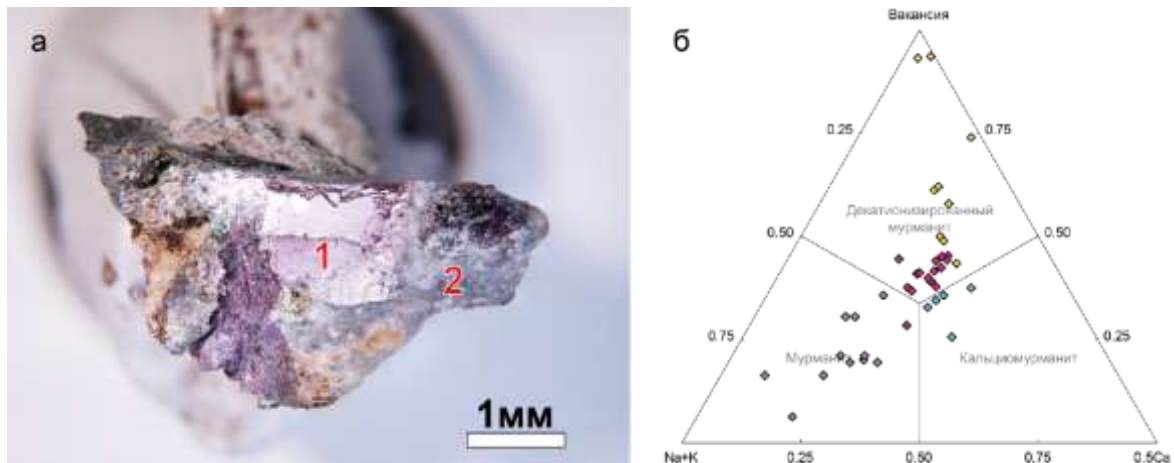


Рис. 1. Мурманит (1) с альбитом (2) из пегматита на г. Куамдеспах (а); тройная диаграмма химического состава различных мурманита и продуктов его природного преобразования из различных пород Ловозёрского массива (б)

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре Rigaku SynergyS (ЦКП ФИЦ КНЦ РАН), оснащенного плоским CCD детектором, при комнатной температуре с использованием монохроматического $\text{MoK}\alpha$ излучения ($\lambda = 0.71069 \text{ \AA}$). Параметры элементарной ячейки уточнялись методом наименьших квадратов. Поправка на поглощение определена эмпирически с помощью сферических гармоник, реализованных в алгоритме калибровки SCALE ABSPACK, в программном комплексе CrysAlisPro [8]. Уточнение структуры проводилось с помощью программы SHELX [9], графическое изображение структур было получено с использованием компьютерной программы VESTA 3.

В основе кристаллической структуры мурманита лежат титаносиликатные (НОН) пакеты, составленные из октаэдрических O (рис. 2а) и гетерополиэдрических H (рис. 2б) слоёв. Каждый O слой состоит из цепочек рёберно-связанных Ti -центрированных октаэдров, параллельно которым расположены аналогичные цепочки из более крупных октаэдров NaO_6 . H слои состоят из диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, соединённых общими вершинами с TiO_6 октаэдрами, таким образом что образуются шестичленные кольца, состоящие из двух $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ -групп и двух TiO_6 октаэдров. Пустоты в центре данных колец заняты атомами Na образуя NaO_6 гексагональные дипирамиды. Апикальные вершины данных пирамид заселены молекулами воды, как и вершины «висячих» октаэдров, образуя водородные связи между соседними НОН пакетами.

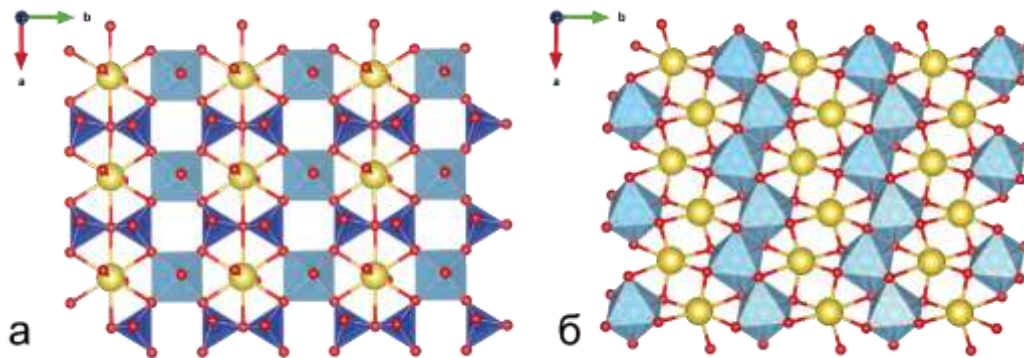


Рис. 2. Гетерополиэдрический (H) (а); и октаэдрический (O) слои (б) в структуре мурманита. Атомы натрия показаны желтым, тетраэры SiO_4 – синим, октаэдры TiO_6 – голубым

Исходный образец мурманита (рис. 3а) был уточнён в пространственной группе $P-1$ с параметрами $a = 5.3822(6)$, $b = 7.0538(8)$, $c = 11.6477(15) \text{ \AA}$, $\alpha = 86.385(9)$, $\beta = 81.967(10)$, $\gamma = 89.970(9)$, $V = 436.98(9) \text{ \AA}^3$. Уточнённая кристаллохимическая формула может быть записана как $\text{Na}_4\text{Ti}_3.8\text{Nb}_{0.2}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_{3.8}(\text{OH})_{0.2} \times 4\text{H}_2\text{O}$. Образец, обработанный кислотой при температуре 35°C (рис. 3б) был также уточнён в пространственной группе $P-1$ с параметрами $a = 5.3622(2)$, $b = 7.0607(4)$, $c = 11.7074(8) \text{ \AA}$, $\alpha = 86.535(5)$, $\beta = 81.853(4)$, $\gamma = 89.973(4)$, $V = 437.96(4) \text{ \AA}^3$. Уточнённая кристаллохимическая формула может быть записана как $\text{Na}_{3.4}\text{Ti}_3.8\text{Nb}_{0.2}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_{3.2}(\text{OH})_{0.8} \times 4\text{H}_2\text{O}$. Следует обратить внимание, что несмотря на изменение параметров решётки, связанное с выходом части Na из октаэдрического слоя объём элементарной ячейки, практически не изменился. При увеличении температуры до 60°C протекание обменной реакции $\text{Na}^+ + \text{O}^{2-} = \square + \text{OH}^-$ является более полным, что приводит к более заметным изменениям кристаллической структуры: уточнённые параметры: $a = 5.2760(4)$, $b = 7.1127(5)$, $c = 11.5178(10) \text{ \AA}$, $\alpha = 85.302(6)$, $\beta = 81.708(6)$, $\gamma = 89.018(6)$, $V = 426.26(6) \text{ \AA}^3$. Уточнённую формулу можно записать как: $\text{Na}_{0.9}\text{Ti}_{3.8}\text{Nb}_{0.2}(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_{3.3}\text{O}_{0.7} \times 4\text{H}_2\text{O}$. Изменения в структуре (рис. 3в) связаны с

выходом большей части Na из кристаллической структуры мурманита, при этом длина связи Na-H₂O в H-слое уменьшается с расстояния 2.306 Å в исходном мурманите до расстояния 1.799 Å. Уменьшение длины связи ведёт к уменьшению межапачетного расстояния и как следствие параметра *c* на величину порядка 0.1 Å.

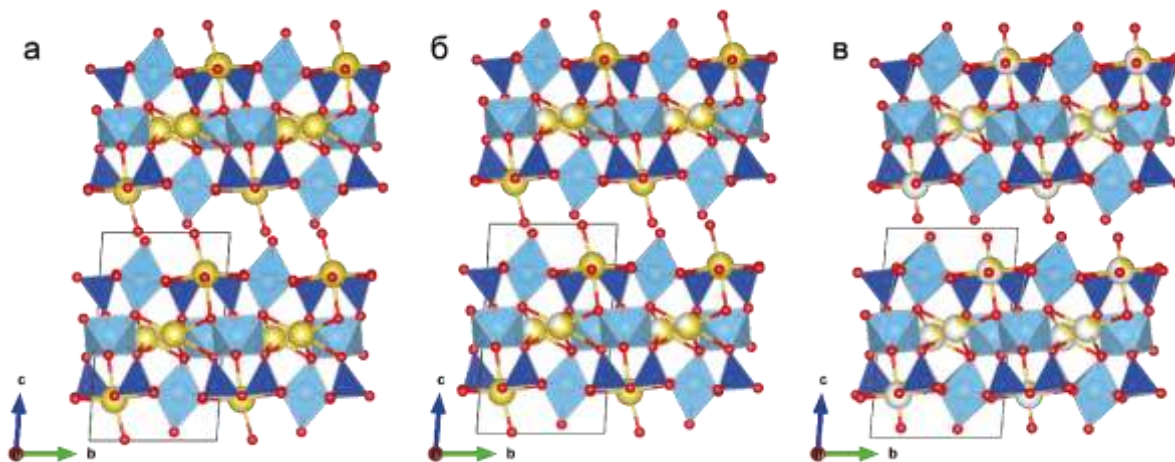


Рис. 3. Кристаллическая структура La-замещенного ситинакита, спроецированная вдоль оси *c* с каналами I (a); вдоль направления [110] с каналами III (б); вдоль оси *a* с каналами II (в); координация атомов La1, La2, La3, Si1, Ti1 и Ti2 (d).

Последующий нагрев парадоксально ведёт к уменьшению степени протекания реакции. Следует отметить, что процессы декатионизации в природе происходят при относительно низких температурах. Экспериментальные данные показали высокую степень подвижности Na в кристаллической структуре мурманита, что и обуславливает образование трансформационных минералов, таких как кальциомурманит и вигришинит в природе. Относительно высокая устойчивость мурманита в кислых условиях предопределяет возможность образования в природе большого числа потенциально новых минеральных форм путём естественного катионного обмена.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 21-77-10103 «Создание новых функциональных материалов на основе минерального сырья в Арктической зоне РФ: кристаллохимия, тополого-геометрический анализ, ионный обмен, синтез, технологии производства» на оборудовании ЦКП ФИЦ КНЦ РАН.

Литература

1. Хомяков А.П. Минералогия ультраабзитоидных щелочных пород. М.: Наука. – 1990. – 196 С;
2. Буссен И.В., Сахаров А.С. Геология Ловозерских тундр. - Л.: Наука. – 1967. – 125 С.
3. Буссен И.В., Сахаров А.С. Петрология Ловозерского щелочного массива. - Л.: Наука. – 1972. – 296 С;
4. Lykova I. S. et al. Calciomurmanite, (Na, $\square$)₂Ca (Ti, Mg, Nb)₄[Si₂O₇]₂O₂(OH, O)₂(H₂O)₄, a new mineral from the Lovozero and Khibiny alkaline complexes, Kola Peninsula, Russia //European Journal of Mineralogy. – 2016. – Т. 28. – №. 4. – С. 835-845.
5. Пеков И. В. и др. Вигришинит Zn₂Ti_{4-x}Si₄O₁₄(OH, H₂O)₄ $\square$ -новый минерал из Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // Записки Российского минералогического общества. – 2012. – Т. 141. – №. 4. – С. 12-27.
6. Пеков И. В. и др. Звягинит NaZnNb₂Ti[Si₂O₇]₂O(OH, F)₃(H₂O)_{4+x} (x<1)-новый минерал группы эпистолита из Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // Записки Российского минералогического общества. – 2014. – Т. 143. – №. 2. – С. 45-63.
7. Гойчук О.Ф. и др. Продукты природной декатионизации мурманита, Na₂Ti₂(Si₂O₇)₂O₂·2H₂O // Труды XXXIII молодежной научной конференции, посвященной памяти члена-корреспондента АН СССР К.О. Кратца и академика РАН Ф.П. Митрофанова. – 2022. – С. 43-45.
8. Agilent Technologies () CrysAlis CCD and CrysAlis RED. Oxford Diffraction Ltd, Yarnton, Oxfordshire, UK – 2014.
9. Sheldrick, G.M. SHELXT - Integrated space-group and crystal-structure determination // Acta Cryst. –2015. – A71. – 3-8.

**О ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОМ ТИПЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ МЕДИ
УЛАНДРЫК И АКСАЙ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

Калинина А.М., Сейров Ф.Е.

Научный руководитель доцент Ананьев Ю.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вопрос о правильном обосновании геолого-промышленного типа рудопроявлений меди Аксай и Уландрык остаётся открытым. Многие исследователи относят эти объекты к медно-порфировым месторождениям (Селин П.Ф., 1990; Крупчатников В.И., 1993) [3, 4]. В статье рассматривается возможность уточнения данных о метасоматической зональности рудопроявлений в материалах космических съёмок, а также правильности отнесения этих объектов по результатам дешифрирования к данному геолого-промышленному типу на основании их сравнения с эталонным медно-порфировым Актогайским рудным полем.

Изучение закономерностей геологического строения Актогайского рудного поля и Аксай-Уландрыкской площади проводилось на базе фондовых и опубликованных материалов.

Для выявления и картирования метасоматической зональности порфировых месторождений использованы мультиспектральные космические снимки ASTER. Космические снимки извлекались из архива, перепроецировались в прямоугольную проекцию и подвергались радиометрической калибровке. Непосредственно для выявления гидротермалитов использовались метод ложных цветов, главных компонент и спектральных индексов. Дополнительно, для выявления слабопроявленных метасоматитов на Уландрыкском и Аксайском проявлении использовалось преобразование ложных цветов палитры RGB в IHS [5, 8]. Проведенные исследования показали следующее.

Медно-порфировые месторождения представляют собой центральные части гидротермально-метасоматических систем, являющиеся источником прожилково-вкрапленных руд таких полезных ископаемых, как медь, молибден, также могут содержать золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут в виде примесных элементов. Центральным элементом медно-порфировой системы является многофазный интрузивный шток, как правило, известково-щелочного ряда. Фаз обычно несколько, до 5–7. Ранние фазы наиболее богаты ценным компонентом, поздние фазы часто безрудные. Каждая фаза сопровождается своим набором прожилков. От ранних – биотитовых, до кварцевых и более поздних кварц-пиритовых с серицитовыми оторочками. Формирование таких месторождений происходит в субдукционных обстановках с пологим погружением океанической плиты. Они приурочены к крупным разломам, параллельным субдукции и секущим их трансформным разломам. Обстановка сжатия и наличие перекрывающих пород, способных к упруго-пластичной деформации, не даёт магматическим камерам вскрываться и рассеивать рудное вещество по большим площадям [7]. Метасоматическая зональность представлена двумя рядами – горизонтальным и вертикальным. По оси рудной зоны: калиевые метасоматиты – переходные аргиллизиты – кварц-серицитовые филлизиты – пиропиллитовые вторичные кварциты – алунитовые вторичные кварциты – монокварциты. Обрамление рудовмещающих метасоматитов также снизу-вверх: актинолит-магнетитовые гидротермалиты на подрудном уровне, эпидотовые пропилиты на рудном уровне, хлоритовые пропилиты на надрудном уровнях. Мощность изменений до первых километров [6, 7].

Актогайское медно-порфировое месторождение расположено в северо-восточном сегменте герцинского Прибалхашско-Илийского андезитовидного интрузивно-вулканического пояса. В Актогайское рудное поле входят месторождения Актогай, Айдарлы и Кызылкия. Границами поля служат экзоконтакты Колдарского интрузивного массива с отложениями керегетасской свиты (C₂₋₃) андезит-дацит-молассовой формации, представляющей собой рудовмещающую вулканогенную часть комплекса. Вскрытая эрозионными процессами часть массива располагается в ядре Колдарской горст-антиклинали, крылья которой обзазованы вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями. Сам Колдарский массив имеет форму лакколита, в составе которого выделяют три фазы: первая – габбро-диориты, габбро-диабазы, диориты, гранодиориты; вторая – граниты биотитовые; третья – граниты порфировидные, гранит-порфиры. Строение участка во многом обусловлено расположением зоны разрывных нарушений, главными разломами являются – Главный Колдарский и Южный Колдарский разломы северо-восточного направления и секущий их в юго-восточном направлении Актогайский разлом. Рудоносный штокверк месторождения Актогай расположен среди метасоматически измененных гранитоидов первой фазы и прослеживается в восточной части Центрально-Актогайского ксенолита терригенно-вулканогенных пород керегетасской свиты. Для месторождений рудного поля описана классическая концентрическая зональность рудоносных метасоматитов. На месторождениях пропилиты получили максимальное распространение во фронтальной зоне, в промежуточной зоне проявлены биотитовые и кварц-калишпатовые, кварц-серицитовые метасоматиты, во внутренней – штокверковое прокварцевание и монокварциты. Метасоматиты накладываются на все известные на месторождении породы, за исключением турмалинизированных брекчий и пострудных даек долеритов. [1].

Дешифрирование мультиспектральных снимков ASTER по площади Актогайского рудного поля позволило в центральных частях месторождений Актогай и Айдарлы выделить кварцевые ядра, вдоль Актогайского разлома прослежены области филлитовых изменений, а также по периферии выделены пропилитовые метасоматиты. В целом метасоматический ореол Актогайского месторождения овальной формы с размерами 5 на 3 км, а месторождения Айдарлы – 3 на 2 км. В целом, выявленная по результатам дешифрирования метасоматическая зональность полностью соответствует результатам наземных картировочных работ, а использованная методика картирования рудоносных метасоматитов по данным космических снимков ASTER может применяться для выявления подобных объектов.

Аксайская и Уландрыкская площади расположены в северной части Аксайской вулканотектонической структуры Горного Алтая. Эта структура определяется как палеодепрессия кальдерного типа. В пределах участков наиболее древние (кембрийские и силурийские) отложения представлены в основном песчаниками, алевролитами, кварц-серицит-хлоритовыми сланцами, известняками. Центральная часть Аксайской вулканотектонической структуры прорвана Аксайским и Уландрыкским массивами Аксайского трахиандезит-дацит-риолитового вулканоплутонического комплекса раннего девона, являющимися выступами кровли крупного гранитоидного плутона северо-западного простирания [3]. Выходы плутона в пределах участков относятся к субвулканической фации аксайского вулканоплутонического комплекса и фиксируют положение эруптивных центров. К первой субвулканической фазе относятся – Чаганбургазинский массив (сложен низкощелочными лейкогранит-порфирами), ко второй фазе – Аксайский, Уландрыкский и др. массивы. Породам свойственен лейкократовый состав – кварц, калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз. В период образования комплекса в пределах территории был режим активной континентальной окраины андийского типа. При этом, непосредственно комплекс формировался в континентально-рифтогенной надсубдукционной обстановке [2, 3, 4]. Рудовмещающими являются тектонические и эруптивные брекчии, гидротермально-метасоматические и экзогенно измененные риолиты и субщелочные лейкограниты Аксайского комплекса. Ведущим типом изменений является окварцевание и серицитизация, а также гематитизация (кварц-гематитовые руды). В целом, наблюдается тесная связь между медно-редкометальным оруденением и ожелезнением. Рудные тела линзовидной и сложной морфологии мощностью до 18 м тяготеют к осевой части зоны и представлены пирит-серицит-кварцевыми гидротермалитами и метасоматизированными брекчиями с прожилково-гнездово-вкрапленным распределением рудных минералов и густо пронизанными жилками сливного гематита. Такие руды относятся к окисленным. Халькопирит, вероятно, являлся основным первичным минералом меди, практически повсеместно в приповерхностных условиях замещается полностью или частично вторичными минералами меди (малахит, тенорит, халькозин, азурит). Минерализация сконцентрирована в северо-восточных эндо- и экзоконтактах массива и контролируется крупным Уландрыкско-Аксайским разломом северо-западной ориентировки [3, 4].

В результате дешифрирования спектрозонального снимка ASTER была выявлена тектоническая зона неоднородного внутреннего строения протяженностью более 6 км при видимой мощности не более 400 м, приуроченная к Уландрыкско-Аксайскому разлому, вдоль которого фиксируются локальные области развития кварц-серицитовых метасоматитов. Внутри зоны выделяются кулисообразные кварцевые жилы и зоны окварцевания. Вблизи рудной зоны проявлены отдельные участки окварцевания, серицитизации и лимонитизации.

Сравнивая два объекта на основе дешифрирования спектрозональных снимков ASTER, можно сделать вывод об их принадлежности к различным геолого-промышленным и морфологическим типам оруденения. Так, на Актогае присутствуют все характерные признаки медно-порфирового типа оруденения. При этом, геодинамическая обстановка формирования месторождений близка – континентальная субдукционная надрифтогенная, но в случае Уландрыкского и Аксайского проявлений отсутствуют перекрывающие толщи, способные выполнить роль «флиоидоупора», в то время как для Актогайского месторождения это могли быть флишиодные толщи субстрата вулканоплутонического пояса. Уландрыкское и Аксайское проявления существенно отличаются от медно-порфировых объектов по составу продуктивных формаций, а также характерным наличием гематита в значительных количествах и редкоземельной минерализации. На рудопроявлениях отсутствует явно проявленная метасоматическая зональность, а также ореолы биотитизации и калишпатизации. От месторождений IOCG (Iron Oxide Copper Gold) типа главным отличием также является отсутствие мощной зоны метасоматических изменений (на подобных месторождениях – до 100 км²).

Литература

1. Беспяев Х. А., Парилов Ю. С. Условия образования месторождений меди, свинца, цинка и железа Казахстана // Алматы: «Гылым». – 1999.
2. Гусев А. И. Магмо-рудно-метасоматические системы Юстыдского прогиба Алтая. – 2020.
3. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Горно-Алтайская. М-45-XXIII, XXIX (Кош-Агач). Объяснительная записка / Пономарев А.Л., Крупчатников В.И., Русанов Г.Г. и др – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. – 293 с.
4. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Горно-Алтайская. М-45-XXIV. Объяснительная записка / Попова О.М., Кривчиков Е.А., Пономарев А.П., и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. – 255 с.
5. Поцелуев А. А. и др. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиска МПИ (на примере Рудного Алтая) //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2006. – Т. 5. – С. 53-57.
6. Сакин С. Б., Когай М. И., Пак Д. Ю. Эталонная модель медно-порфировой системы //Символ науки. – 2016. – №. 3-3. – С. 15-18.
7. Звездов В.С. Модели меднопорфировых рудно-магматических систем и месторождений для прогноза, поисков и оценки: дис. на соискание ученой степени д-ра геолого-минералогических наук. В 2 т./ В.С. Звездов – М., 2022 – Т.1 – 294с.
8. Kalinowski A., Oliver S. ASTER Mineral Index Processing Manual Compiled by Remote Sensing Applications Geoscience //Australia, Center of Geographic Sciences. – 2004.

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ХИМИЗМА ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ААЛЕНСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ ЛАБИНО-МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)

Калинина Н.А.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Осадочные железняки представляют собой специфические железо-содержащие горные породы, распространенные в определенные периоды фанерозоя и не имеющие очевидных современных аналогов [3, 4]. Происхождение месторождений морских железняков остается дискуссионным. Основные сложности перед утверждением однотипной генетической модели связаны с определением источника вещества, процессов кристаллизации железистых минералов и механизмов формирования ооидов. Целью данной работы является анализ морфологии и химического состава железистых минералов среднеюрских (ааленских) ооидовых железняков Лабино-Малкинской зоны для понимания условий образования и трансформации минерального состава пород.

Изучаемое проявление железняков расположено в пределах Лабино-Маклинской зоны (Северо-Западный Кавказ), на левом берегу р. Хусса-Кардоникская. Разрез представлен скальным обнажением в обрыве речной террасы и сложен осадочными породами (ооидовые железняки, известняки, песчаники и фосфориты) раннего аалена (J₂). Для определения морфологии и химического состава минералов использовались методы оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии с локальным рентгеноспектральным энергодисперсионным анализом, рентгенодифракционного анализа и просвечивающей электронной микроскопии с локальной электронной дифракцией.

Ооидовые железняки сложены аутигенными и терригенными минералами, а также органическим детритом. Аутигенные минералы образуют ооиды и пизоиды или входят в состав цемента пород. Железосодержащие *in situ* фазы представлены (гидро-)оксидными, глинистыми и карбонатными минералами.

Глинистые минералы (филлосиликаты) являются наиболее распространенными в изучаемом разрезе. Они образуют смешанослойные ассоциации, реже встречаются самостоятельные минеральные фазы. Филлосиликаты представлены слюдами с дефицитом межслоя (иллит), смектитами (нонtronит, сапонит, монтмориллонит) и хлоритами. Филлосиликаты в породах встречаются в виде тонкочешуйчатых (рис. 1, А) или пластинчатых (рис. 1, Б) зерен. Зерна минералов часто деформированы, изогнуты или скручены. Глинистые минералы входят в состав ооидов или цемента, при этом в ооидах в основном распространены минералы группы хлорита, а в цементе – смектита. На основе рассчитанных кристаллохимических характеристик (рис. 2), хлориты идентифицированы как тюрингит и шамозит, в единичных случаях рипидолит и брунсвингит. На картинах локальной электронной дифракции, снятых при анализе кортекса ооидов и пизоидов, хлориты отличаются рефлексами при 7.2, 3.5, 2.6, 2.5, 1.6 Å.

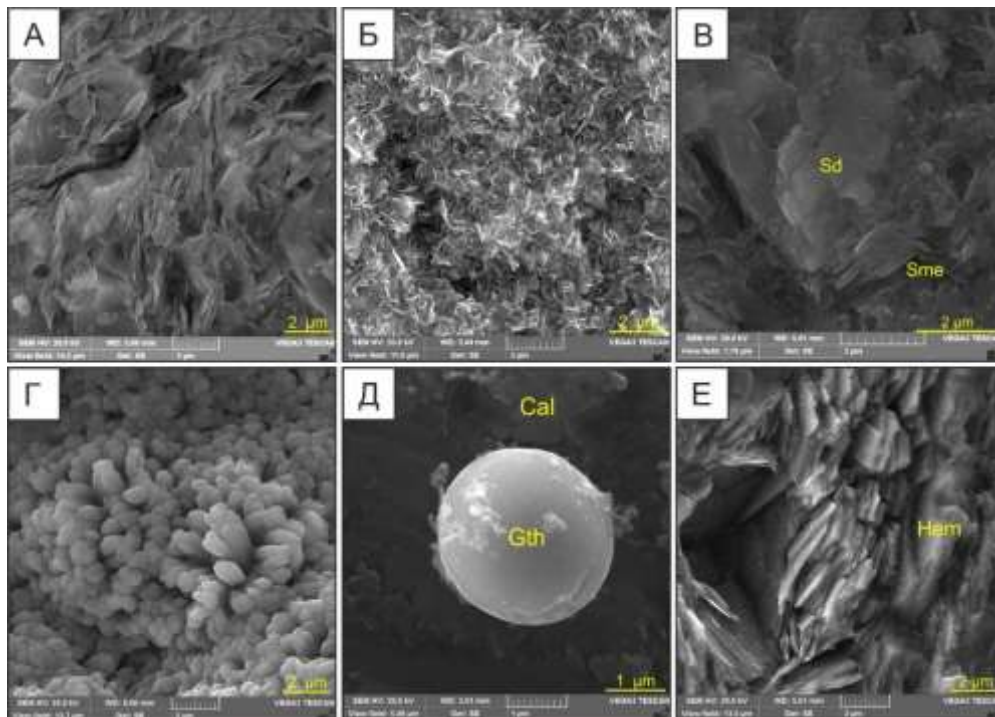


Рис. 1. СЭМ-снимки железистых минералов ооидовых железняков ааленского возраста (средняя юра, Лабино-Малкинская зона): (А) тонкочешуйчатые кристаллы смектита в цементе железняка; (Б) тонкопластинчатые кристаллы хлоритов в кортексе железистого ооида; (В) кристалл сидерита в цементе ооидового железняка; (Г) почковидные агрегаты гетита в кортексе железистого ооида; (Д) микросферула гетита в кортексе кальцитового ооида; (Е) агрегат таблитчатых зерен гематита в цементе ооидового железняка

Сидерит встречается в виде ромбоэдрических кристаллов (рис. 1, В) и зерен различного размера.

Усреднённый химический состав сидерита, следующий: Fe_2O_3 46.7–67.2 %, CaO 0.7–6.6 %, MnO_2 0.6–3.3, MgO 0.7–9.3. В изучаемых железяках он встречается в двух основных разновидностях: зерна в карбонатных ооидах и цемент пород. Сидерит цемента отличается более высокими содержаниями кальция и наличием примеси марганца, в то время как сидерит ооидов содержит в своем составе примесь титана.

(Гидро-)окисидные минералы менее распространены и представлены гетитом и гематитом. Гетит входит в состав ооидов/пизоидов или цемента. Гетит обладает высокой степенью кристалличности и встречается в виде призматических кристаллов, микросферул (рис. 1., Д) или почковидных агрегатов (рис. 1., Г). На дифракционных диаграммах гетит показывает рефлексы при 4.7–4.9, 2.7, 2.4, 1.8 Å. В цементе гетит встречается чаще всего в виде прожилок. Средний состав гетита: Al_2O_3 0.5–7.9 %, SiO_2 1.8–13 % и $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ 65.2–89.5 %. В гетите часто присутствуют примеси P_2O_5 и TiO_2 . При этом примесь фосфора (P_2O_5) в цементе составляет 0.5–1.6 %, что выше, чем в ооидах и пизоидах. Помимо этого, гетит часто частично или полностью замещает пирит и содержит в своем составе серу и мышьяк. Гематит развит ограниченно и встречается в цементе железяков в виде агрегатов пластинчатых и таблитчатых кристаллов (рис. 2., Е).

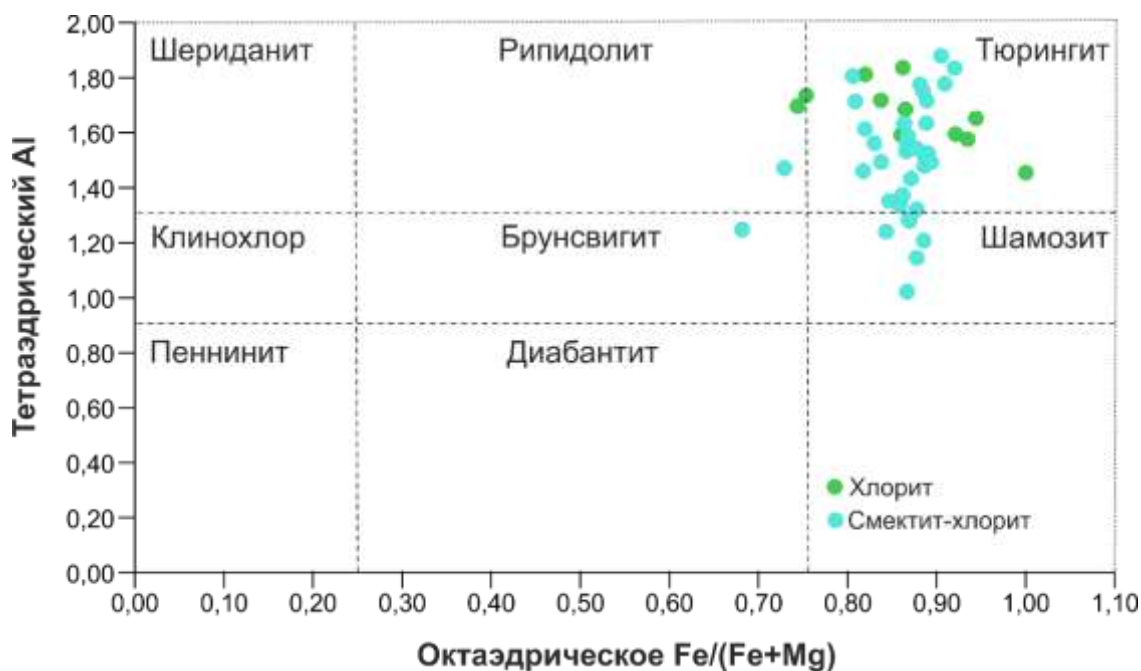


Рис. 2. Химическая диаграмма, для определения минералов группы хлоритов, на основе химического состава минерала с учетом октаэдрических и тетраэдрических катионов [1, 2]

Наличие в изучаемой осадочной последовательности одновременно оксидных, глинистых и карбонатных минералов железа указывает на переменчивые условия формирования пород. Предполагается, что кислородные условия придонного слоя древнего бассейна способствовали формированию гетита и гематита. Слабый дефицит кислорода обеспечивал благоприятные условия для кристаллизации филлосиликатов. Формирование глинистых минералов происходило в условиях щелочной морской среды, где растворение органического вещества и обломков силикатов, сопровождалось одновременным новообразованием филлосиликатов, устойчивых к этим условиям. Наличие сидеритового цемента в железяках указывает на условия аноksии, то есть сильного дефицита кислорода в придонном слое бассейна. Это подтверждается наличием фрамбоидов пирита в изучаемых слоях. Вероятней всего переменчивые условия осадконакопления были связаны либо с эвстатическими колебаниями уровня моря, либо с периодичным поступлением метеорных вод или глубинных конвективных растворов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010).

Литература

1. Bailey S. W. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals //American Mineralogist. – 1980. – Т. 65. – №. 1-2. – С. 1-7.
2. Curtis C. D. et al. Compositional variation within some sedimentary chlorites and some comments on their origin //Mineralogical Magazine. – 1985. – Т. 49. – №. 352. – С. 375-386.
3. Van Houten F. B., Bhattacharyya D. P. Phanerozoic oolitic ironstones--Geologic record and facies model //Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 1982. – Т. 10. – №. 1. – С. 441-457.
4. Young T. P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review //Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Т. 46. – №. 1. – С. ix-xxv.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ООИДОВ В ААЛЕНСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ
ЛАБИНО-МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)**

Калинина Н.А.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ооиды – это минеральные сферические образования размером не более 2 мм в диаметре, обладающие концентрически-зональным строением [10]. Пизоиды – зёрна схожие структурно с ооидами, но отличающиеся размерами выше 2 мм [10]. Ооиды являются характерными аутигенными элементами различных железистых и карбонатных пород. Вопросы их формирования до сих пор остаются спорными. Существует множество моделей, описывающих механизмы формирования ооидов различного состава [2, 3, 5, 6, 8]. Большая часть моделей опирается на абиогенные процессы минералообразования [3, 5, 6, 7], и лишь незначительная часть учитывает возможное участие микробиальных процессов [8].

Целью данной работы является детальное исследование минералогии и химизма ооидов ааленского разреза Лабино-Малкинской зоны (Кавказ) для реконструкции процессов их образования и эволюции. Изучаемое обнажение расположено на левом берегу р. Хусса-Кардоникская. Разрез сложен осадочными породами раннего аалена, джигитатской свиты. Осадочные породы представлены железняками, известняками, фосфоритами и песчаниками, которые содержат совсем составе разнообразных ооидов. По минеральному составу в породах ааленского разреза выделены три основных типа ооидов: железистые, карбонатные и смешанного состава.

Железистые ооиды представлены гетит-хлоритовыми (тип 1) или хлоритовыми (тип 2) разновидностями. Гетит встречается либо в виде отдельных зёрен в ядре, либо совместно с хлоритом составляет мелкокристаллическую центральную часть ооида. Хлоритовые ооиды являются наиболее распространёнными и представлены смешанослойной фазой глинистых минералов (смектит-хлорит) с преобладанием хлорита.

Концентрические карбонатные ооиды (тип 3) сложены преимущественно кальцитом и встречаются только в известняках. Реже в составе ооидов участвует сидерит или железистый кальцит. Кальцитовые ооиды часто замещаются оксидами марганца (коронадитом и голландитом).

Среди ооидов смешанного состава выделяется несколько групп: глинисто-карбонатные, железисто-фосфатные и железисто-баритовые. Наиболее распространёнными являются глинисто-карбонатные ооиды, сложенные хлоритом и кальцитом. При этом хлорит может выполнять как ядро (тип 4), так и концентры ооидов (тип 5). Реже встречаются ооиды с последовательным чередованием концентров кальцитового и хлоритового состава (тип 6). Среди ооидов глинисто-карбонатного состава встречаются единичные экземпляры с хлорит-смектитовым ядром и радиальным кальцитовым кортексом (тип 7).

Железисто-фосфатные ооиды (тип 8) сложены хлоритами и апатитом. Апатит может встречаться в виде вкраплений зерен или отдельных концентров. Формированию подобных ооидов способствует заполнение апатитом порового пространства хлоритовых ооидов [9]. Наличие порового пространства связано с чешуйчатой структурой кристаллов хлоритов.

Железисто-баритовые ооиды (тип 9) представляют собой ооиды с баритовыми концентриками. Барит не образует концентры, а замещает уже сформированные. Возможно, баритовые концентры образуются аналогично концентрам апатита. Барий-несущие растворы проходят через поровое пространство хлорита, замещая его. На это указывает наличие эллипсоидальных форм барита с реликтами хлорита и гетита.

Предлагается три основных сценария роста ооидов, которые неоднократно сменяли друг друга. Ооиды и пизоиды осаждались на границе вода-осадок и в зависимости от положения хемоклина и поступления вещества формировались различные минералы. Первый сценарий (рис. А) предполагает формирование ооидов выше хемоклина, т.е. в кислородных условиях. Данная обстановка является благоприятной для формирования и осаждения оксидов железа. При погружении на глубину в область восстановительных условий гетитовый ооид/прото-ооид начинает обрастать или замещаться хлоритами. Поступающие металлоносные растворы, проникая в пористое пространство хлоритового кортекса, способствуют отложению барита на границе кислородной и субкислородной сред [4].

Второй сценарий (рис., Б) предполагает господство субкислородной среды в придонном слое. Эта обстановка характеризуется двумя основными стадиями минералообразования. Первая стадия – карбонатообразование за счёт разложения органического вещества. На данной стадии происходит минерализация органического детрита кальцитом и формирование кальцитовых ооидов и пизоидов. При этом формированию концентрического кортекса способствует высокоэнергетические условия прибрежно-морских зон, а радиальных – умеренные или низкоэнергетические зоны с высокой или переменной солёностью [1]. Поступление Mn-содержащих растворов способствует переработке карбонатных ооидов с последующим замещением кальцита оксидами марганца. При дефиците CO₂ начинается вторая стадия – новообразование хлоритов [10]. Хлориты образуют ооиды и кортекс вокруг терригенных обломков или кальцитовых прото-ооидов, включая преобразование абсорбированных смектитовых чешуек. На последнее указывает наличие смектита в смешанослойных фазах смектит-хлорит в кортексе ооидов. При поступлении фосфат-ионов начинается фосфатообразование в хлоритовых ооидах, которые способствуют их стабилизации [9]. На поздних этапах диагенеза в условиях субкислородной среды происходит заполнение остаточной пористости хлоритовых ооидов с формированием ооидов бго типа [9].

Третий сценарий (рис., В) предполагает бескислородную среду за счёт положения хемоклина выше границы вода осадок, что обеспечивало гипоксию придонного слоя. На данном этапе начинается формирование кальцит-сидеритовых ооидов и сидеритового цемента железняков, а также фрамбоидов пирита.

Таким образом формирование ооидов происходило в различных постоянно сменяющихся обстановках. Основными источниками металлов, участвующих в составе ооидов, вероятно служили как коллоиды и растворенные

вещества седиментационного привноса, так и конвертирующие растворы метеорной или глубинной природы. Последнее подтверждается наличием относительно повышенного количества аутигенного барита, в том числе входящего в состав ооидов, а также вторичные изменение карбонатных минералов, сопровождающиеся формированием оксидов марганца. Источниками карбонат- и фосфат-ионов выступал разлагающийся органический материал. А формированию различных разновидностей, хлорит-содержащих ооидов способствовало наличие порового пространства, вероятно включая благоприятную слоистую микросистему глинистых агрегированных частиц [9].

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

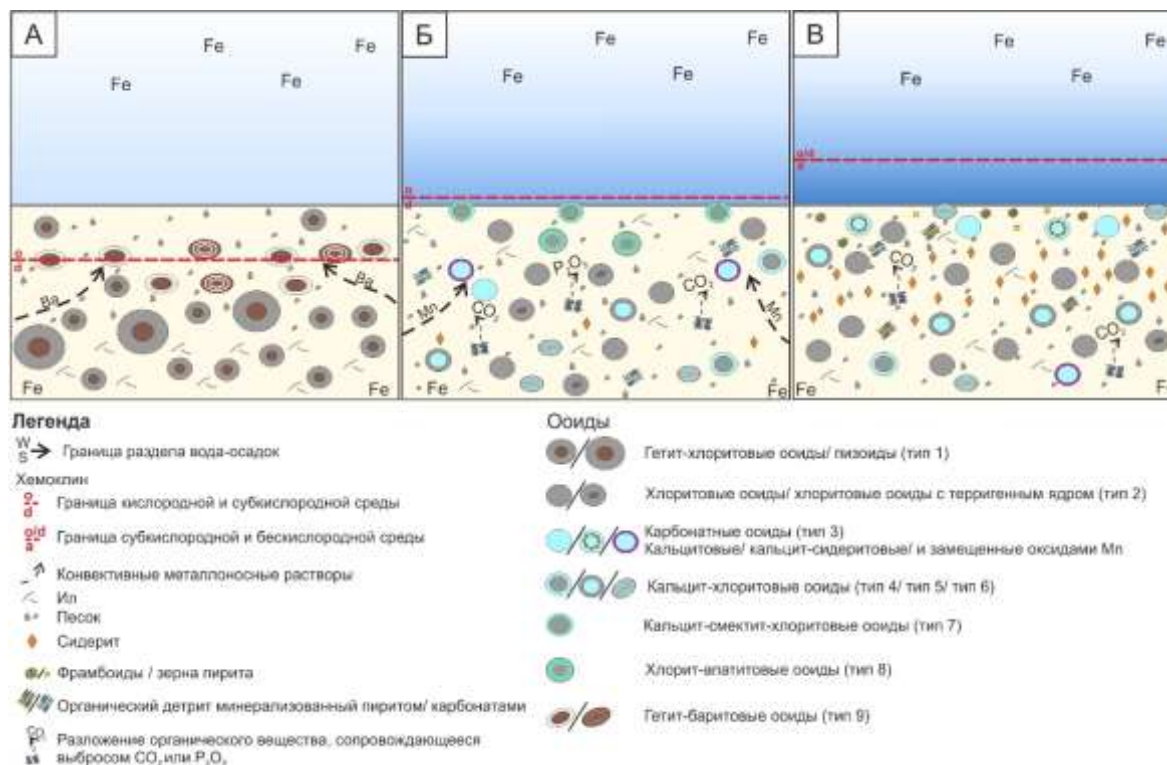


Рис. Модель формирования ооидов

Литература

1. Ali F. et al. Ooid fabric in the Jurassic of the Indus Basin, Pakistan: control on the original mineralogy //Current Science. – 2020. – Т. 119. – №. 5. – С. 831.
2. Diaz M. R., Eberli G. P. Decoding the mechanism of formation in marine ooids: A review //Earth-Science Reviews. – 2019. – Т. 190. – С. 536-556.
3. James Jr H. E., Van Houten F. B. Miocene goethitic and chamositic oolites, northeastern Colombia //Sedimentology. – 1979. – Т. 26. – №. 1. – С. 125-133.
4. Jewell P.W. Geochemistry and paleogeographic setting of Central Nevada bedded barites / P.W. Jewell, R.F. Stallard // The Journal of Geology. – 1991. – V. 99. – P. 151-170.
5. Kimberley M.M. Origin of Oolitic Iron Formations / M.M. Kimberley // SEPM Journal of Sedimentary Research. – 1979. – V. 49. – P. 111-131.
6. Knox R. W. O. B. Chamosite oolites from the Winter Gill Ironstone (Jurassic) of Yorkshire, England //Journal of Sedimentary Research. – 1970. – Т. 40. – №. 4. – С. 1216-1225.
7. Rudmin M. et al. Origin of ooids, peloids and micro-oncoids of marine ironstone deposits in Western Siberia (Russia) //Journal of Asian Earth Sciences. – 2022. – Т. 237. – С. 105361.
8. Salama W. Mineralogical and geochemical investigations of the Middle Eocene ironstones, El Bahariya Depression, Western Desert, Egypt / W. Salama, M.M. El Aref, R. Gaupp // Gondwana Research. – 2012. – V. 22. – P. 717-736.
9. Sturesson U. Chemical composition of Lower Ordovician ooids from northern Öland, Sweden, and their sedimentary host matrix/ U. Sturesson // Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar. – 1988. – V. 1(110). – P. 29-38.
10. Young T. P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review. Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Т. 46. – № 1. – pp. 9-25.

**ЗОЛОТО-ТЕЛЛУР-ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РУД
СЕКИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)**

Королькова Д.А.М.

Научный руководитель доцент Савинова О.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В работе представлены результаты изучения условий локализации, наложенной золото-теллуридной минерализации метасоматитов Круглячненского рудопоявления Секисовского золото-серебряного месторождения и уточнена составленная ранее парагенетическая схема.

Для изучения вещественного состава и минерало-геохимических особенностей были отобраны образцы вмещающих пород. Изучение образцов велось в полированных шлифах (аншлифах) с применением традиционных методов петрографии и минералогии на оптическом микроскопе. Для определения элементного состава сульфидных минералов использовался рентгенофлуоресцентный анализ.

Золото-теллуру-висмутная минерализация выявлена и изучена при помощи сканирующего электронного микроскопа VEGA TESCAN 3 SBU на базе Томского Политехнического университета.

Золото-теллуру-висмутная минерализация ассоциирует с пиритом II генерации. Пирит II генерации встречается в виде идиоморфных вкраплений различного кристаллографического габитуса: гексаэдрического, октаэдрического, пентагондодекаэдрического. Часто наблюдается частичное либо полное замещение зёрен пирита гётитом (лимонитом), образующим каёмочные, коррозионные микротекстуры замещения. Агрегаты катаклазированы, по трещинам развивается наложенная золото-теллуру-висмутная минерализация. Оптическая микроскопия позволила обнаружить включение висмут-содержащего минерала (по данным РФА) в трещинах дробления в пирите II, состав включения был позднее определён как алтаит-цумоитовый агрегат. По оптическим данным (различию оттенка) чётко видна граница между фазами. Видимое золото обнаружено в виде маломощного секущего прожилка в сфалерите.

Для заверки химического состава висмут-содержащего минерала был использован элементный анализ на СЭМ. По данным анализа подтверждено наличие двух минеральных фаз, представленных алтаитом (PbTe) – спектр 1, и цумоитом (BiTe) – спектры 2, 4, 5.

Дополнительно была построена многослойная карта ЭДС, отражающая распределение пяти химических элементов в агрегате и карты распределения для каждого элемента в отдельности. Неоднородность распределения элементов полностью повторяет контуры, наблюдаемые при оптическом изучении агрегата. Карты распределений серы и свинца отражают существенное преобладание упомянутых элементов в алтаитовой фазе по сравнению с цумоитовой. Железо распределено равномерно по обеим фазам в незначительной концентрации. Теллур и висмут также не тяготеют к одной из фаз, а в равной степени участвуют в строении обеих.

Помимо описанного выше алтаит-цумоитового агрегата, алтаит (PbTe), петцит (Ag_3AuTe_2) и цумоит (BiTe) обнаружены в виде редких тонких прожилков и включений, заполняющих пустоты и трещины дробления в пирите. Они образуют как моно-, так и биминеральные агрегаты. Размеры включений составляют от первых микрон до первых десятков микрон. Границы фаз алтаит-петцит и петцит-цумоит визуально наблюдаются на снимках. Облик включений обусловлен формой заполняемых пустот.

Размер зафиксированных включений самородного золота составляет первые микроны.

Произведён анализ химического состава обнаруженных включений самородного золота в соответствии с классификацией Н. В. Петровской: весьма высокопробное Au (1000–951 ‰), высокопробное (950–900 ‰), средней пробы (899–800 ‰), относительно низкопробное (799–700 ‰), низкопробное или электрум (699–400 ‰), кюстелит (399–100 ‰) [2].

Содержание золота для включений малого размера (<1 мкм) занижено вследствие недостаточного разрешения съёмки и захвата элементов из вмещающего минерала – пирита. В связи с этим пробаность золота была дополнительно оценена по относительному содержанию, с учётом только примеси серебра по формуле:

Пробность = $(\text{Au} * 1000) / (\text{Au} + \text{Ag})$ [3].

При таком подходе пробаность золота для всех спектров колеблется в узких пределах 93,8–92,6 ‰, что, согласно классификации Петровской, соответствует высокопробному золоту.

По результатам работы подтверждено наличие золото-теллуридной минерализации в метасоматитах рудопоявления Круглячка и условия её локализации. Полученные данные позволили уточнить составленную ранее парагенетическую схему. Установлено, что золото-теллуридная ступень представлена алтаитом, цумоитом, петцитом и самородным золотом, встречающимися в виде тонких, маломощных прожилков и включений в пустотах и трещинах дробления в пиритах второй генерации. Размеры включений, как правило, не превышают первых десятков микрон. Золото содержит примесь серебра, высокопробное. Алтаит, петцит и цумоит встречаются как в виде мономинеральных включений, так и в ассоциации друг с другом.

Литература

1. Буланова З.Е. Геология Секисовского рудного поля и проект поисковых работ на рудное золото в пределах участка «Круглячка» (Восточно-Казахстанская область): дипломный проект: 21.05.02 / З.Е. Буланова; Нац. исслед. Томский политехн. ун-та. – Томск, 2021. – 134 с.
2. Петровская Н.В. Золото самородное // Наука. – 1973.
3. Fuanya C. et al. Morphological and chemical assessment of alluvial gold grains from Ako'ozam and Njabilobe, southwestern Cameroon // Journal of African Earth Sciences. – 2019. – Т. 154. – С. 111-119.

**ОСЦИЛЛЯТОРНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ АЛЮМО-СУЛЬФО-ФОСФАТОВ В ЭПИТЕРМАЛЬНОМ
ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ СВЕТОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)**

Левочская Д.В.^{1,2}, Ерофеев А.Е.¹, Якич Т.Ю.¹

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

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

²Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск, Россия

Осцилляторная зональность часто наблюдается в минералах переменного состава. Такая зональность может проявляться по ряду причин: пульсационный характер поступления вещества, изменение внешних физико-химических условий, неравновесность среды минералообразования, в том числе по причине смешения гидротермальных флюидов разного состава и/или растворения-переотложения более устойчивого члена ряда в наиболее благоприятных кинетических условиях [1]. Изучение характера осцилляторной зональности представляет не только фундаментальный, но и практический интерес, так как позволяет проводить параллель с процессами, происходящими в составе рудообразующего флюида.

Объектом настоящего исследования являются минералы переменного состава групп крадаллита, плумбогуммита, горсейита, представляющие собой надгруппы алунита, формирующиеся за счет гидротермального изменения апатита в различных месторождениях в том числе эпитеpmальных. Авторами установлены многокомпонентные по составу алюмо-сульфо-фосфаты церия, бария и свинца с признаками осцилляторной зональности в краевых частях зерен в пределах эпитеpmального золоторудного месторождения Светлое, приуроченного к Ульинскому прогибу Охотско-Чукотского вулканогенно-плутонического пояса, сложенного меловыми вулканогенно-осадочными отложениями [2]. Ранее авторами осцилляторная зональность установлена в пределах изучаемого объекта для блеклых руд [3].

Зерна алюмо-сульфо-фосфатов (APS) характеризуются выщелоченной промежуточной частью, она практически полностью замещена серицитом (рис.). Центральная часть зерна, с которой вероятно начинался процесс кристаллизации, обогащена редкоземельными элементами, в частности церием (Ce), а ближе к краевым частям проявляется ритм осцилляторной зональности и увеличение примеси свинца и бария параллельно с серой (рис).

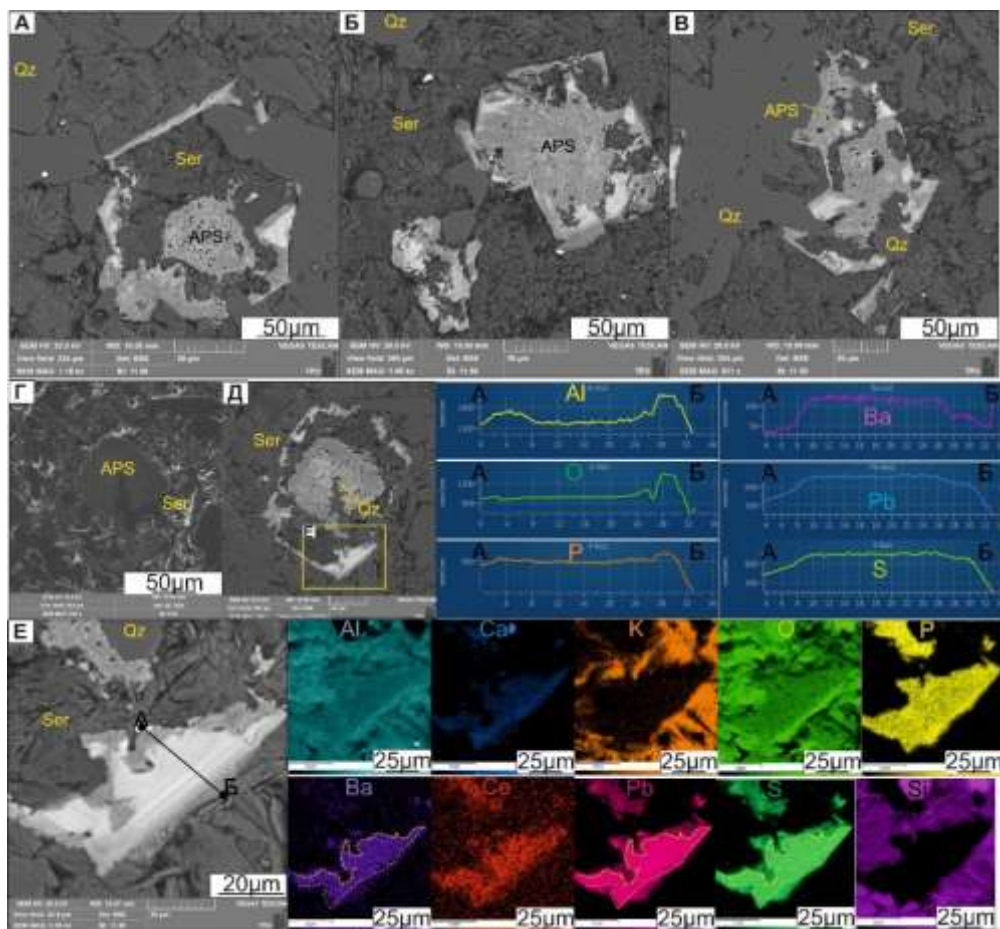


Рис. Снимки сканирующего электронного микроскопа, профили и карты распределения элементов по энергодисперсионному анализу для зерен алюмо-фосфо-сульфатов (APS) в обратно-отражённых (А-В, Д-Е) и вторичных (Г) электронах. Профиля АБ показывает распределение микроэлементов в краевой части зерна

При детальном анализе распределения элементов в пределах изучаемых зерен алюмо-сульфо-фосфатов установлено, что сера совместно со свинцом и барием обогащает краевую зону, формируя ритм осцилляторной зональности. Церием обогащена центральная часть зерен. Между центральной и краевой зонами наблюдается перерыв или резкая смена условий кристаллизации, возможно, обусловленная процессом вскипания или смещения флюида, сопровождаясь осаждением руды, а затем снова выравниванием состава основными петрогенными компонентами гидротермального раствора.

Повторяющаяся закономерность строения в разных зернах этой серии минералов связана с изменением внешних условий. То есть с поведением общего рудообразующего гидротермального процесса, а не с внутренней самоорганизацией алюмо-сульфо-фосфатов, которые должны были формировать зерна более индивидуального внутреннего строения без закономерного чередования зон. На примере изучения характера распределения захваченных элементов примесей, их изменения в процессе роста кристаллов, можно наблюдать изменения в составе рудообразующего флюида.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Наука № FSSWW-2023-0010, тема «Комплексные исследования на базе природных геологических лабораторий».

Литература

1. Shore M., Fowler A. D. Oscillatory zoning in minerals; a common phenomenon //The Canadian Mineralogist. – 1996. – Т. 34. – №. 6. – С. 1111-1126.
2. Мишин Л. Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Ульинский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) //Тихоокеанская геология. – 2011.
3. Yakich T. Y. et al. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration //Ore Geology Reviews. – 2021. – Т. 136. – С. 104257.

ОЦЕНКА СХОДСТВА МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день происхождение ооидовых железняков осадочных месторождений активно обсуждаются в исследованиях фундаментальной проблемы современной геологии [1–6]. Согласно мнению одних ученых происхождение железняков опирается на мобилизацию металлов при выветривании базитовых пород, их переносе в виде коллоидов или истинных растворов надземными и подземными водами в морской бассейне [2, 3]. Другие ученые связывают формирование ооидовых железорудных крупных месторождений с термальной разгрузкой в морских обстановках [1, 4].

Одной из относительно современных структур, которая способствовала накоплению ооидовых железорудных месторождений является Тургайский прогиб. В конце верхнего мела на месте нынешнего Тургайского прогиба был пролив, соединявший Западно-Сибирское и Туранское моря [2]. Дальнейшие геологические процессы, связанные с накоплением железа в Тургайском бассейне, способствовали образованию морского и континентального типа месторождений железа, таких как Аятское, Лисаковское, Кировское и Талдынское [3]. На территории также развиты бокситовые и цинковые месторождения, Красноярское и Шаймерденское, соответственно. Тургайский прогиб богат своими полезными ископаемыми, связанными не только с осадочным чехлом, но и складчатым фундаментом палеозоя. Ими являются ныне разрабатываемые Качарское и Соколово-Сарбайское месторождения. Помимо них широко распространены и другие железорудные месторождения скарнового типа, такие как Ломоносовское, Южно-Ломоносовское, Кунайжаркульское, Талкульское и др. Руды данных месторождений помимо железа, также содержат примеси цветных, благородных и редких металлов. Среди них особо выделяются барий, цинк, ванадий, медь, свинец и никель [3]. Большинство минералов этих металлов преимущественно встречаются в зонах дробления пострудных разломов коренных пород либо в парагенезисе с кварц-карбонатными жилами [3].

В данной работе рассматриваются геохимические и минералогические характеристики и оценивается связь между осадочными и скарновыми месторождениями северного Тургая. В качестве изучаемых материалов послужили образцы, отобранные из искусственного и естественного обнажения Аятского месторождения, также были изучены результаты предшественников, связанные с Лисаковским и палеозойскими железоскарновыми месторождениями. Для определения химического и морфологии отдельных минералов выполнялся с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) TESCAN Vega 3 SBU с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС) OXFORD X-Max 50. Для определения валового химического состава использовались следующие методы: для основных оксидов – рентгенофлуоресцентный анализатор (РФА) HORIBA XGT7200, для широких спектров микроэлементов – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на масс-спектрометре ELAN DRC-e.

Рудный горизонт Аятского месторождения имеет субширотную ориентировку с протяженностью 135 км. Аятский разрез представлен в основном подрудными глинами, железняками в качестве рудного горизонта и надрудными песчаниками. Основными аутигенными минералами являются гётит, сидерит и бертьерин, в качестве микровключений часто встречаются фрамбоиды пирита и фосфат редкоземельных элементов (РЗЭ), реже, барит и вюрцит [1, 5]. Однако, микровключения сульфидов железа и цинка характерны только для северо-западной части месторождения, в окрестностях пос. Варваринское. Центральная часть Аятского месторождения характеризуется отсутствием фрамбоидов пирита, основного минерала-индикатора субкислородных и анокисческих условий.

СЕКЦИЯ 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

Цементирующий сидерит не обладает столь высокой степенью кристалличности, как железняки северо-западной части месторождения. В рудах также наблюдаются микропрослой гипса и микропрожилки марганцевого сидерита (мангасидерит) с содержанием марганца до 20 %. В целом рудный горизонт Аятского месторождения пространственно неоднороден. Основываясь на минеральном составе руд Аятского месторождения физико-химические условия минералообразования северо-западной и центральной части отличаются.

Данные спайдер-диаграмм (рис. 1) для проб, отобранных в разных частях Аятского месторождения, отличаются. У Аятского и Лисаковского месторождения наблюдается общая тенденция распределения микроэлементов (рис. 1 А) и редкоземельных элементов (рис. 1 Б) на северо-западной части Аятского месторождения содержание редкоземельных элементов (РЗЭ) больше, чем в центральной части (рис. 1 Б). Основным отличием железняков центральной части месторождения является дефицит бария по сравнению с железняками северо-западной части Аятского и Лисаковского месторождения (рис. 1 А). В группе редкоземельных элементов у железняков центральной части Аятского и Лисаковского месторождения наблюдается дефицит легких РЗЭ. Среднее суммарное содержание РЗЭ у железняков северо-западной части составляет 83,1 г/т, тогда как у центральной части 207,94 г/т, что на порядок выше. В континентальных железняках Лисаковского месторождения среднее суммарное содержание РЗЭ составляет 82,2 г/т [5], что близко к значению железняков северо-западной части Аятского месторождения. Генетические диаграммы, построенные по валовым химическим составам микроэлементов, указывают на гидrogenную природу формирования железняков (рис. 2 А, Б), что указывает на осаждение минералов из морской воды. Однако генетические тройные диаграммы указывают на гидротермальное происхождение (рис. 2 В, Г).

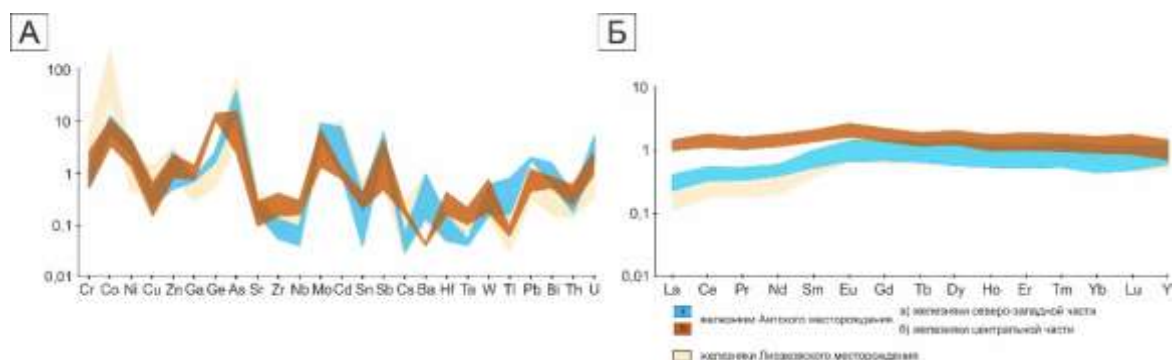


Рис. 1. Спайдер-диаграммы содержаний (А) микроэлементов и (Б) редкоземельных элементов, нормированных по PAAS (средний постархейский австралийский глинистый сланец)

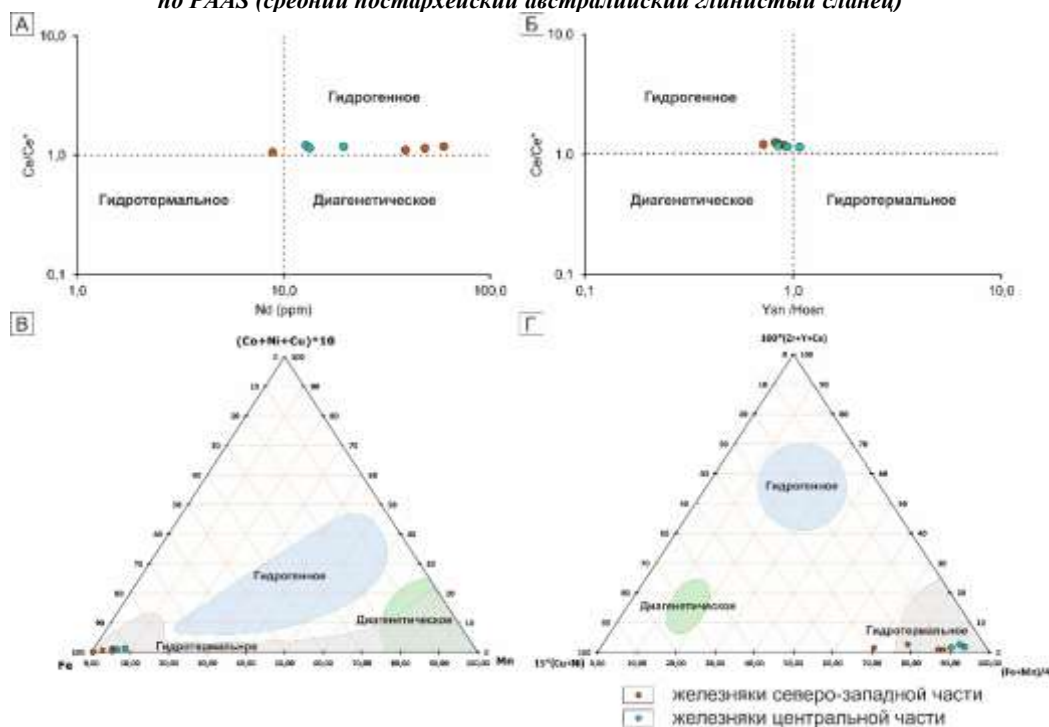


Рис. 2. Генетические диаграммы: А) зависимость между Ce/Ce^* и Nd (ppm); Б) зависимость между Ce/Ce^* и $Ysn/Hosn$

Если рассмотреть расположение изучаемых объектов, то можно наблюдать зональный дефицит легких РЗЭ по мере их дальности (учитывая их генетическое происхождение). Железняки центральной части (окрестности

пос. Журавлевки) располагаются вблизи Соколово-Сарбайского скарнового железорудного месторождения, далее идут железняки северо-западной части, отобранные в искусственных обнажениях в окрестностях пос. Варваринское, и последним стоит Лисаковское месторождение руслового и дельтового генезиса. Под осадочным чехлом Тургайского прогиба в складчатом фундаменте широко распространены железорудные месторождения скарнового типа. Аятское и Лисаковское месторождение пространственно расположено над Ломоносовским и Соколово-Сарбайским месторождением, где в пострудных разломах развиты минералы бария, цинка меди никеля и редких земель. Что может указывать на генетическую связь осадочных и скарновых железорудных месторождений Тургайского прогиба.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010)

Литература

1. Максимов П. Н., Рудмин М. А. Минералого-геохимические особенности верхнемеловых морских железняков аятской свиты (Тургайский прогиб) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 5. – С. 70-80.
2. Формозова Л. Н. Железные руды Северного Приаралья // Труды ГИН АН СССР. Геологическая серия. 1959. Т. 20. С. 444.
3. Тетерев, Г.М. Геология СССР. Тургайский прогиб. Часть 2. Полезные ископаемые. Недра, Москва. 1975. Том 34
4. Яницкий А.Л. Оligоценовые оолитовые железные руды Северного Тургая и их генезис. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1960. – С. 220.
5. Maximov P., Rudmin M. Origin of Upper Cretaceous marine ironstones of Ayat Formation (Turgay depression, Northern Kazakhstan) // Solid Earth Sciences. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – С. 1-11.
6. Rudmin M. et al. Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan) // Ore Geology Reviews. – 2021. – Т. 138. – С. 104391.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Тургайский прогиб до сегодняшнего дня остается объектом многочисленных исследований. В пределах территории Тургайского прогиба, в северной части разведаны крупнейшие месторождения оолитовых железных руд аятского (верхний мел) и лисаковского (средний олигоцен) типа. При этом источником металла для данных месторождений по сей день обсуждается на платформе фундаментальных геологических исследований [1–6]. В силу широкого распространения интрузивных комплексов базитового состава в сопряжении с Тургайским прогибом, многие предшественники заключали, что потенциальными источниками металла служили коры выветривания, преимущественно горные массивы Южного Урала [2, 4]. Территория Тургайского прогиба, его северная часть осложнена многочисленными разрывными нарушениями, сопрягающимися северо-восточного и северо-западного направления. Однако, тектоническая часть складчатого фундамента изучаемой территории нуждается в детализации. Поскольку источниками металла могли служить вверх диффундирующие потоки водных растворов, которые проникали по ранее образованным разрывным нарушениям.

Цель данной работы заключается в изучении тектонической основы, приуроченной к складчатому фундаменту и выявлении потенциальных источников металлов для осадочных месторождений железа, связанных с древними разрывными нарушениями при помощи дешифрирования космических снимков. В качестве исходных данных для дешифрирования был использован 9-и каналный космический снимок «Landsat 8» с разрешающей способностью до 15 м. (8-ой канал). В качестве платформы для обработки снимков была использована геоинформационная программа «ArcGis». Подготовка к обработке снимков проводилась с помощью программы «MathLab». Для интерпретации и корреляции полученных данных были скачаны геологические карты 1-го поколения масштаба 1:200000. Для драпировки цифровой модели рельефа северной части Тургайского прогиба по данным SRTM-снимков был использован дополнительный модуль «ArcScene» на базе ПО «ArcGis».

В результате выполненной работы был отдешифрирован космический снимок системы «Landsat 8», снятый в 2021 году. Дешифрирование проведено в северо-западной части Кустанайской области северной части Тургайского прогиба (Северный Казахстан). Рассматриваемая территория на востоке примыкает к Южному Уралу. На представленной схеме (рис.) выделены линеаменты северо-восточного и северо-западного направления по азимуту 750. Структурные линии предположительно указывают на простирающие рудоконтролирующих разрывных нарушений. Линеаменты опознавались по тональным различиям смежных площадей, которые в основном коррелируются с простиранием Тобольского водохранилища. Сопоставление выделенных линеаментов и карты месторождений северного Тургая показывает закономерность в распространении как скарновых, так и осадочных месторождений таких, как Соколово-Сарбайское, Аятское, Лисаковское и Кировское.

Расположение Аятского месторождения на поверхности сопрягающихся между собой линеаментов дает возможность пересмотреть механизм поступления металлов в морской бассейн. Насыщение морской воды рудными веществами могло происходить путем поступления термальных вод по древним (потенциальным) разрывным нарушениям. Данный механизм поступления металлов также подтверждают генетические диаграммы по валовым химическим составам железняков [1, 5, 6]. Под осадочным чехлом Тургайского прогиба распространены

железорудные месторождения скарнового типа. Самым крупным из них является Соколово-Сарбайское месторождение. Чуть западнее расположено Ломоносовское месторождение. Среди данных месторождений широко развиты пострудные разломы, в которых развиты минералы бария, цинка, меди и других элементов [3]. Для Аятского месторождения также характерны микровключения барита и вюрцита среди цементирующего материала и ооидовых форм. При этом, не исключена вероятность насыщения морского дна металлами за счет эрозии близ находящихся домеловых железорудных месторождений. На восточной части Южного Урала широко развиты так называемые магма-контролирующие системы разломов, которые контролировали внедрение интрузивных комплексов от ультраосновного до кислого состава. Базитовые породы Южного Урала являются потенциальными кандидатами, выступающими в качестве питающих провинций, обеспечивающих поступление терригенного материала в осадочный бассейн северного Тургай. На это указывает восточно-северо-восточное направления палеотечений, зафиксированные предшественниками [2, 4] и результаты минералогического состава пород аятской свиты [1, 5, 6]. Схожесть валового химического состава верхнемеловых аятских и олигоценых лисаковских железняков, позволяют рассматривать единые механизмы поступления металлов [1, 5, 6]. Однако выводы предшественников указывают на восточное направление привноса материала для Лисаковских железняков, что подтверждает интерпретацию сноса обломочного материала. Тем не менее, наличие крупногалечных обломков железняков означает, что нижележащие верхнемеловые аятские железняки и/или ранее сформированные железняки подобные аятским могли служить источником материала/металла для речных вышеележащих олигоценых лисаковских железняков [1, 6].

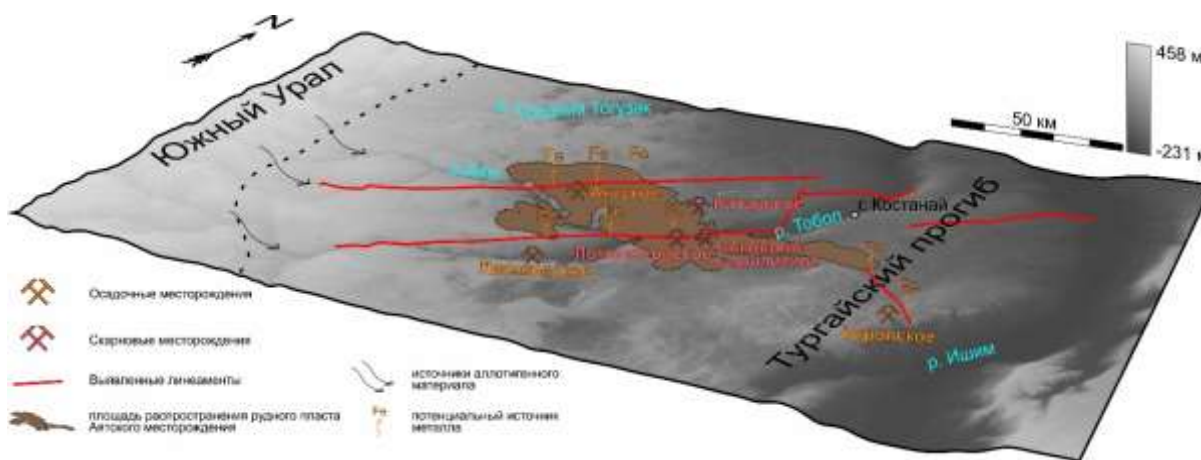


Рис. Схематическая 3D-карта потенциальных источников вещества, на основе цифровой модели по данным SRTM-снимков

Учитывая геоморфологию района, направление привноса материала в Лисаковском месторождении и состав терригенных минералов в Аятском месторождении, потенциальными питающими провинциями обломочного материала служили горные массивы Южного Урала. В формировании аятских железняков могли участвовать разные источники обломочного материала и рудного вещества. В прибрежно-морских условиях обломочный материал сносился различными агентами транспортировки за счет эрозии ближайших интрузивных комплексов, приуроченных к зоне разломов Джетыгаринского структурного шва (смежная зона между Южным Уралом и Тургайским прогибом). На момент накопления аятских железняков железо-насыщенные конвективные растворы при достаточно изменчивых физико-химических условиях способствовали осаждению оксидов, карбонатов и сульфидов железа.

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

Литература

1. Максимов П. Н., Рудмин М. А. Минералого-геохимические особенности верхнемеловых морских железняков аятской свиты (Тургайский прогиб) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 5. – С. 70-80.
2. Формозова Л. Н. Железные руды Северного Приаралья // М.: АН СССР. – 1959.
3. Тетерев, Г.М. Геология СССР. Тургайский прогиб. Часть 2. Полезные ископаемые. Недра, Москва. 1975. Том 34.
4. Яницкий А.Л. Олигоценые оолитовые железные руды Северного Тургай и их генезис. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1960. – С. 220.
5. Maximov P., Rudmin M. Origin of Upper Cretaceous marine ironstones of Ayat Formation (Turgay depression, Northern Kazakhstan) // Solid Earth Sciences. – 2023. – Т. 8. – №. 1. – С. 1-11.
6. Rudmin M. et al. Origin of Oligocene channel ironstones of Lisakovsk deposit (Turgay depression, northern Kazakhstan) // Ore Geology Reviews. – 2021. – Т. 138. – С. 104391.

ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

Молюкпаева Д.К.

Научный руководитель профессор Ворошилов В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Исследование газовой-жидких включений (ГЖВ) в гидротермальных минералах дает информацию о температуре и составе растворов, из которых кристаллизовались эти минералы. Особую ценность информация о термобарических характеристиках ГЖВ имеет при решении дискуссионных вопросов генезиса околорудных метасоматитов.

В качестве объекта исследования выбрана метасоматическая колонка березитов Центрального золоторудного месторождения в Кузнецком Алатау. Центральное рудное поле является классическим представителем кварцево-жильного золотого оруденения с околорудными березитами. Кварцево-золото-сульфидные жилы сосредоточены внутри Центрального гранитоидного массива мартайгинского комплекса [1]. Вмещающими для жил породами являются гранодиориты и кварцевые диориты, по которым сформировались колонки березитизации, состоящие из восьми метасоматических зон [2]. Визуально при документации выделяются 3 зоны: внутренняя (кварцево-серицитовая), промежуточная (серицит-анкеритовая) и внешняя (хлоритовая).

В работе проведено изучение ГЖВ в кварце в пределах единой колонки березитов по гранодиоритам с раздельным изучением внутренней, промежуточной и внешней метасоматических зон (рис. 1). Наряду с общей статистикой изменения термобарических характеристик ГЖВ в разрезе метасоматической колонки, выполнены измерения по зонам роста зерен кварца. Флюидные включения изучались с помощью прибора Linkam THMS600, совмещенного с оптическим микроскопом Carl Zeiss Axio Imager, по общепринятой методике [3, 4]. Изучения проводились по первичным включениям, которые определялись по характеру расположения и распространению их в минерале. Применялись методы термометрии (для определения температуры гомогенизации) и криометрии (для определения солёности и компонентного состава солевых систем).

Флюидные включения во всех зонах представлены в виде мелких (от 3 до 9 мкм) пузырьков. Включения в основном неправильной эллипсоидной формы. В первичных включениях были обнаружены двухфазные (Г+Ж) и однофазные (Ж) включения.

По данным температуры эвтектики состав водной фазы во внешней зоне определяет хлорид Na, а во внутренней и промежуточной – хлорид K. Средняя температура гомогенизации ГЖВ снижается от 153° С во внутренней зоне до 143° С во внешней зоне. Солёность в среднем изменяется незначительно, но характер соотношения этих двух параметров от внутренней зоны к внешней меняется кардинально.

Для внутренней зоны характерна ассоциация низкой температуры гомогенизации и высокой солёности в центральной части зерен кварца. Это означает, что окварцевание березитов является следствием вскипания растворов при тектоническом раскрытии трещины. Внешняя кайма зерна с высокой температурой и низкой солёностью формировалась после закрытия трещины и восстановления параметров рудоносного раствора.

В промежуточной зоне кварц кристаллизовался по той же схеме, что и во внутренней зоне, но в целом картина более спокойная, поскольку локальных вскипаний было меньше ввиду большей удалённости от открытой трещины.

Во внешней зоне отмечается прямая корреляция температуры и солёности. При этом совпадение низкой температуры и аномально низкой солёности приурочено к периферии зерен кварца. Это говорит о том, что главной

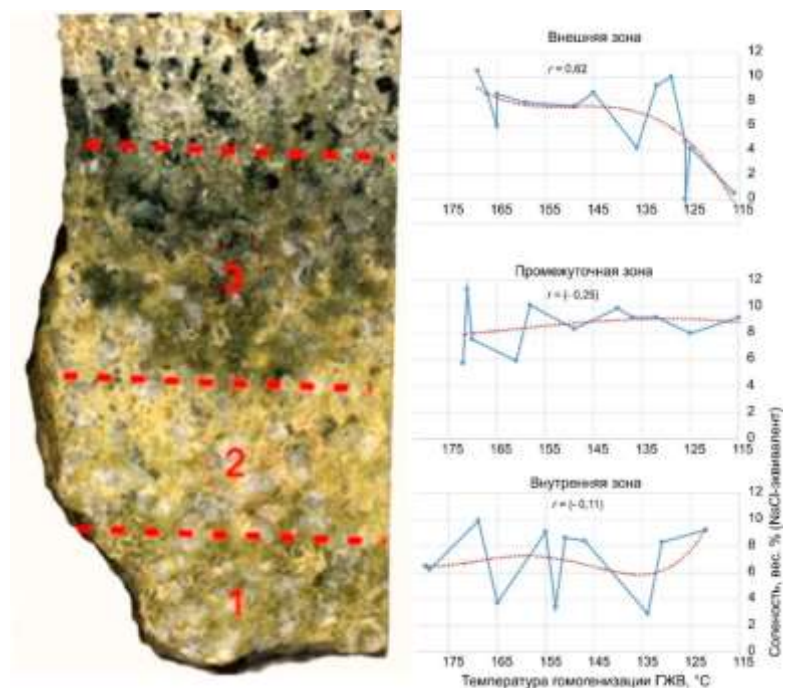


Рис. 1. Термометрические характеристики ГЖВ в кварце березитов: А – зоны метасоматической колонки березитов: 1 – внутренняя (кварцево-серицитовая); 2 – промежуточная (серицит-анкеритовая); 3 – внешняя (хлоритовая); Б – графики изменения солёности растворов на фоне снижения температуры гомогенизации ГЖВ (красным пунктиром показан сглаживающий полином 3-ей степени)

причиной снижения солёности в этой зоне является не вскипание растворов, а смешивание гидротермальных растворов с вадозовыми водами к концу кристаллизации кварца.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта FSWW-2023-0010.

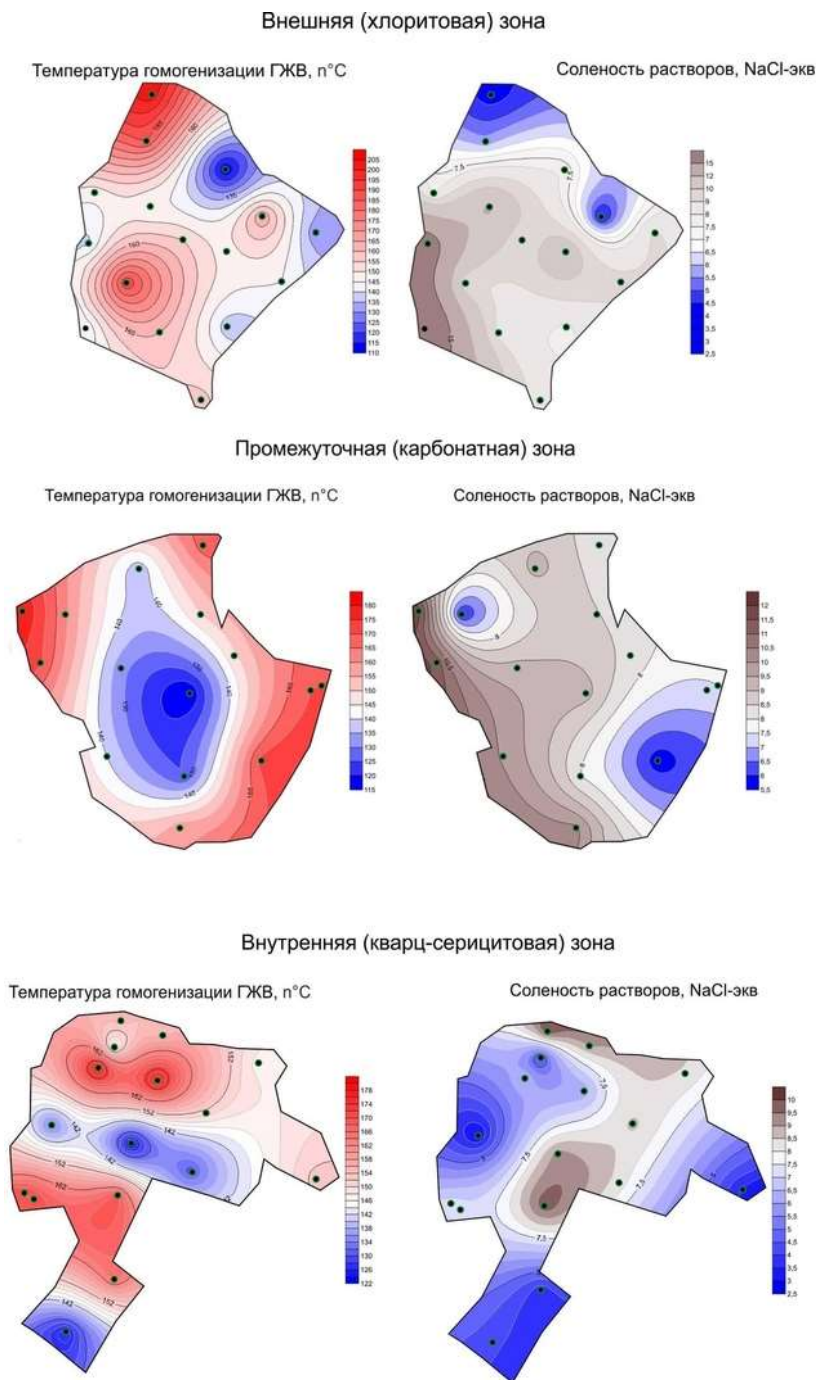


Рис. 2. Соотношение солёности и температур гомогенизации ГЖВ в плоскости сечений зерен кварца из различных зон метасоматической колонки березитов

Литература

1. Алабин Л.В. Центральнинский массив Мартайгинского гранитоидного комплекса (Кузнецкий Алатау) // Магматические формации Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1971. – С. 169-213.
2. Ворошилов В.Г. Условия формирования Центрального рудного поля в гранитоидах (Кузнецкий Алатау) // Руды и металлы, 1995. – № 3. – С. 68-80.
3. Борисенко А.С. Исследование солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. –1977. – № 8. – С. 16-27.
4. Плечов П. Ю. Методы изучения флюидных и расплавных включений. – М.: «КДУ», 2014. – 266 с.

ЗОЛОТАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ ВЕРНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ ТОЛЩ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Николаева А.Н.

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вернинское месторождение углеродистых толщ, расположенное в Бодайбинском рудном районе, было открыто в 1974 году. Месторождение сложено породами нижней и средней подсвит Аунакитской свиты позднего рифея, образующих опрокинутую на юг Вернинскую антиклиналь субширотного простирания. Нижняя подсвита Аунакитской свиты (R3au3) является основной рудовмещающей толщей мощностью от 160 до 240 м. Зона минерализации, ограниченная контуром прожилкового оруденения с низким содержанием золота, составляет 1 500 м по простиранию и 1 100 м вкрест простирания. Глубина минерализации варьируется от приповерхностного уровня до уровня, который может превышать 700 м.

Исходные осадочные породы на месторождении подверглись процессам регионального метаморфизма и околорудного метасоматоза, в результате чего образовались минеральные комплексы [1–4], представленные двумя тыловыми зонами, характеризующими структуру рудовмещающего метасоматического ореола. Минеральный состав тыловой зоны отвечает составу березита, смежной – березитоида (березита с альбитом) [3–4].

В ходе исследования выявлено, что оруденение на месторождении представлено двумя текстурными морфологическими типами: вкрапленный и прожилково-вкрапленный, при этом значительная часть золоторудной минерализации приурочена ко второму типу.

Прожилково-вкрапленные руды (рис. 1.) являются доминирующим типом на месторождении. Прожилки сложены кварцем SiO_2 и анкеритом $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$, а мощность их варьирует в пределах 0,5–3 см. Карбонат часто образует в кварцевых прожилках гнездовые скопления размером до 1 см. Сульфиды представлены арсенопиритом, пиритом, сфалеритом и реже халькопиритом с галенитом. Доминирующий сульфид в данном типе руд – арсенопирит, представлен крупнозернистыми агрегатами неправильной формы со средними размерами 5*10 мм (рис.1. а, б). Пирит обычно представлен изометричными и слабоизометричными зернами размерами от 0,1 мкм до 1 мм, практически всегда находящимися в ассоциации с арсенопиритом (рис. 1 а). Сфалерит и галенит диагностированы в достаточно малом количестве, представлены каплевидными и прожилковидными включениями в зернах пирита и арсенопирита, подверженных процессу катаклаза. Халькопирит выявлен спорадически в виде неправильных образований, заполняющих пустоты арсенопирита. В виде второстепенных минералов

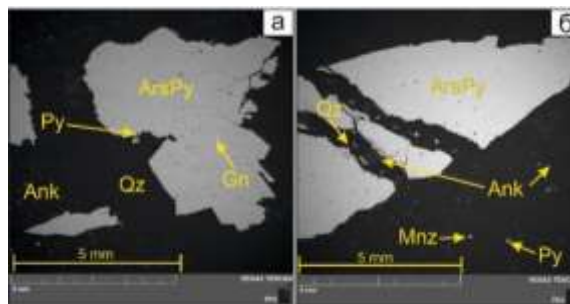


Рис. 1. Изображения прожилково-вкрапленных руд со сканирующего электронного микроскопа в обратно рассеянных электронах (увеличенные фрагменты).
Qz – кварц, Py – пирит, Ank – анкерит, ArsPy – арсенопирит, Gn – галенит, Mnz – монацит

В прожилково-вкрапленных рудах отмечаются включения рутила TiO_2 , циркона ZrSiO_4 , лейкоксена $\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_9$, а также минералов группы редкоземельных элементов: монацита (Nd, Ce, La) $(\text{P}, \text{Si}) \text{O}_4$ и рабдофана (Ce) $(\text{Ce}, \text{La}) \text{PO}_4(\text{H}_2\text{O})$.

Во вкрапленных рудах отмечается преобладание нерудного материала, обычно занимающего до 55...75 % объема руды, над рудным (рис. 2 а). Распределение минералов в руде неравномерное. В составе рудной минерализации преобладают пирит и арсенопирит, суммарно составляющие до 15...23 %, при этом обычно пирит доминирует (рис. 2 б). Сфалерит и галенит диагностируются в рудах в очень малом количестве и обычно заполняют пустоты в трещинах пирита и арсенопирита. Пирит характеризуется кристаллически-зернистой и тонкозернистой

генерациями, при этом вторая достаточно распространена во вкрапленных рудах. Арсенопирит является второстепенным сульфидом в данном типе руд и отмечается в виде метакристаллов короткопризматической формы размером до 1,5 мм. Сфалерит и галенит во вкрапленных рудах обычно спародически заполняют пустоты и трещины, как в рудных (пирит), так и в нерудных (кварц и анкерит) минералах. Второстепенные минералы во вкрапленных рудах представлены рутилом, лейкоксеном, цирконом и минералами группы редкоземельных элементов (монацит и рабдофан).

В ходе исследования было установлено, что золото в рудах находится в виде самородного, при этом около 75...80 % диагностируемого благородного металла приурочено к прожилково-вкрапленному типу, что золото связано с сульфидами, преимущественно в ассоциации с арсенопиритом, пиритом и сфалеритом. Выделения в арсенопирите, достаточно уплощенные и анизометричные за счет ограничения стенками самих трещин. Соотношение длины и мощности данных выделений колеблется от 1:3 до 1:25, при этом средняя мощность составляет 2 мкм. Контуры краев данных выделений обычно округлые либо извилистые, за счет неровностей стенок самих трещин. Также часто отмечается лишь частичное заполнение золотом трещин (рис. 3 а, б), оставляющее в них пустоты и образующее тупые, неровные и неправильные грани. Диагностированные удлиненные агрегаты золота проволочковидных форм, предположительно, имеют метасоматическое происхождение [5]. Отличительной их характеристикой является ребристо-ямчатый рельеф поверхности.

Плохообразованные амебообразные и каплевидные кристаллы диагностируются в рудах достаточно часто, при этом мелкие вкрапленности отмечаются в сульфидах. Размеры их обычно не превышают 1...55 мкм. В шлифах данные формы золота диагностируются в виде одиночных каплевидных и амебообразных (рис. 3 в, г) выделений, подчиненных трещинам или интерстициям в сульфидах. Для данных форм выделения золота характерна ассоциация со сфалеритом, арсенопиритом и пиритом.

По полученным данным, золото на месторождении является высокопробным $Au_{935...963}$. В процессе изучения химического состава благородного металла иногда отмечалась примесь серебра. По результатам сканирующей электронной микроскопии среднее значение примеси Ag в золоте колеблется в пределах 2,5-6,35 %.

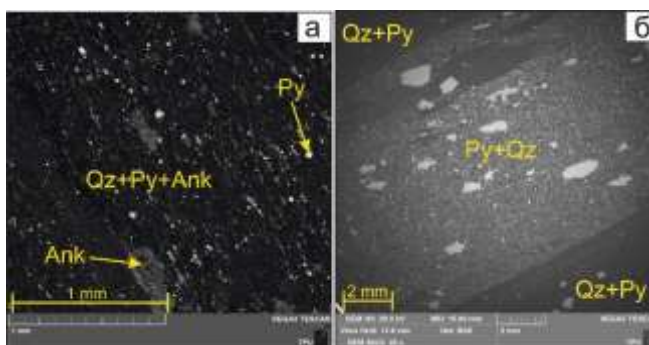


Рис. 2. Изображения вкрапленных руд со сканирующего электронного микроскопа в обратно рассеянных электронах. Qz – кварц, Py – пирит, Ank – анкерит

Выявлено,

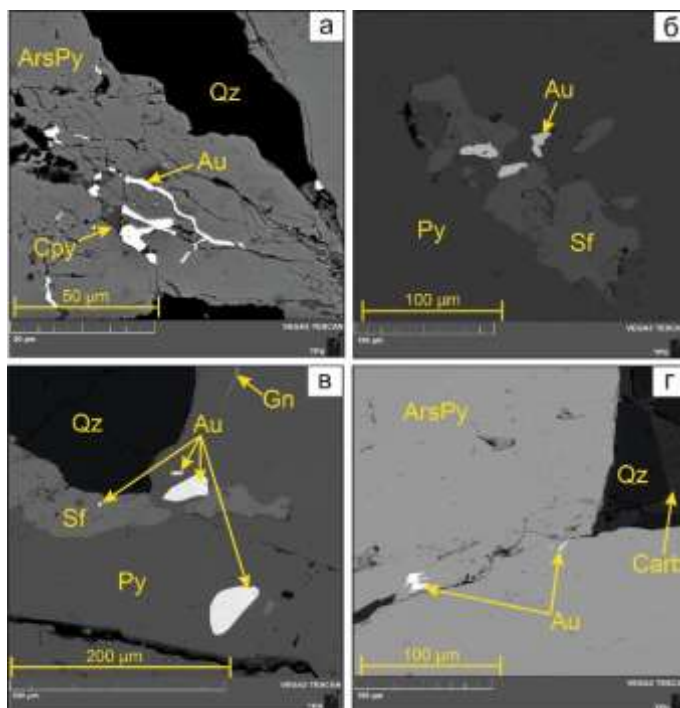


Рис. 3. Изображения со сканирующего электронного микроскопа, демонстрирующие разнообразные формы выделения золота. Au – золото, Py – пирит, Qz – кварц, ArсPy – арсенопирит, Sf – сфалерит, Gn – галенит, Ank – анкерит

Литература

1. Кучеренко И. В. и др. Петролого-геохимические черты околорудного метасоматизма в золоторудном месторождении Сухой Лог (Ленский район). Ч. 1. Обзор петролого-геохимических исследований рудовмещающего субстрата // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2011. – Т. 319. – №. 1.
2. Кучеренко И. В. и др. Петролого-геохимические черты околорудного метасоматизма в золоторудном месторождении Сухой Лог (Ленский район). Ч. 2. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2011. – Т. 320. – № 1. – С. 28-37.

3. Кучеренко И. В. Петрогеохимические особенности рудообразования в сланцевых толщах //Разведка и охрана недр. – 1986. – №. 12. – С. 24-28.
4. 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. Инжиниринг георесурсов. – 2005. – Т. 308. – №. 2. – С. 23-30.
5. Петровская Н. В. Самородное золото:(общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса). – Наука, 1973.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ АВТОХТОННОСТИ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ БАЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Новгородцева К.В., Калинина Н.А.

Научный руководитель доцент Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ооидовые железняки – это отличительные осадочные отложения, содержащие более 5 % ооидов и/или более 15 % валового железа [9, 10]. Они сложены терригенными и аутигенными компонентами, сцементированными карбонатными, глинистыми или оксидными минералами. Основные аутигенные компоненты представлены форменными элементами: ооидами, пелоидами, микроонкоидами, бортриоидами, пизоидами, интракластами и кортоидами. Формирование железистых ооидов до сих пор остается дискуссионным. Существуют различные теории, описывающие как абиогенные [2, 4, 5, 6], так и биогенные механизмы их образования [1, 7]. Определение условий накопления ооидов и степени их автохтонности (ненарушенности) является важной особенностью для генезиса ооидовых железняков месторождений. При осаждении в условиях морского дна форменные элементы могут перемещаться волновой деятельностью или придонными потоками в пределах шельфовой зоны. Важно учитывать различные морфологические черты форменных элементов для восстановления условий осадкообразования в детальном масштабе. Целью работы является изучение степени ненарушенности форменных элементов ооидовых железняков Бачарского месторождения с использованием разнопланового морфометрического анализа пород.

Бачарское месторождение – наиболее известный железорудный объект на территории Томской области, который можно отнести к категории уникальных по уровню ресурсов металла [3]. Месторождение относится к Западно-Сибирскому железорудному бассейну. Железосодержащие осадочные толщи верхнемелового и палеогенового возраста в пределах бассейна прослежены в виде полосы шириной около 150 км и протяженностью около 2000 км. Железняки Бачарского месторождения состоят из форменных элементов (ооидов, пелоидов, микроонкоидов и пр.), детритовых обломков, связанных цементом различного минерального состава [8].

Для определения степени ненарушенности ооидовых железняков предлагается использовать показатели автохтонности и параавтохтонности – «структурные прокси», рассчитанные на основе морфометрического анализа. В данной работе морфометрические показатели структуры осадочных пород были проанализированы в 118 образцах. Основные показатели измерялись на петрографических снимках и изображениях сканирующего электронного микроскопа (СЭМ), накопленных при разрешении раstra не ниже 2048 пикселей.

Ооиды преобладают относительно всех остальных форменных элементов Бачарского месторождения. Конфигурации ооидов отличаются в различных слоях месторождения и используются для интерпретации степени автохтонности, параавтохтонности и аллохтонности аутигенных компонентов. Размер ооидов изменяется в средних пределах от 200 до 325 мкм при среднем значении 265 мкм. Морфологически ооиды характеризуются слабой эллиптической формой с вариациями среднего показателя удлинения от 1.2 до 1.7 (среднее 1.5). Толщина кортекса изменяется в пределах 21-154 мкм при среднем значении 66 мкм.

В целом, ооидовая фракция имеет ряд особенностей и неоднородностей. Предполагается, что высокая доля однородных ооидов по их размеру, толщине кортекса и степени удлинения (рис. А–С), а также соориентированность с обломочной фракцией и следы инъекционного вставания ооидов друг в друга свидетельствуют об их автохтонной природе. В некоторых слоях отмечается соразмерность ооидов и терригенной фракции при отсутствии обломков ооидов (рис. В), что также указывает на ненарушенность слоя. Вряде слоев отмечается отличие размеров терригенной фракции и ооидов (рис. С) при выдержанности основных параметров ооидов (размер, степень удлинения и толщина кортекса). Предполагается, что формирование этих ооидов происходило на или выше границы вода-осадок. Помимо этого, во многих слоях фиксируются следы инъекционного вставания ооидов друг в друга в виде выпукло-вогнутых контактов с минеральным (гетитовым) мезостазиом (рис. D). Инъекционные взаимодействия между ооидами указывают на растворение внешней части кортекса за счёт уплотнения и пластических деформаций. С другой стороны, иногда в отдельных слоях отмечаются морфологически разнородные ооиды, что можно интерпретировать, как неоднородность хемогенной структуры. Наличие разнородных ооидов по размеру или конфигурации (рис. Е), интракласты или обломки ооидов указывают на их привнос или переотложение. В некоторых интервалах разреза доля интракластов достигает до 50 % от ооидовой фракции (рис. F), что часто коррелирует с повышенной долей разнородных ооидов или их обломков. Это может указывать на перемыв отложений (скрытую поверхность размыва) за счёт влияния интенсивной волновой деятельности или слабого поднятия бассейна. В целом, отмечается постепенное увеличение доли интракластов от более древних слоев к более молодым, что связано с постепенной эволюцией бассейна и усилением доли переотложения хемогенного материала.

На основе морфометрического анализа пород, включающего оценку основных параметров ооидов относительно фракции форменных элементов и детритовой фракции, были выявлены скрытые периоды размыва и автохтонных максимумов. В разрезе Бачарского месторождения определено семь автохтонных максимумов,

соответствующим следующим интервалам: средний сантон, поздний сантон, средний кампан, граница кампан-маастрихт, средний маастрихт, поздний маастрихт и граница палеоцен-эоцена. Автохтонные максимы обычно сменяются скрытым разрывом.

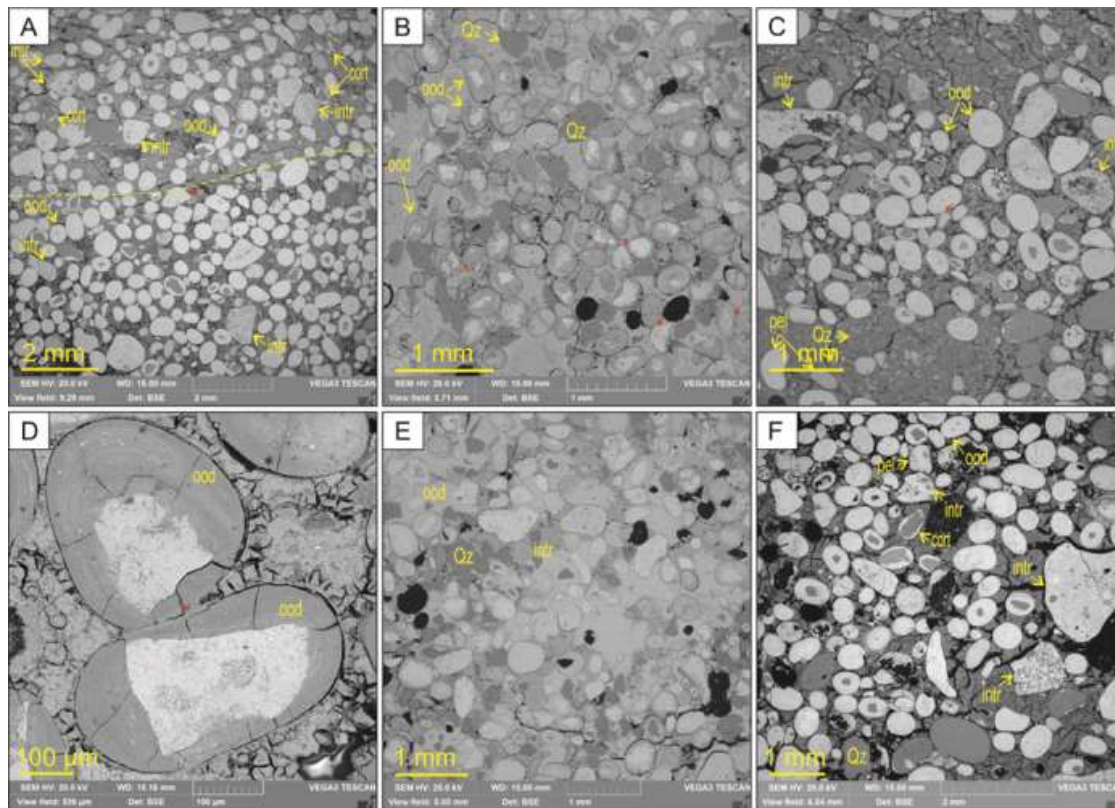


Рис. СЭМ изображения ооидовой автохтонной и параавтохтонной структуры: (А) ооиды и кортоиды с высокой долей однородности (палеоцен); (В) ооиды соразмерные с аллотигенной фракцией, имеющие относительно однородную толщину кортекса, (сантон); (С) ооиды с высокой долей однородности, имеющие отличительные размеры от терригенной фракции (маастрихт); (D) выпукло-вогнутый контакт ооидов с гетитовым мезостазисом (сантон); (Е) неоднородные ооиды с наличием их обломков и интракластов (палеоцен); (Е) ооидовый железняк с повышенной долей интракластов (маастрихт).

Красными стрелками показаны выпукло-вогнутые контакты ооидов (инъекционные вращающиеся), жёлтой пунктирной линией – граница слоистости. cort – кортоиды, intr – интракласты, ood – ооиды, pel – пеллоиды, Qz – кварц

Исследование выполняется при финансовой поддержке Российского научного фонда № 21-17-00019 «Биогеохимические циклы, источники металлов и эволюция вещества в мел-палеогеновых морских железорудных месторождениях».

Литература

1. Barale L., D'atri A., Martire L. The role of microbial activity in the generation of Lower Cretaceous mixed Fe-oxide–phosphate ooids from the Provençal Domain, French Maritime Alps //Journal of Sedimentary Research. – 2013. – Т. 83. – №. 2. – С. 196-206.
2. James Jr H. E., Van Houten F. B. Miocene goethitic and chamositic oolites, northeastern Colombia //Sedimentology. – 1979. – Т. 26. – №. 1. – С. 125-133.
3. Калинина Н. А., Рудмин М. А. Бактериальные структуры в ооидовых железных рудах Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) //Новое в познании процессов рудообразования. – 2020. – С. 53-56.
4. Kimberley, M.M. Origin of Oolitic Iron Formations. SEPM Journal of Sedimentary Research. – 1979. – V. 49. –P. 111-131.
5. Knox R. W. O. B. Chamosite ooliths from the Winter Gill Ironstone (Jurassic) of Yorkshire, England //Journal of Sedimentary Research. – 1970. – Т. 40. – №. 4. – С. 1216-1225.
6. Rudmin M. et al. Origin of ooids, peloids and micro-oncoids of marine ironstone deposits in Western Siberia (Russia) //Journal of Asian Earth Sciences. – 2022. – Т. 237. – С. 105361.
7. Salama W., El Aref M. M., Gaupp R. Mineral evolution and processes of ferruginous microbialite accretion—an example from the Middle Eocene stromatolitic and ooidal ironstones of the Bahariya Depression, Western Desert, Egypt //Geobiology. – 2013. – Т. 11. – №. 1. – С. 15-28.
8. Rudmin M. et al. A study of iron carbonates and clay minerals for understanding the origin of marine ooidal ironstone deposits //Marine and Petroleum Geology. – 2022. – Т. 142. – С. 105777.
9. Van Houten F. B. Palaeozoic oolitic ironstones on the North American Craton //Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 1990. – Т. 80. – №. 3-4. – С. 245-254.

10. Young T. P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review //Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Т. 46. – №. 1. – С. ix-xxv.

О ПРИРОДЕ ЦИНКА В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ

Рудмин М.А., Калинина Н.А., Максимов П.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Фанерозойские морские ооидовые железняки являются известным типом осадочных хемогенных месторождений, генезис которых имеет ряд дискуссионных положений [1, 2]. В последнее время следовые проявления сульфидов цинка документируются во многих залежах ооидовых железняков Западно-Сибирского бассейна, Тургайского прогиба, Керченского бассейна, Армориканской возвышенности, современных осадков Средиземного моря, Красного моря, озера Киву и др. [3–5]. В качестве потенциальных источников цинка для морских отложений рассматриваются дистальные области гидротермальной разгрузки, органическое вещество и терригенный снос [6]. Обладая высокой мобильной способностью цинк может концентрироваться в донном осадке по средствам абиогенного или микробиального осаждения [7], часто образуя самостоятельные минеральные формы в виде сфалерита или вюрцита. Природа вюрцита и сфалерита практически не известна в условиях накопления морских ооидовых железняков. В связи с чем задачей текущего исследования послужила оценка форм нахождения минералов-концентраторов цинка в морских железняках различных месторождений для обсуждения источников металла и вероятных механизмов его осаждения.

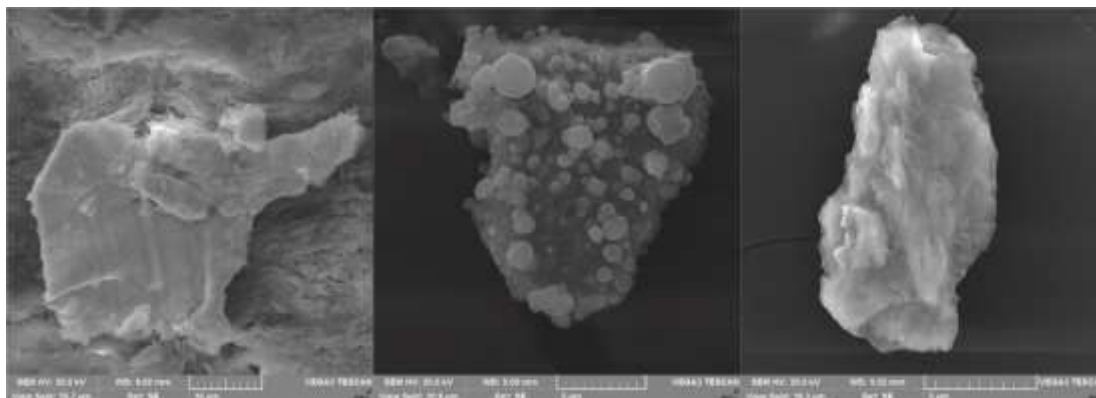
В результате были изучены геохимические и минеральные особенности ооидовых железняков мел-палеогенового Бакcharского месторождения (Западная Сибирь), верхнемеловой аятской свиты (Тургайский прогиб, Казахстан) и плиоценовых отложений марганцевого месторождения Вани (о. Милос, Греция). Первые два месторождения формировались в условиях прибрежной области эпиконтинентальных морей [5, 8]), месторождение Вани имеет гидротермальную природу. В исследованиях использовались следующие методы: петрографический анализ пород, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с локальным энергодисперсионным анализом (ЭДС), рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) и Rock-Eval пиролиз.

Изучаемые породы представляют собой железняки и ожелезненные песчаники или алевролиты, в которых валовая доля железа превышает 15 %, а структура отличается преобладанием автохтонных или параавтохтонных железистых ооидов или реже пеллоидов. Прослой вмещающих пород отличаются повышенной долей терригенного материала как правило в виде мелкозернистых обломков кварца и полевых шпатов. Среди прочих терригенных минералов в железняках Бакcharского месторождения и аятской свиты встречаются следующие: циркон, ильменит, рутил, магнетит, апатит, эпидот и пр. В обломочной фракции железняков и вмещающих прослоев месторождения Вани отмечаются полевые шпаты, реже кварц, а также рутил. Отдельный интерес представляет *in situ* фракция железняков, в которой сульфиды цинка занимают подчиненное значение относительно минералов железа. В общем виде *in situ* минералы морских железняков Бакcharского месторождения и аятской свиты представлены следующим рядом: гётит, бертьерин, сидерит, глауконит, пирит, апатит, вюрцит, барит, галенит, самородный цинк, цинкит, а также другие редкие минералы [5, 8]). Выборка *in situ* минералов в ооидовых железняках месторождения Вани отличается наличие марганцевых минералов. Помимо гётита, бертьерина и глауконита, часто встречаются коронадит, голландит и барит, в редких случаях вюрцит.

Вюрцит является наиболее распространенной минеральной формой цинка в изучаемых месторождениях. В железняках Бакcharского месторождения вюрцит представлен отдельными зёрнами и их скоплениями как правило в смектитовом матриксе или сидеритовом цементе пород. Этот вюрцит характеризуется пластинчатой формой кристаллов и субсферическими или субидиоморфными зёрнами размером от 6 до 15 мкм. Иногда отмечаются субсферические скопления микрокристаллов сфалерита размером около 10 мкм похожие на фрамбоиды. Агрегаты сфалерита имеют схожие морфометрические параметры с фрамбоидами пирита в пределах одних слоёв Бакcharского месторождения. В химическом составе этого вюрцита регулярно фиксируются примеси Fe и Na до 2.5 и 4 %, соответственно. Самородный цинк (рис. 1) распространен в илитовом цементе или в пределах внешних концентров ооидов. Наиболее часто он встречается в трещинах и пустотах пород. Цинкит встречается крайне редко, в виде пластинчатых зерен в илитовом цементе

Важно отметить, что помимо вюрцита в железняках с псевдопрожилковым сидеритовым цементом встречаются неидентифицированные собственные *in situ* цинк-содержащие фазы следующего состава: 1) Zn 32.7 %, S 33.3 %, Fe 16.4 %, Cu 11.8 %, Sb 0.5 %; 2) Zn 45.4 %, S 32.6 %, Fe 11.9 %, Ta 9.2 %, Sb 0.6 %; 3) Zn 48.9 %, S 32.8 %, Fe 14.2 %, Sb 0.8 %, 4) Zn 36.8 %, S 30.2 %, Fe 30.1 % [9]. Примечательно то, что с этими слоями ассоциируются редкие включения Ni-содержащих сульфидных фаз (смизит). Неидентифицированные фазы имеют размеры включений более 4 мкм, что исключает «заражение» ЭДС спектра матричным материалом. Морфология, состав и ассоциативность цинк-содержащих минералов железняков Бакcharского месторождения позволяют предположить об их метасоматической природе за счёт замещения некоторой части фрамбоидов пирита под воздействием металлонасыщенных углекислотных флюидов. Эти флюиды были также ответственные за осаждение псевдопрожилкового сидерита [9]. Вюрцит в железняках аятской свиты встречается преимущественно среди ооидов, реже, среди сидеритового цемента, также в ассоциации с микровключениями пирита. Среди ооидов вюрцит встречается в виде тонкопластинчатых агрегатов, в цементе встречается в виде отдельных сфероидов. Состав вюрцита железняков аятской свиты также сопровождается примесью натрия, что подтверждает придонные морские условия

его образования. При этом вюрцит входящий состав цемента железняков аятской свиты отличается повышенными содержаниями примеси натрия относительно вюрцита из ооидов.



**Рис. 1. Морфология частиц самородного цинка в кортексе ооидов морских железняков
Бакcharsкого месторождения (Западная Сибирь)**

Содержания цинка в валовом составе железняков Бакcharsкого месторождения изменяется в пределах 61–380 г/т при среднем значении 170 г/т. В составе рудовмещающего горизонта аятской свиты оно составляет 27.1–172.5 г/т (среднее 62.1 г/т), в составе слоев с железняками месторождения Вани – 277–1792 г/т (среднее 985.9 г/т). Корреляционные гистограммы изучаемых железняков относительно цинка представлены на рис. 2. Цинк всех месторождений имеет положительную корреляцию (выше 0.25) с Fe, Mn, P, Co, Ni, Cu, As, Mo, Sb, W, Pb, U, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y.

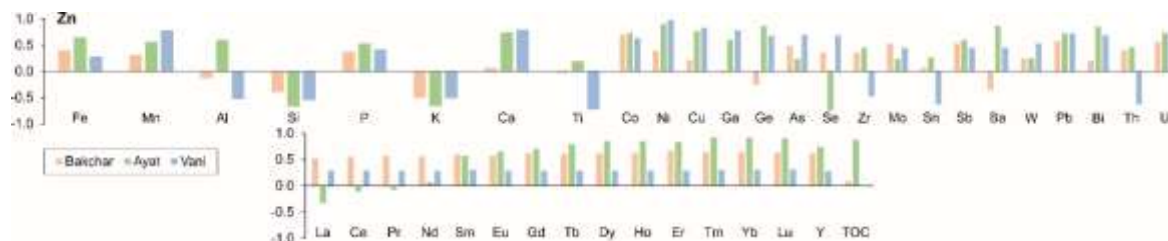


Рис. 2. Коэффициенты корреляции между цинком и другими макро- и микроэлементами

Отличительные корреляции (рис. 2) характерны для ооидовых железняков месторождения Вани относительно Бакcharsкого месторождения и аятской свиты между Zn и Ti, Zr, Sn, Th, которые свидетельствуют о вероятном сигнале гидротермального вклада. Отличительные корреляции железняков аятской свиты с высоким содержанием органического вещества (ТОС выше 0.9 %) определяются между Zn и Al, Ti, Se, La, ТОС. Вероятно, это объясняется относительно повышенным вкладом детритовой органики в привнос микроэлементом в зону накопления железняков в Тургайском проливе. В итоге положительные корреляции в железняках между цинком и макро- и микроэлементами указывают на потенциальную гетерогенность источников металла. К примеру, в железняках Бакcharsкого месторождения прослеживается вклад гидротермального и органического источника бюджет цинка. При этом наличие минеральных ассоциаций, соответствующих эпитепмальным залежам, свидетельствуют о возможном воздействии низкотемпературных металлонасыщенных флюидов на морской осадок. Последнее может служить предпосылкой для оценки верхнемеловых и палеогеновых отложений Западно-Сибирского железорудного бассейна с позиции поиска потенциальных структур, благоприятных для накопления стратиформных полиметаллических залежей.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-17-00019).

Литература

1. Young T. P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review //Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Т. 46. – №. 1. – С. ix-xxv.
2. Kimberley M. M. Debate about ironstone: has solute supply been surficial weathering, hydrothermal convection, or exhalation of deep fluids? //Terra Nova. – 1994. – Т. 6. – №. 2. – С. 116-132.
3. Gloaguen E. et al. Palaeozoic oolitic ironstone of the French Armorican Massif: a chemical and structural trap for orogenic base metal-As-Sb-Au mineralisation during Hercynian strike-slip deformation //Mineralium Deposita. – 2007. – Т. 42. – С. 399-422.
4. Sokol E. V. et al. Geochemistry and mineralogy of rare earth elements in high-phosphorus ooidal ironstones: A case study of the Kamysh-Burun deposit (Azov–Black Sea iron Province) //Ore Geology Reviews. – 2020. – Т. 127. – С. 103827.
5. 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. – Т. 100. – С. 309-325.

6. Hu S. Y. et al. Sequestration of Zn into mixed pyrite-zinc sulfide framboids: A key to Zn cycling in the ocean? // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2018. – Т. 241. – С. 95-107.
7. Castillo J. et al. Biologically-induced precipitation of sphalerite-wurtzite nanoparticles by sulfate-reducing bacteria: Implications for acid mine drainage treatment // *Science of the total environment*. – 2012. – Т. 423. – С. 176-184.
8. Максимов П. Н., Рудмин М. А. Минералого-геохимические особенности верхнемеловых морских железняков аятской свиты (Тургайский прогиб) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2022. – Т. 333. – №. 5. – С. 70-80.
9. Rudmin M. et al. A study of iron carbonates and clay minerals for understanding the origin of marine ooidal ironstone deposits // *Marine and Petroleum Geology*. – 2022. – Т. 142. – С. 105777.

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ТОМ, КАК МИНЕРАЛ ТЕРСКИТ, БУДУЧИ ОБМЫТЫМ КРЕПКОЙ ВОДКОЙ, ЕСТЕСТВО СВОЕ МЕНЯЕТ В ЛИТВИНСКИТ

Самбуров Г.О., Паникоровский Т.Л., Гойчук О.Ф., Базай А.В., Яковенчук В.Н.

Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр» Российской академии наук, г. Апатиты, Россия

Минерал терскит, $\text{Na}_4\text{ZrSi}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, впервые описан в 1983 году, однако ранее был найден, но неверно идентифицирован Е.И. Семеновым на о. Гренландия еще в 1969, а также в 1972 г. в пегматитах Ловозёрского массива (Кольский полуостров, Россия) [6]. Структура терскита содержит уникальные разветвлённые силикатные цепочки $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, соединённые в каркас через общие вершины октаэдра ZrO_6 [2]. В серии работ по исследованию кинетики деионизации терскита [3-5] отмечены его ионообменные свойства в отношении Cs.

Литвинскит, $\text{Na}_2(\square, \text{Na}, \text{Mn})\text{ZrSi}_6\text{O}_{13}(\text{OH})_5$ – один из десяти минералов группы ловозерита, согласно решению Комиссии новых минералов, номенклатуры и классификации Международной минералогической ассоциации его относят к цирсианалит-ловозеритовой подгруппе, встречается в одной ассоциации с терскитом [7]. Это один из последних открытых минералов этой группы, обнаружен в пегматитах г. Аллуайв (Ловозерский массив, Кольский п-ов). Несмотря на то, что этот минерал, по всей видимости, образуется как трансформационная псевдоморфоза по эвдиалиту, сам, в свою очередь, вероятно, замещается до бледно-сиреневого терскита [1].

Были изучены природные кристаллы гидротерскита, отобранные из пегматитовой залежи «Шкатулка» в Ловозерском массиве (Кольский полуостров, Россия). Протонирование осуществляли в растворах азотной кислоты с концентрацией 200 г/л, приготовленных самостоятельно из концентрированной азотной кислоты (ГОСТ 11125-84, осч, Россия) и дистиллированной воды собственного производства КНЦ РАН. Контактное вливание вели в стаканах из боросиликатного стекла при 289 °К в течение 38 часов из расчёта 3 см³ раствора на один кристалл. После протонирования кристаллы были троекратно промыты в дистиллированной воде из расчёта 40 см³ на 1 кристалл и были высушены в течение 4 часов при 333 °К.

Кристаллы были исследованы методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре Synergy S (MoK-α излучение), с использованием программного обеспечения CrysAlis (Rigaku Corporation). Кристаллические структуры были уточнены с помощью программного пакета SHELXL. Графическое изображение структур было создано с использованием компьютерной программы VESTA 3.

Морфология кристаллов была исследована при помощи электронного микроскопа LEO-1450. Химический состав был изучен на волно-дисперсионном электронно-зондовом микроанализаторе Cameca MS-46 (ГИ КНЦ РАН; напряжение и сила тока 20 кВ и 20-30 нА, диаметр зонда 20 мкм).

В таблице 1 представлены химические составы минералов до и после обработки раствором азотной кислоты.

Таблица 1

Результаты волно-дисперсионного анализа исходных и конечных продуктов.

Элемент	Содержание, % _{масс}		Оксид	Содержание, % _{масс}	
	Терскит	Продукт трансформации		Терскит	Продукт трансформации
O	36.98	37.21	-	-	-
Na	6.77	2.96	Na ₂ O	9.12	3.99
Si	25.98	27	SiO ₂	55.58	57.77
K	0.67	0.24	K ₂ O	0.81	0.29
Ti	0.46	0.15	TiO ₂	0.76	0.25
Mn	0.07	1.31	MnO	0.09	1.7
Zr	12.67	13.81	ZrO ₂	17.12	18.66

Результаты химического анализа указывают на то, что после выдерживания в растворе кислоты массовая доля натрия, калия в кристаллах существенно снижается.

В результате рентгеноструктурных исследований (Табл. 2) было отмечено, что при комнатной температуре из терскита образуется аналог литвинскита.

На рисунке представлены структуры исходного и конечного кристаллов (для наглядности отображены только кремниевые и циркониевые составляющие)

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что в процессе протонирования терскита имеет место изменение его кристаллической структуры с трансформацией в структуру литвинскита – представителя группы

ловозерита. При данной трансформации происходит существенная перестройка структуры с разрывом силикатных цепочек $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ и их превращением в изолированные шестичленные кольца $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Таким образом, показано, что данное превращение может реализовываться в природных условиях и возможна трансформация по схеме терскит $\rightarrow$ литвинскит.

Таблица 2

Результаты рентгеноструктурного анализа

Параметр кристаллической решетки	Исходный терскит	Продукт трансформации
<i>a</i>	14.6999	10.2031(6)
<i>b</i>	7.4804	10.2031(6)
<i>c</i>	14.1636	13.1505(9)
α	90	90
β	90	90
γ	90	120
Пространственная группа	<i>Pbcn</i>	<i>R3m</i>

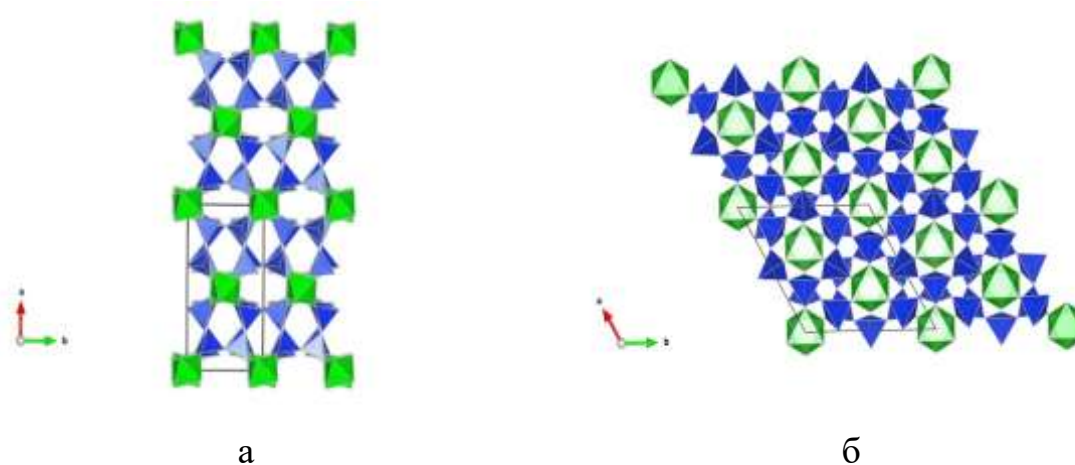


Рис. Структуры исходного терскита (а) и продукта его трансформации (б)

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 21-77-10103 «Создание новых функциональных материалов на основе минерального сырья в Арктической зоне РФ: кристаллохимия, тополого-геометрический анализ, ионный обмен, синтез, технологии производства» на оборудовании ЦКП ФИЦ КНЦ РАН.

Литература

1. Пеков И. В. Ловозерский массив: История исследования //Пегматиты. Минералы. М.: Земля. – 2001.
2. Пудовкина З. В., Черницова Н. М. Кристаллическая структура терскита $\text{Na}_4\text{ZrH}_4\text{Si}_6\text{O}_{18}$ //Доклады Академии наук. – Российская академия наук, 1991. – Т. 317. – №. 3. – С. 645-649.
3. Чуканов Н. В. и др. Кинетика катионного обмена аморфизованного терскита //Журнал физической химии. – 2010. – Т. 84. – №. 12. – С. 2353-2358.
4. Чуканов Н. В. и др. Кинетика катионного обмена на гетерокаркасных микропористых титано-и цирконосиликатах //Химическая физика. – 2011. – Т. 30. – №. 4. – С. 50-55.
5. Чуканов Н. В. и др. Кинетика и механизм процесса выщелачивания натрия из а-терскита и его влияние на ионообменные свойства //Химическая физика. – 2011. – Т. 30. – №. 4. – С. 56-61.
6. Khomyakov A. P. Terskite, $\text{Na}_4\text{ZrSi}_6\text{O}_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ —a new mineral //International Geology Review. – 1983. – Т. 25. – №. 10. – С. 1162-1167.
7. Pekov I. V. et al. Crystal chemistry and nomenclature of the lovozerite group //European Journal of Mineralogy. – 2009. – Т. 21. – №. 5. – С. 1061-1071.

МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ И ВКЛЮЧЕНИЯ РЗЭ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ (НАТАЛКИНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ)

Сухорукова В.А.

Научный руководитель профессор Мазуров А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождение Геологическое является северо-западным флангом уникального по запасам золоторудного месторождения Наталка, приуроченного к краевой части гранитного плутона в зоне Тенькинского глубинного разлома. Тенькинский глубинный разлом относится к уникальным рудоконтролирующим линейам мезозойского периода. Вдоль таких структур установлено дискретное распределение золотоносности. Так, Тенькинский разлом, наряду с другими разломами, контролирует размещение целого ряда рудных узлов: Арга-Юрхского, Омчакского, Пионерского и Омчугского [1].

Руды месторождения Геологическое относятся к золотокварцевой формации и к малосульфидному золото-кварц-арсенопиритовому типу. Рудная зона имеет северо-западное простирание и пологое северо-восточное падение (до 55°) и преимущественно залегает в отложениях атаканской свиты, которые представлены осадочными породами с примесью вулканомиктового материала [1].

Рудные тела месторождения Геологическое залегают в отложениях атканской и пионерской свит. Атаканская свита (P_{3at}) представлена алевролитами и аргиллитами с примесью вулканомиктового материала. Для пород характерно повышенное содержание углистого вещества. Отложения залегают в верхней части разреза и вмещают основную часть рудных тел. Пионерская свита (P_{1-2pn}) представлена темными углистыми и алевроглинистыми сланцами, алевролитами с редкими включениями вулканогенного материала, иногда прослоями и линзами известковистых песчаников и гравелистов [1].

Основная рудовмещающая толща была подвержена прогрессивному региональному метаморфизму с развитием зеленосланцевой фации, а также метасоматическим преобразованиям, в процессе которых перекристаллизация и минеральные замещения сопровождались частичной потерей первичных структур пород и образованием ориентированных структур. Выделяются массивные, слоистые и плоччатые текстуры измененных пород [1].

В целях изучения гидротермально-метасоматических изменений были отобраны пробы с каждой зоны развития серицит-кварцевых, альбит-кварцевых и кальцит-кварцевых ассоциаций. Для пересчета результатов химического анализа был использован кислородный метод Т. Барта в связи с тем, что пористость пород не учитывалась. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица

Хим. состав (вес. %) пород месторождения Геологическое

Окислы	Метасоматиты по глинистым сланцам			Глинистые сланцы*
	Серицит-кварцевый (внутренняя)	Альбит-кварцевый (переходная)	Кальцит-кварцевый (внешняя)	
Na ₂ O	2,81	2,55	2,28	1
MgO	1,65	1,34	1,72	2,3
Al ₂ O ₃	14,18	14,54	14,78	16,5
SiO ₂	63,03	62,12	60,26	60,1
P ₂ O ₅	0,10	0,13	0,10	-
K ₂ O	2,24	2,42	2,51	3,6
CaO	2,29	2,31	2,11	1,4
TiO ₂	0,62	0,61	0,68	-
MnO	0,08	0,09	0,10	-
Fe ₂ O ₃	5,69	6,04	6,41	6,9
п.п.п L.O.I.	7,20	7,26	8,65	-
общ. total	99,91	99,42	99,61	91,8

Примечание: *Данные заимствованы из справочника Р. Н. Соболева и В. И. Фельдман «Методы петрохимических пересчетов горных пород и минералов» [3].

В результате метасоматических процессов произошел вынос магния, алюминия, калия, трехвалентного железа и частично титана от внешней к внутренней зоне. Наблюдается привнос натрия, кремния, кальция, мышьяка. Были рассмотрены такие петрохимические параметры, как щелочной модуль ЦМ (Na₂O/K₂O) и титановый модуль ТМ (TiO₂/Al₂O₃) для каждой из зон. Значения щелочного модуля увеличиваются от внешней к внутренней зоне от 0,9 до 1,2 соответственно. Такие результаты характерны для натриевого типа щелочности. Основная часть рудной зоны сосредоточена в породах атканской свиты, которые характеризуются наличием вулканомиктового материала. Повышенные значения щелочного модуля к внутренней зоне связаны с поступлением вулканического материала в бассейн седиментации.

Гидротермально-метасоматические изменения по признакам относятся к березитизации. Выявлена равномерная вкрапленность зерен пирита, проявлено развитие прожилков различного состава с включением зерен арсенопирита, а также замещение альбита серицитом и кварцем.

В процессе образования руд месторождения Геологическое вспомогательными источниками сопутствующих и благородных металлов послужили особенности вмещающих углеродистых толщ. Это выражено в перераспределении металлов из подстилающих и вмещающих пород и концентрированием их в рудах в виде новообразованных фаз в результате гидротермально-метасоматических процессов.

Изучение руд и вмещающих толщ месторождения Геологическое методом сканирующей электронной микроскопии позволило выявить включения, содержащие редкоземельные элементы, а также элементы платиновой группы. Минералами-концентраторами редкоземельных элементов на месторождении являются монацит (Ce, La) $[\text{PO}_4]$ и ксенотим $\text{Y}[\text{PO}_4]$. Распространены выделения в виде сгустков включений комковато-угловато, с корродированными гранями (рис.) размерами не более 15–30 мкм по удлинённой стороне.

Химический состав минералов не постоянен. На месторождении Геологическое монацит содержит от 1,46 до 11,65 мас. % тория (Th). Содержание лантана (La) изменяется в пределах от 2,6 до 19,9 мас. %, церия (Ce) от 7,39 до 33,39 мас. %, неодима (Nd) от 6,04 до 17,3 мас. % (Nd-монацит), празеодима от 2,01 до 3,79 мас. %. При сканировании включений монацита на электронном микроскопе были обнаружены содержания платины (Pt), серебра (Ag), иридия (Ir) и осмия (Os) в пределах 0,51–2,84 мас. %, 0,31–1,48 мас. %, 2,59–4,46 мас. % и 1–3,67 мас. % соответственно. Минеральные формы нахождения платины не установлены. Типичные для ультрамафитовых комплексов минералы иридия (Ir) и осмия (Os), найденные в метасоматитах хлорит-серицитового состава, вероятно связаны с повсеместным присутствием редкоземельных минералов в толщах месторождений Наталка и Геологическое [2]. В свою очередь содержание РЗЭ связывают с включениями вулканомиктового материала в осадочных породах.

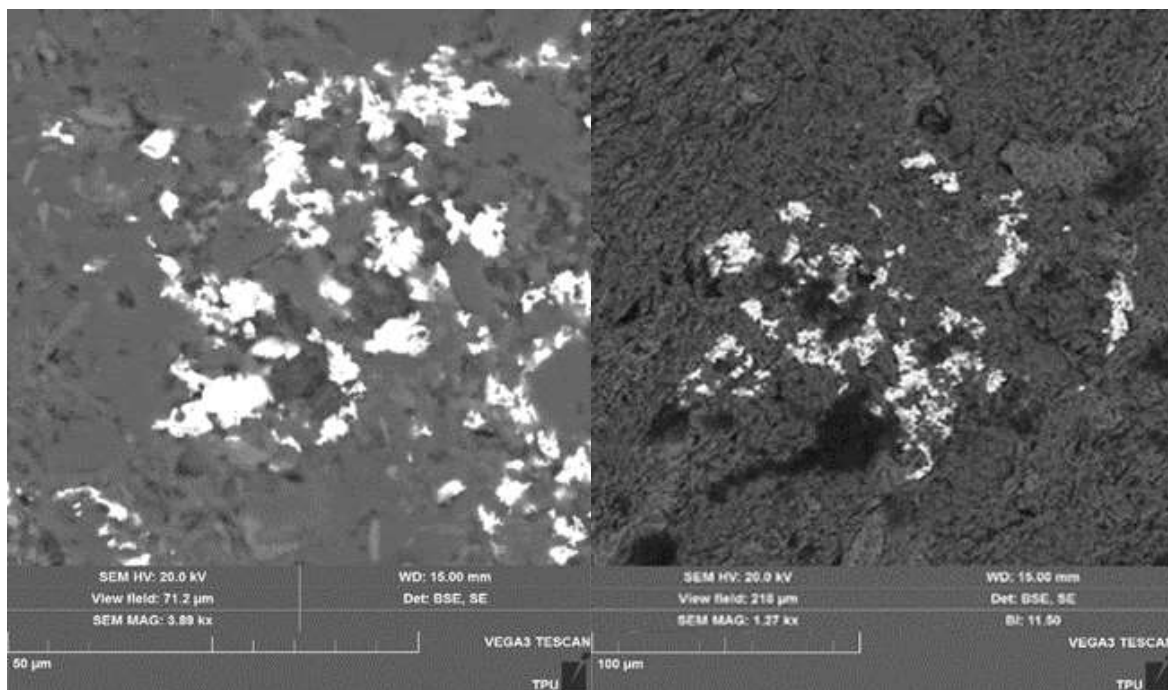


Рис. Включения монацита во вмещающих породах месторождения Геологическое

Литература

1. Гончаров В. И. и др. Наталкинское золоторудное месторождение //Магадан: свкнии дво ран. – 2002. – Т. 250. – С. 1.
2. Горячев Н. А. и др. Наталкинское золоторудное месторождение мирового класса: распределение РЗЭ, флюидные включения, стабильные изотопы кислорода и условия формирования руд (Северо-Восток России) //Геология рудных месторождений. – 2008.
3. Соболев Р. Н., Фельдман В. И. Методы петрохимических пересчетов горных пород и минералов. – Недра, 1984.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ АЛЛОТИГЕННОГО МАТЕРИАЛА МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Хитрин И. С., Максимов П.Н.

Научный руководитель доцент М. А. Рудмин

Национальный исследовательский Томский политехнический институт г. Томск, Россия

Условия формирования залежей фанерозойских ооидовых железняков (ФОЗ) до сегодняшнего дня остаются предметом многочисленных дискуссий [7, 8, 9, 12]. Осадочные ооидовые железняки имеют широкое геохронологическое и географическое распространение в фанерозое. Ближайшими аналогами ФОЗ являются докембрийские железистые кварциты. Существуют несколько гипотез о происхождении ооидовых железняков осадочных месторождений. Наиболее распространенная гипотеза основывается на «осадочном» источнике железа, согласно которой интенсивная мобилизация железа происходит за счет эрозии, близ лежащих базитовых провинций [1, 5]. С другой стороны, ряд исследователей связывает происхождение ооидовых железняков с гидротермальной деятельностью [6, 9, 10, 11]. На примере Западно-Сибирского железорудного бассейна, в частности Бакчарского месторождения, были получены результаты, указывающие на наличие следов разгрузки вверх-диффундирующих термальных флюидов, обогащенных железом [10, 11].

В настоящей работе проводится поиск и интерпретация потенциальных источников детритового материала Бакчарского месторождения. Морские ооидовые железняки Бакчарского месторождения характеризуются широкой выборкой аллотигенного материала. Таким материалом здесь является кварц, лито- и петрокласты, полевые шпаты, циркон, магнетит, ильменит, монацит, иногда эпидот, рутил, анатаз, сфен и некоторые другие минералы. В данной работе впервые приводятся результаты датирования детритовых цирконов и изучаются типоморфные характеристики кварца. Эти минералы широко распространены в железняках и подстилающих мелкозернистых песчаниках ипатовской, ганькинской и люлинвской свит.

Вышеуказанные свиты включает в себя прибрежно-морские осадочные толщи верхнего мела и палеогена богатые железом. Седиментация отложений происходила в условиях воздействия волноприбойной деятельности на морские осадки в прибрежной зоне, что доказывается высокой степенью сортировки обломочного материала, детритовой органикой, включая изменённые аутигенные зёрна.

Было проведено комплексное изучение зерен кварца и циркона. Изучаемые минералы отбирались ручным способом под биноклем и в дальнейшем из них была сделана полированная брикет-шашка и шлифы. На основе геологии изучаемого района были определены генетические типы кварца по типоморфным признакам. Также по зернам циркона были сопоставлены предполагаемые отдельные геологические структуры в зависимости от генетического типа кварца.

Диаметр кварцевых зерен составляет от 0.2 до 0.8 мм. Более отсортированные обломки кварца отмечаются у ипатовской свиты (рис. 1 А). Кварц преимущественно образует угловатые зерна (рис. 1 А, Б). Редко в образцах ипатовской свиты встречаются идиоморфные кристаллы кварца, не превышающие 1 мм (рис. 1 В). Среди минеральных микровключений кварца часто встречается циркон, реже, рутил. Однако зерна с микровключениями составляют малую часть от общей доли обломочного кварца. В рамках изученных шлифов и образцов, кварц часто встречается в качестве ядра ооидов и онкоидов ганькинской и славгородской свиты (рис. 1 Г, Д). Кварцевые ядра ганькинской свиты (рис. 1 Г) чаще всего обладают фрагментами блочности и поликристалличности, когда как среди славгородских кварцевых ядер не наблюдается поликристалличности (рис. 1 Д). В целом типоморфные признаки кварца у всех свит одинаковые, но при этом отличаются проценты преобладания кварца с теми или иными типоморфными признаками.

Детальные исследования детритового материала (кварца и циркона) взаимоотношения аутигенной и аллотигенной фракции Бакчарского месторождения позволили привести следующие выводы. Набор аллотигенных минералов, смена их ассоциации в разрезе месторождения, а также возраст детритового циркона указывают на различные источники привноса терригенного материала в бассейн седиментации. С учётом предложений предшественников [1] и полученных данных ближайших кандидатов в качестве источников осадочного материала для бассейна Бакчарского месторождения в течении сантонского времени выступали пермь-триасовые интрузивные образования Томь-Колыванской складчатой зоны, Салаирской складчатой системы и Хмелевского прогиба, а в течении маастрихтского и палеоценового времени часть материала приносилась из палеозойских интрузивных образований Кузнецкого-Алатау [2, 3, 4].

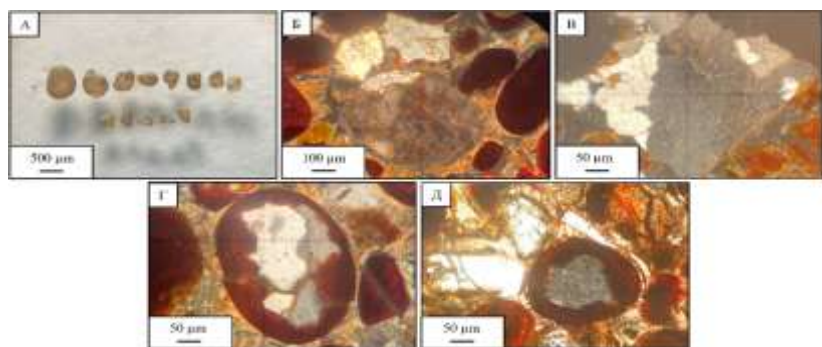


Рис. 1. А) отсортированные кварцевые обломки ипатовской свиты (нижний ряд) по отношению вышележащих отложений (верхний ряд).

Б) фронтальное волнистое угасание; В) фрагмент изометрично-полигональной поликристалличности;

Г, Д) Кварцевые ядра ооидов/онкоидов.



Рис. 2. Схема потенциальных областей сноса обломочного материала

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

Литература

1. Белоус Н. Х. и др. Западно-Сибирский железорудный бассейн //Новосибирск: СО РАН СССР. – 1964.
2. Буслов М. М. и др. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области. – 2013.
3. Добрецов Н. Л., Владимиров А. Г., Крук Н. Н. Пермско-триасовый магматизм Алтае-Саянской складчатой области как отражение Сибирского суперплюма //Доклады Академии наук. – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская академия наук», 2005. – Т. 400. – №. 4. – С. 505-509.
4. Оболенская Р. В. Мезозойский магматизм Алтае-Саянской складчатой области //Новосибирск: ИГТ СО АН СССР. – 1983.
5. Baioumy H., Omran M., Fabritius T. Mineralogy, geochemistry and the origin of high-phosphorus oolitic iron ores of Aswan, Egypt //Ore Geology Reviews. – 2017. – Т. 80. – С. 185-199.
6. Di Bella M. et al. Modern iron ooids of hydrothermal origin as a proxy for ancient deposits //Scientific Reports. – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 7107.
7. Van Houten F. B., Bhattacharyya D. P. Phanerozoic oolitic ironstones--Geologic record and facies model //Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 1982. – Т. 10. – №. 1. – С. 441-457.
8. Kimberley, M.M. Origin of Oolitic Iron formations // SEPM Journal of Sedimentary Research 49. 1979. C 111-131.
9. Kimberley M. M. Debate about ironstone: has solute supply been surficial weathering, hydrothermal convection, or exhalation of deep fluids? //Terra Nova. – 1994. – Т. 6. – №. 2. – С. 116-132.
10. 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. – 2020. – Т. 9. – С. 1-21.
11. 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. – Т. 100. – С. 309-325.
12. Young T. P. Phanerozoic ironstones: an introduction and review // Geological Society, London, Special Publications. – 1989. – Т. 46. – № 1. – С. 9-25.

ИНТРУЗИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ КАК ИСТОЧНИК ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Шадчин М.В., Лосев В.И., Макаров В.А.

Научный руководитель профессор Макаров В.А.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

В настоящее время, в связи с увеличением спроса на медь, в мире резко вырос интерес к медно- и молибден-меднопорфировым месторождениям. Несмотря на невысокие содержания полезных компонентов в таких объектах (обычно, средние содержания Cu колеблются от 0,2 до 1,5 %, а содержания Mo от 0,01 до 0,2 %) это, как правило, крупные или очень крупные (вплоть до уникальных месторождений-гигантов) месторождения, в которых часто попутно добываются золото, серебро, рений и полиметаллы. Геотектоническая позиция порфировых месторождений различна. Их рудные зоны имеют богатый минеральный состав, а также разнообразный петрографический состав интрузивных пород, вмещающих рудную минерализацию.

В последние годы (2010–2022 гг.) в Алтае-Саянской складчатой области (АССО) были выявлены и поставлены на баланс ряд объектов медно-порфирового типа (Ак-Суг, Кызык-Чадр, Сухоложское, Сосновское и др.), где ранее были известны, преимущественно, Мо-порфировые месторождения (Сорское, Ипчульское, Агаскырское, и др.). При этом, перспективы региона на обнаружение новых порфировых объектов далеко не исчерпаны. Важное значение для эффективного прогноза и поисков порфировых месторождений имеет выявление связи с определенными магматическими комплексами.

Целью данной работы являлся анализ связи порфировых объектов с рудовмещающими интрузивными массивами, а также выяснение зависимости типа порфировых месторождений и рудной нагрузки в них от характера (состава) рудолокализирующих интрузивных тел. Для этого был выполнен анализ размещения рудопоявлений и месторождений Cu, Mo, Au различных формационных типов - порфировый, скарновый и прочие (объединяющим колчеданно-полиметаллические, Cu-Ni и другие объекты различного генезиса) в связи с определенными разновозрастными магматическими рудоносными комплексами. Анализ выполнен по данным Государственной геологической карты масштаба 1:1000000 (ГГК-1000). Положение составов магматических пород наиболее известных порфировых месторождений Алтае-Саянской области с указанием отношений Cu/Mo также было отображено на классификационной TAS-диаграмме. Исходные данные для анализа и составы рудовмещающих интрузивных пород взяты из литературных источников [1].

АССО – это обширная территория центральноазиатской части России, включающая в себя крупные горные системы - Алтай, Кузнецкий Алатау, Западный и Восточный Саяны. Основные черты геологического строения данной территории были сформированы в результате продолжительных процессов активизации тектонической деятельности, магматизма, горо- и складкообразования на протяжении нескольких складчатых эпох - байкальской (рифей-кембрий), салаирской (кембрий-ордовик) и каледонской (кембрий-девон). Со многими интрузивными комплексами плутонами и массивами данных эпох тектоно-магматических активизаций (ТМА), пространственно связаны рудопоявления и месторождения цветных металлов - меди, молибдена, золота (см. рис.).

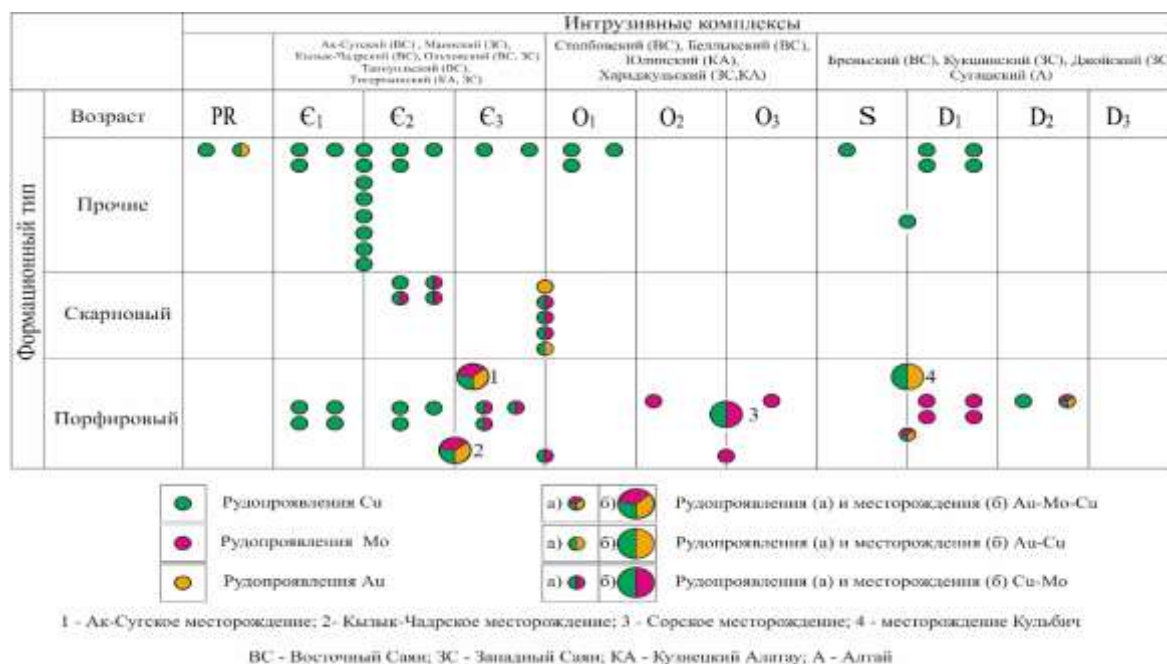


Рис. Распределение рудопоявлений и месторождений в интрузивных комплексах АССО по данным ГГК-1000

Завершение байкальской эпохи складчатости и наступление каледонской с сопутствующей ей ТМА в значительной мере сформировали Восточно-Саянскую горную систему с её преимущественно медной минерализацией, связанной с интрузивами и дайковыми телами основного-кислого составов нормальной и умеренной

щелочности. С малыми интрузиями раннесалаирской эпохи связаны 2 месторождения Au-Mo-Cu-порфирирового типа: Ак-Суг и Кызык-Чадр, локализованных в одноименных сложнопостроенных многофазных массивах с породами от габброидного до гранодиорит-гранитоидного ряда. Наиболее распространенными магматическими образованиями кембрийского возраста можно считать интрузии таннуольского комплекса с петротипом в хр. Танну-Ола в центральной Тыве. Исследователи магматизма АССО указывают на наличие магматических комплексов аналогичных таннуольскому в других горных системах, как по возрасту, так и по петролого-петрографическим признакам. С высокой долей вероятности, ему соответствуют ольховский комплекс в Восточном Саяне, майнский в Западном Саяне, мартайгинский в Кузнецком Алатау и сугашский на Алтае. С большинством из них связаны рудопоявления и месторождения меди, в том числе и порфирирового генезиса.

На территории Кузнецкого Алатау в салаирскую эпоху складчатости формировались полифазные плутоны с умеренно щелочными породами ряда от монцогаббро до гранитоидов, отнесенных к юлинскому комплексу. Ранее они считались частью тигертышского магматического комплекса. С ордовикскими граносиенитами и гранитами (в том числе гранит-порфирами, аплитовидными гранитами) связано преимущественно молибденовое оруденение. Наиболее представительным медно-молибден-порфирировым объектом является Сорское месторождение, локализованное в интрузивных породах Уйбатского плутона. Известны Ипчульское, Агаскырское Мо- порфирировые месторождения и ряд рудопоявлений. Со скарнами рубежа кембрия-ордовика связаны преимущественно Мо-Cu рудопоявления Темирской группы (Темир-Даг, Иттю, Посельщик и др.). Раннеордовикские рудопоявления различного генезиса в отрогах Восточного Саяна (беллыкский, столбовский комплексы) сохраняют и продолжают тренд преимущественно медного профиля оруденения, связанного с породами нормальной щелочности.

Каледонская эпоха складчатости и сопряженная с ней ТМА наиболее контрастно проявилась в Западном Саяне на месте остаточного междугового бассейна среднекембрийского-раннесилурийского возраста, окончательно сформировав его облик. Частично активизация была проявлена и в Восточно-Саянском регионе. Обширный гранитоидный магматизм силурийского и девонского периодов, а также смена тектонических обстановок благосклонно сказывались на формировании молибден-медных рудопоявлений как порфирирового (Сухоложско-Сосновское, Перевальная Маетка и др.), так и других формационных типов. Проявления интрузивного дайкового магматизма рубежа силура-раннего девона на Алтае сформировали Au-Cu-порфирировое месторождение Кульбич, локализованное в Саро-Кокшинском плутоне сугашского комплекса кембрийского возраста.

Наиболее известные рудопоявления и месторождения меди и молибдена, рассмотренные в данной работе, не всегда генетически связаны с крупными интрузивными телами коллизионных пород, а чаще с секущими их телами малых интрузий кислого состава, которые внедрялись на более поздних постколлизионных этапах развития горных областей. В некоторых случаях, разрыв в возрасте становления пород интрузивной рамы и рудоносных малых интрузий достигает сотни миллионов лет. Источниками рудного вещества, согласно изотопно-геохимическим данным, являлись мантийные расплавы, в то время как рудовмещающим плутонам свойственна коровая природа магмы. Насыщенные металлоносными флюидами верхнемантийные расплавы кислого состава прорывали ранее сформированные массивы, образуя штокверковые, жильные и прожилково-вкрапленные рудные тела. Рудоносные интрузивные фазы на ранее упомянутых месторождениях Ак-Суг, Кызык-Чадр, Сорское и Кульбич в общем виде представляют собой рои даек (также часто полихронные) порфиридных гранодиоритов, граносиенитов, низкощелочных лейкогранитов и гранитов нормальной и умеренной щелочности. Анализируя составы интрузивных пород, и оперируя данными по содержаниям меди и молибдена, можно сделать вывод, что вариации соотношений Cu/Mo в первичных рудах порфирировых месторождений Алтае-Саянского региона объясняются различными содержаниями суммы оксидов щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, мас. %) по отношению к кремнезему в рудных фазах. Так месторождение Кульбич, локализованное в дацит-порфирах и низкощелочных лейкоплагитогранитах с содержаниями суммы щелочных оксидов примерно 6 мас. %, имеет соотношения Cu/Mo от 40:1 до 280:1. Месторождение Ак-Суг с рудоносными тоналит-порфирами и плагитогранит-порфирами, характеризуется суммой щелочей порядка 6,5 мас. % и соотношением Cu/Mo 50:1. Кызык-Чадр, имеющий показатель $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ на уровне примерно 7,5 мас. % для умеренно-щелочных граносиенитов и гранитов, в первичных рудах выдерживает отношение меди к молибдену 20:1. Отрабатываемое в Кузнецком Алатау Сорское месторождение, с соотношениями Cu/Mo от 5:1 до 1:1, связано с умеренно-щелочными граносиенит-порфирами, гранит-порфирами и лейкогранит-порфирами в подчиненных количествах. Вмещающим породам Сорского месторождения отвечает диапазон суммы оксидов щелочей примерно от 7 до 9 мас. %, с преобладанием класса значений порядка 8 мас. %.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что для использования магматического критерия в целях регионального прогнозирования как порфирировых, так и других рудопоявлений и месторождений важно учитывать кроме металлогенической специализации отдельных структур региона, также состав и возраст перспективных на обнаружение рудной минерализации магматических образований. Для медно-порфирировых золотосодержащих объектов наиболее благоприятны низко- и нормальнощелочные интрузии кислого состава, для наиболее распространенных в АССО молибден-медно-порфирировых с золотом месторождений характерны кислые породы нормальной щелочности ряда гранодиоритов-гранитов, а медно-молибден-порфирировые и молибден-порфирировые объекты тяготеют к умеренно-щелочным породам типа граносиенитов и монцогранитов или к нормально-щелочным породам с несколько повышенной К щелочностью семейства гранитов.

Литература:

1. Пономарчук, В. А. Геохронологические (^{40}Ar - ^{39}Ar и Rb-Sr) и изотопно-геохимические ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $\delta^{34}\text{S}$, $\delta^{13}\text{C}$) параметры Cu-Mo-порфирировых рудных систем: Сибирь, Монголия: 25.00.11: дис. д-ра геол.-минерал. наук / Пономарчук Виктор Антонович; ИГМ СО РАН. – Новосибирск, 2005. – 300 с.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ПИРИТА УЧАСТКА СЕВЕРНЫЙ
БАРАНЬЕВСКОГО АУ-АГ МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА)

Ярославцев Д.А., Якич Т.Ю.

Научный руководитель доцент Якич Т.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический институт г. Томск, Россия

Пирит – широко распространённый минерал золоторудных месторождений и зачастую его химический состав, характер захваченных включений, особенности внутреннего и внешнего строения несут определенную информацию о процессах рудообразования.

Объектом настоящего исследования является пирит северного участка Бараньевского эпitherмального золото-серебряного месторождения низкосульфатного (LS-типа), представляющего собой пример палеогидротермальной системы, входящей в структуру более высокого порядка: Центрально-Камчатский вулканического пояса неоген-четвертичного возраста [1]. Бараньевское месторождение включает несколько участков с различными типоморфными особенностями пирита. Ранее авторами изучен пирит центрального участка, обогащенный примесью меди [4]. Пирит северного участка обогащен примесью мышьяка и характеризуется зональным строением (рис.). Отчетливая зональность пирита и его обогащенность мышьяком обычно проявляется в приповерхностных и относительно низкотемпературных условиях ($\leq 300^\circ\text{C}$) и при увеличении глубины и температуры проявляется значительно реже [5, 6, 8].

Размеры кристаллов пирита варьируют в диапазоне от 0,2 мм до 2 мм. По данным накопительного спектра профиля (рис. А) хорошо заметно, что мышьяк (As^{1-}) замещает серу (S^{1-}) в пирите, что подтверждается и многоэлементными картами составов пиритов (рис. Б). Такая картина характерна для месторождений карлинского [2, 5, 6] и эпitherмального низкосульфатного LS-типа [6]. В большинстве изученных зерен пирита граница насыщения мышьяком смещена к внешней части его зерен, за исключением отдельных мелких зерен, где обогащены и центральные зоны. Среднее содержание мышьяка в пирите (табл.) изучаемого объекта $\sim 4,72$ вес. %. Габитус кристаллов пирита, обогащенного мышьяком, в преобладающем большинстве – пентагондекаэдрический (рис.).

В Камчатском крае встречается ряд эпitherмальных месторождений, в том числе и тех, в которых аналогично приведенным данным пирит концентрирует примесь мышьяка: м. Асачинское (до 4,57 вес. %), м. Мутновское (до 4,51 вес. % As), м. Вилучинское (до 4,31 вес. % As), м. Кумроч (до 6,79 вес. % As) и др. [3].

Зональность в распределении мышьяка в пирите зачастую представляет не только фундаментальный, но и практический интерес, так как зоны, обогащенные мышьяком, часто являются концентраторами наноразмерного золота [5, 6, 7]. Попытки изучить захваченные частички золота в мышьяковистом пирите с помощью микроскопических или электронно-микроскопических методов могут быть затруднены из-за низких пределов обнаружения и вполне доступны для более чувствительных LA-ICP-MS и nanoSIMS методов с высокими уровнями обнаружения. Происхождение этого явления в эпitherмальных месторождениях истолкована [5] как результат неравновесных процессов, связанных со смешиванием гидротермальных флюидов разного состава и/или растворением-перекристаллизацией пирита в более благоприятных кинетических условиях [5]. Так проведенные исследования в местах современной геотермальной и активной гидротермальной деятельности (Чили) показали прямую связь между обогащением зон мышьяком и медью в пирите и изменениями, происходящими в составе рудообразующего флюида [8].

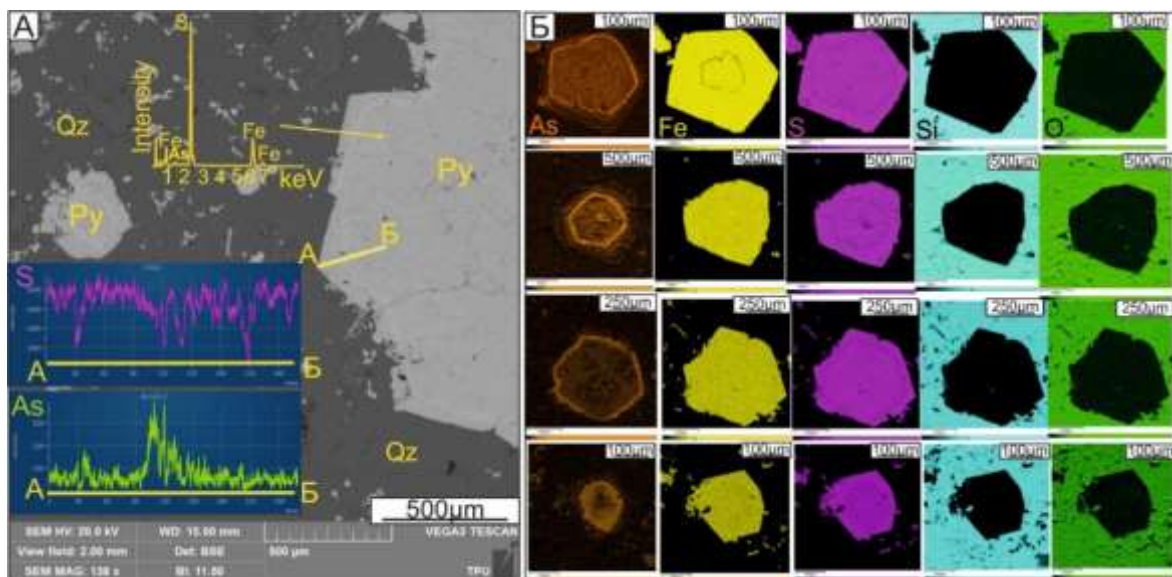


Рис. Микрофотография мышьяковистого пирита (Py) в обратно-отражённых электронах сканирующего микроскопа Tescan Vega 3 SBU с демонстрацией профиля АБ, отражающего распределение в пирите S^{1-} и As^{1-} в краевой части зерна (А); многоэлементные карты распределения элементного состава пиритовых зерен, обогащенных мышьяком (Б)

СЕКЦИЯ 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

Таблица

Химический состав пирита участка северный Бараньевского эпитермального Au-Ag месторождения

№ обр.	S, вес. %	Fe, вес. %	As, вес. %	Сумма, вес. %	Формула
1	48,11	43,79	8,1	100	FeS _{1,86} As _{0,14}
2	52,23	44,95	2,82	100	Fe _{0,99} S _{1,95} As _{0,05}
3	48,39	43,79	7,82	100	FeS _{1,86} As _{0,14}
4	52,29	45,35	2,35	100	Fe _{0,99} S _{1,96} As _{0,04}
5	49,88	45,42	4,7	100	FeS _{1,92} As _{0,08}
6	52,64	46,42	0,94	100	FeS _{1,98} As _{0,02}
7	53,61	46,39	0	100	Fe _{0,99} S ₂
8	53,8	45,21	0,99	100	Fe _{0,96} S _{1,98} As _{0,02}
9	47,37	45,25	7,38	100	FeS _{1,87} As _{0,13}
10	52,32	45,34	2,34	100	Fe _{0,99} S _{1,96} As _{0,04}
11	47,63	42,25	10,12	100	FeS _{1,82} As _{0,18}

Ростовая и секториальная зональность пирита, наиболее распространенного минерала Бараньевского эпитермального месторождения может дать представление о схеме гидротермального палеопотока, а также о количестве и составе флюидных импульсов, питавших гидротермальные системы.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Наука № FSSWW-2023-0010, тема «Комплексные исследования на базе природных геологических лабораторий».

Литература

1. Большаков Н. М., Газизов Р. Б., Вартанян С. С. Геолого-структурная позиция и минералого-геохимические особенности золото-серебряного оруденения Тымлатского рудного узла, Камчатка // Руды и металлы. – 2000. – №. 4. – С. 37-42.
2. Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. – 2000. – Т. 2. – С. 70-76.
3. Округин В.М. Новые данные о пирите современных и палеогидротермальных систем Камчатского края / Округин В. М., Яблокова Д. А., Андреева Е. Д. и др. // «Вулканизм и связанные с ним процессы»: Материалы ежегодной конференции, посвящённой Дню вулканолога – Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2014. – С. 324-329.
4. Особенности вещественного состава и условия формирования медной минеральной ассоциации Бараньевского эпитермального месторождения (Центральная Камчатка) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 12. – С. 74-87.
5. Deditius A. P. et al. The coupled geochemistry of Au and As in pyrite from hydrothermal ore deposits // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2014. – Т. 140. – С. 644-670.
6. Kesler S. et al. Role of arsenian pyrite in hydrothermal ore deposits: a history and update. – 2011.
7. Simon G. et al. Oxidation state of gold and arsenic in gold-bearing arsenian pyrite // *American Mineralogist*. – 1999. – Т. 84. – №. 7-8. – С. 1071-1079.
8. Tardani D. et al. Copper–arsenic decoupling in an active geothermal system: A link between pyrite and fluid composition // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2017. – Т. 204. – С. 179-204.

С Е К Ц И Я 3

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗИ ГЛУБИННОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА СО СТРУКТУРАМИ ФУНДАМЕНТА

Крутенко Д.С.

Научный руководитель профессор Исаев В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение

Работа продолжает комплексные исследования причин вариаций теплового потока на юго-востоке Западной Сибири. Ранее на основе моделирования глубинного теплового потока в 433 поисково-разведочных, опорных и параметрических скважинах методом палеотемпературного моделирования по известной методике [2] была построена схематическая карта теплового потока запада Томской области (рис. 1А).

Неоднократно отмечалось, что существует тенденция роста величин глубинного теплового потока и пределов их вариаций в зонах положительных структур (сводов, мегавалов, поднятий), при этом депрессионные участки и прогибы характеризуются, соответственно, пониженными значениями. На Западно-Сибирской плите в пределах положительных структур наблюдается повышение величин плотности теплового потока на 5–20 %, по сравнению с зонами отрицательных структур, тем большее, чем больше размеры этих структур [1]. Это объясняется тем, что теплопроводность параллельно-слоистых сред существенно выше по напластованию, чем по нормали.

В работе [4] повышение теплового потока в зонах антиклинальных структур объясняется незавершенностью тепловых процессов в литосфере. В работе китайских исследователей отражен другой взгляд на данную закономерность [6]. Ученые связывают низкие тепловые потоки в отрицательных структурах с пониженной теплопроводностью песчаников и аргиллитов, выполняющих эти депрессии, в то время как положительные структуры включают более мощные толщи кристаллических пород с повышенной теплопроводностью.

Поскольку для территории исследования построена карта-схема плотности теплового потока из доюрского основания, то все геологические особенности вышележащего осадочного чехла не оказывают влияния на величину рассчитанного теплового потока. В таком случае необходимо рассматривать структуры фундамента, как фактор, влияющий на величину плотности теплового потока.

Целью настоящей работы является количественная оценка связи плотности глубинного теплового потока с глубиной положения поверхности доюрского фундамента по отражающему горизонту Φ_2 .

Известно, что на территории Западной Сибири наблюдается высокая унаследованность структур фундамента структурами осадочного чехла [5]. Структурная карта подошвы юры (рис 1Б) в большой степени отражает форму структур фундамента, поэтому для выполнения исследования использовалась именно структурная карта по отражающему горизонту Φ_2 .

Для выявления связи между плотностью глубинного теплового потока и структурами фундамента сопоставлялись величины плотности теплового потока и глубины кровли доюрского основания по отражающему горизонту Φ_2 .

Корреляционный анализ

Исследуемая территория была разделена сеткой на единичные участки (ячейки) 20 x 20 км. Для достижения оптимальной детализации исследования шаг расчетов выбран 10 км. Таким образом, сетка расчетов выполнена с перекрытием. Центру каждой ячейки было присвоено значение теплового потока и глубины по отражающему горизонту Φ_2 . Выборка для сопоставления величин составила 1400 значений.

Для выявления регрессионной зависимости и определения уравнения регрессии построим диаграмму рассеяния зависимости плотности теплового потока и глубины по отражающему горизонту Φ_2 (рис 2).

На диаграмме рассеяния видна обратная зависимость линейного характера: с увеличением глубины кровли доюрского основания плотность глубинного теплового потока уменьшается.

В связи с тем, что выборки не распределены по нормальному закону, для расчета коэффициента корреляции воспользуемся непараметрическим критерием Спирмена. Полученный коэффициент корреляции равен $r = 0,37$. При данном объеме выборки полученный коэффициент корреляции является высоко значимым.

Заключение

Таким образом, проведенный корреляционно-регрессионный анализ показывает, что между параметрами плотности глубинного теплового потока и глубиной кровли доюрского основания по отражающему горизонту Φ_2 существует обратная зависимость – получен высоко значимый коэффициент корреляции ($r = 0,37$ при $n = 1400$). Используя шкалу Чеддока можно охарактеризовать полученную связь, как умеренную.

Причины наличия такой связи пока неясны и требуют дальнейшего изучения. Однако предполагается, что положительные структуры сложены более мощной толщей кристаллических пород с высокими значениями теплопроводности и радиогенной теплогенерации.

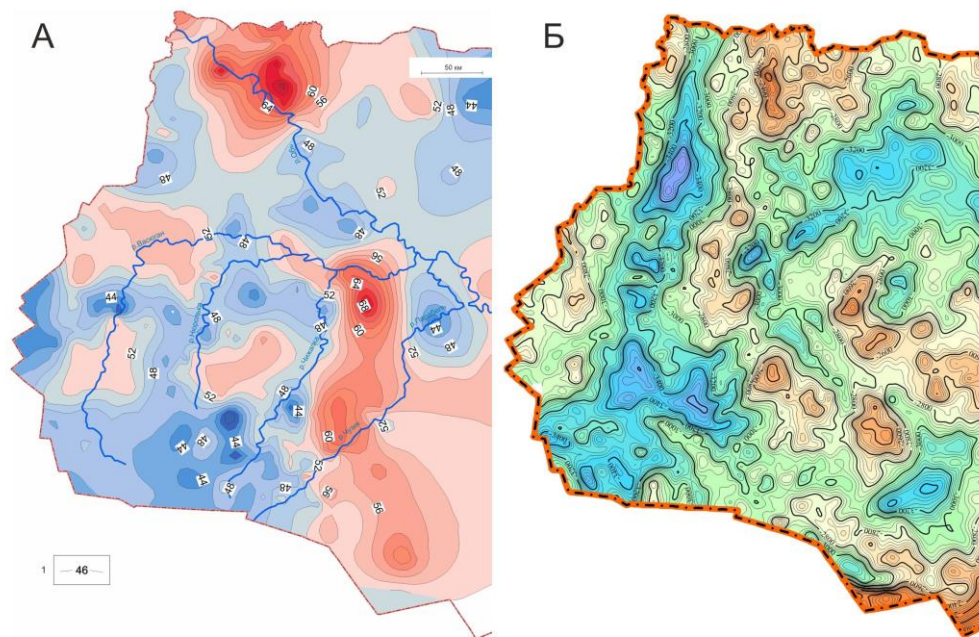


Рис. 1. Схематическая карта плотности глубинного теплового потока (А) и структурная карта по отражающему горизонту Φ_2 (подошва юры) (Б) по [3]: 1 – изолинии теплового потока, мВт/м²

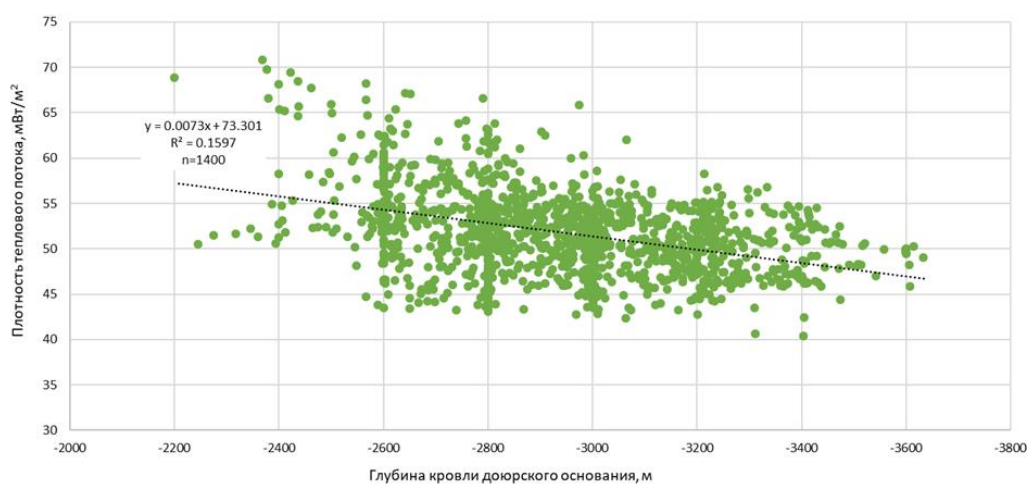


Рис. 2. Диаграмма рассеяния зависимости плотности теплового потока и глубины по отражающему горизонту Φ_2

Литература

1. Ермаков В. И., Скоробогатов В. А. Тепловое поле и нефтегазоносность молодых плит СССР. – Недра, 1986.
2. Исаев В. И. и др. Картирование теплового потока Западной Сибири (юго-восток) / Геофизический журнал. – 2021. – Т. 43. – № 6. – С. 173–195.
3. Конторович В. А. Тектоника и нефтегазоносность мезозойско-кайнозойских отложений юго-восточных районов Западной Сибири (Томская область). – 2000.
4. Курчиков А. Р. Тепловой режим нефтегазоносных областей Западной Сибири. – 1995.
5. Сурков В. С., Жеро О. Г. Фундамент и развитие чехла Западно-Сибирской плиты // Недра. – 1981.
6. Li D. et al. The thermal history in sedimentary basins: A case study of the central Tarim Basin, Western China // Journal of Asian Earth Sciences. – 2022. – Т. 229. – С. 105149.

**ТЕРМИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
НА НИЖНЕТАБАГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В АСПЕКТЕ ПРОБЛЕМЫ ИСТОЧНИКА
«ПАЛЕОЗОЙСКОЙ НЕФТИ»**

Крутенко М.Ф.

Научный руководитель профессор Исаев В.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ввиду истощения залежей нефти и газа в молодых отложениях, поиски и разведка становятся все более глубокими, ориентированными на бассейны более древнего возраста. Большой интерес в смысле перспектив нефтегазоносности вызывает Нюрольский палеозойский осадочный бассейн. Этот интерес объясняется открытием на этой территории месторождений, получением притоков нефти и газа, обнаружением признаков УВ-флюидов в керне из доюрских отложений.

Целью данной работы является моделирование термической истории потенциально нефтематеринских отложений Нюрольского палеозойского осадочного бассейна на примере Нижнетабаганского месторождения и оценка их возможности генерировать углеводороды, аккумулярованные в доюрских ловушках. Цель выбрана исходя из представлений о геотермическом режиме недр как о ведущем факторе реализации генерационного потенциала материнских отложений. Концептуально принята возможность и восходящей, и нисходящей миграции УВ-флюидов.

О территории исследования. Нижнетабаганское нефтегазоконденсатное месторождение входит в состав Чузиско-Чижапской группы месторождений. Впервые подобное исследование выполнено нами на примере скважин Останинской группы месторождений (2021). Выбор Чузиско-Чижапской группы месторождений для продолжения исследования связан с очень высокой концентрацией месторождений в доюрском нефтегазоносном комплексе (среди них Урманское, Арчинское, Нижнетабаганское, Калиновое, Кулгинское, Северо-Калиновое, Южно-Тамбаевское, Южно-Табаганское месторождения).

Нижнетабаганское месторождение расположено в пределах Чузиско-Чижапской мезоседловины промежуточной структуры II порядка, представляющей собой зону сочленения Лавровского мезовыступа, Пудинского мезоподнятия и ограниченной с северо-запада Нюрольской мегавпадиной. В доюрских образованиях залежи нефти и газа приурочены в основном к органогенным известнякам карбона-девона – резервуар внутреннего палеозоя, а также к образованиям кор выветривания. Резервуар внутреннего палеозоя представляет собой чистые массивные органогенные и доломитизированные известняки, коллекторские свойства которых определяются интенсивностью процессов вторичной переработки.

Для построения палеотемпературной модели с последующим анализом результатов моделирования были выбраны скважины Нижнетабаганские 8 и 9. Критерием отбора скважин является полнота фактической информации, включающей данные измерения пластовых температур и отражательной способности витринита (ОСВ) в юрской и доюрской частях разреза, а также сведения о притоках УВ-флюидов.

О методике исследования. На первом этапе палеотемпературного моделирования определяется плотность теплового потока из основания осадочного разреза, характеризующаяся квазипостоянным значением с юрского времени. Для этого используются в качестве «наблюденных» измерения пластовых температур, полученные при испытаниях скважин и геотемпературы, пересчитанные из ОСВ.

Динамика теплового потока во времени связана с тектоническим развитием территории исследования. Принято, что тепловой поток в доюрский период накопления осадков квазистационарный и превышает современный в 2 раза. На втором этапе с использованием измерений ОСВ в палеозойских отложениях определяется максимальный тепловой поток, связанный с активизацией мантийного суперплюма 250 млн лет назад [1]. Тепловой поток в периоды становления и угасания мантийного плюма описан с помощью математической функции, обладающей максимальной скоростью увеличения/уменьшения значения – уравнением четверти окружности. Динамика теплового потока в скважинах представлена на рисунке А и Б.

Решением прямых задач геотермии с заданным тепловым потоком восстанавливается термическая история потенциально нефтематеринских свит: баженовской (J_{3bg}), тюменской (J_{2tm}), лугинецкой (D_{3lg}), кыштовской (D_{1ks}) и ларинской (S_{1lr}) (рис.). Для оценки возможности этих свит выступать в качестве источников углеводородов (УВ) для залежей в доюрском нефтегазоносном комплексе проведем анализ периодов работы очагов генерации нефти (главная фаза нефтеобразования ГФН – 90–130 °С) и газа (главная фаза газообразования ГФГ – 130–190 °С). Принимается во внимание, что температуры, превышающие 190 °С, являются деструктивными для УВ.

Термическая история в разрезе скважины Нижнетабаганская 8. Результаты палеотемпературного моделирования (рис. А) показывают, что ларинская (S_{1lr}) и кыштовская (D_{1ks}) свиты более 100 млн лет подвергались воздействию деструктивных для углеводородов температур. Следовательно, данные свиты не могут рассматриваться как возможные источники генерации углеводородов.

Лугинецкая (D_{3lg}) свита входит в ГФГ 252 млн лет назад. В сохранившихся до настоящего времени лугинецких отложениях в период палеотемпературного максимума 250 млн лет назад температура колебалась от 159 до 248 °С. Таким образом, сохранившиеся отложения лугинецкой свиты мощностью 211 м – верхняя часть свиты, продолжали находиться в ГФГ (159–190 °С). Нижняя часть свиты мощностью 389 м испытала воздействие деструктивных температур (190–248 °С). ГФГ верхней части лугинецкой свиты (252–215 млн лет назад) завершилась незадолго до формирования коры выветривания и палеозойского резервуара (213–174 млн лет назад), поэтому можно ожидать генерацию лугинецкого газа и его частичную сохранность.

Тюменская (J_{2tm}) свита 87 млн лет назад вошла в ГФН на 85 млн лет. Все это время тюменский источник может генерировать нефть. Свита не испытывала деструктивных температур. Баженовская (J_{3bg}) свита находилась в ГФН дважды. Первый раз 20 млн лет с 62 млн лет назад. Второй раз – на протяжении 27 млн лет с 32 млн лет назад. Суммарно баженовский источник мог генерировать нефть 47 млн лет.

Термическая история в разрезе скважины Нижнетабаганская 9. Результаты палеотемпературного моделирования (рис. Б) показывают, что ларинская (S_{lr}), кыштовская (D_{ks}) и лугинецкая (D_{lg}) свиты длительное время подвергались воздействию деструктивных температур для УВ. Следовательно, данные свиты не могут рассматриваться как возможные источники генерации углеводородов.

Тюменская (J_{2tm}) свита три раза входила в ГФН. Впервые – 87 млн лет назад на 14 млн лет, второй раз – 62 млн лет назад на 20 млн лет, третий раз – 32 млн лет назад на 27 млн лет. Суммарно тюменская свита провела в ГФН 61 млн лет, поэтому может выступать в качестве источника нефти для резервуаров палеозоя. Баженовская (J_{3bg}) свита входила в ГФН дважды: первый раз – 62 млн лет назад на 20 млн лет, второй раз – 24 млн лет назад на 19 млн лет. Баженовская свита могла генерировать нефть, находясь в ГФН суммарно 39 млн лет.

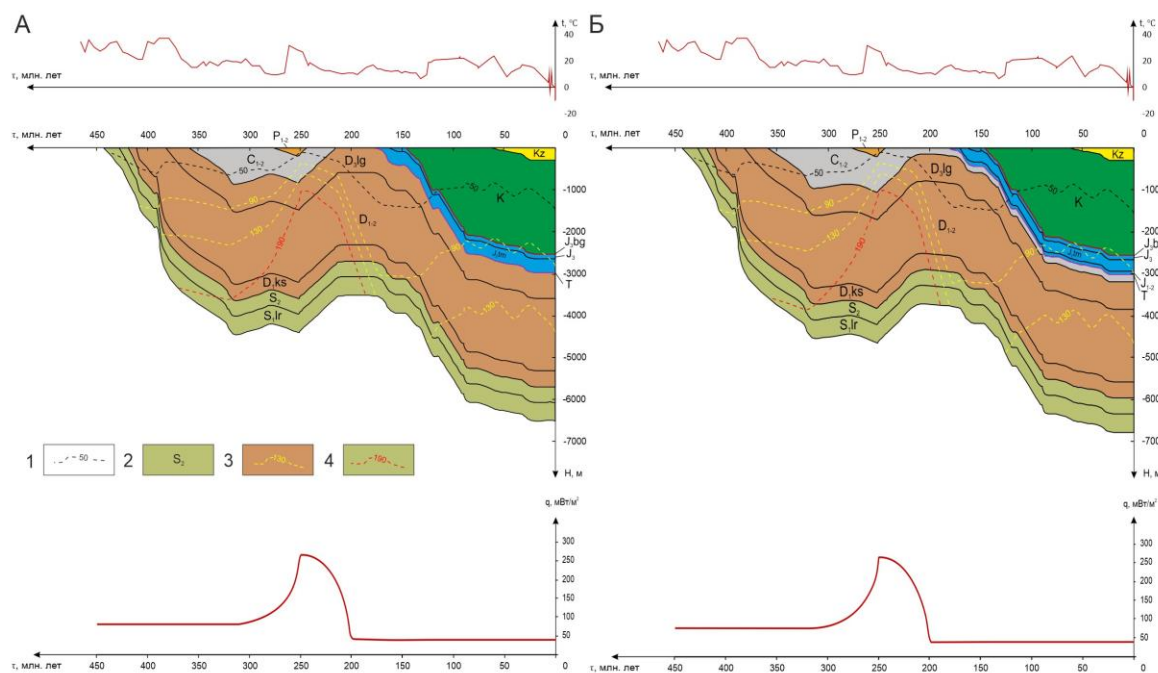


Рис. Реконструкции тектонической и термической истории в разрезе скважин: А – Нижнетабаганская 8; Б – Нижнетабаганская 9: 1 – изотерма; 2 – стратиграфический индекс отложений; 3 – изотерма граничной температуры ГФН; 4 – изотерма начала деструкции УВ. В верхней части рисунка приведен график поверхностных температур, в нижней части – динамика теплового потока

Выводы. Результаты испытаний в скважине Нижнетабаганская 8 показали, что углеводороды залежей представлены газом и пластовой водой с незначительным количеством нефти. С наибольшей вероятностью можно говорить о сохранности в доюрских резервуарах палеозойского лугинецкого газа. Источниками нефти могут быть юрские баженовская и тюменская свиты. В скважине Нижнетабаганская 9 в результате испытаний интервала коры выветривания была получена пластовая вода с пленкой нефти. С наибольшей вероятностью можно говорить о наличии признаков в резервуаре коры выветривания баженовской и/или тюменской нефти.

Таким образом, анализ термической истории потенциально нефтематеринских отложений на Нижнетабаганском месторождении показал, что источником газа для заполнения доюрских резервуаров могут выступать только палеозойские отложения, в частности лугинецкая свита в скважине Нижнетабаганская 8. При существовании неблагоприятного для генерации газа геотемпературного режима в палеозойских отложениях в скважине Нижнетабаганская 9 притоков газа из доюрских интервалов получено не было. Источниками нефти для доюрских залежей могут быть только юрские нефтематеринские отложения – тюменская и/или баженовская свиты.

Литература

1. Добрецов Н. Л. Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46. – №. 9. – С. 870-890.

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОДАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНЫ НА ПРИМЕРЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Моисеев М.В.¹

Научный руководитель ведущий инженер Яблоков А.В.^{1,2,3}

¹*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

²*Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

³*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

В работе сопоставляются результаты подавления поверхностной волны на полевых сейсмических данных с использованием стандартных подходов и нового алгоритма, основанного на временно-частотном представлении данных и методе главных компонент (SKL) [5]. Подавление поверхностной волны – необходимый этап в графе обработки данных наземной сейсморазведки и выполняется для увеличения отношения сигнал/помеха. Современными технологиями подавления поверхностных волн являются алгоритмы SWANA и SWAMI, которые реализованы в коммерческих программных пакетах «Geovation 2.0» (CGG) и «Ehos» (Paradigm). При практическом использовании SWANA [1] и SWAMI [4] демонстрируют высокую эффективность, однако имеют большой набор управляемых параметров и высокую ресурсоёмкость вычислений. Стандартные подходы фильтрации, такие как фильтр нижних частот (ФНЧ) и fk-фильтрация реализуются путем применения маски фильтра в спектральной области. При этом подбирается гладкая функция окна фильтра для достижения компромисса между уровнем вводимого шума и качеством подавления. Для ФНЧ входным параметром является граничная частота, определяющая пределы фильтрации. При fk-фильтрации пределы определяются заданием минимальной и максимальной скорости распространения поверхностной волны. В реальных сейсмических данных всегда присутствует пространственный алиасинг, который приводит к перекрытию поверхностных и отраженных волн в спектральной области. Ограничение стандартных алгоритмов состоит в невозможности создания маски фильтра, разделяющего поверхностные и отраженные волны в области их перекрытия. Применение алгоритма адаптивного вычитания на основе решения задачи минимизации разницы между наблюдаемыми данными и рассчитанной сейсмограммой поверхностной волны позволяет повысить качество фильтрации [3]. Однако простые алгоритмы адаптивного вычитания не учитывают нестационарность сейсмического сигнала и зависят от точности расчета поверхностных волн.

Учет нестационарности сейсмических данных при их обработке возможен при использовании вейвлет-преобразования Стоквелла или S-преобразования [2]. В исследовании рассматривается новый алгоритм подавления поверхностной волны с применением S-преобразования и метода главных компонент. Исходными данными являются сейсмограммы общей точки возбуждения (ОТВ), зарегистрированные в ходе наземных работ 2D сейсморазведки. На этапе предобработки сейсмограмма умножается на двумерное гладкое окно для обнуления области отсутствия поверхностных волн. Окно контролируется двумя параметрами – минимальной и максимальной скоростью. Третий входной параметр алгоритма – граничная частота, которая определяет предел фильтрации и необходима для экономии времени расчета. Алгоритм применяется отдельно для правой и левой ветви сейсмограммы ОТВ и рассчитывается сейсмограмма поверхностной волны (модель помех). Алгоритм расчета модели помех состоит из следующих основных этапов:

1. Применение S-преобразования к каждой трассе сейсмограммы ОТВ. В результате рассчитывается трехмерная комплекснозначная функция от времени, расстояния и частоты. Срез на каждой частоте этой функции называется псевдосейсмограммой.
2. Нормализация каждой трассы псевдосейсмограммы на свой максимум амплитуды (коэффициент нормализации). Выполняется для уменьшения влияния затухания сигнала.
3. Расчёт и ввод временных задержек для спрямления годографа поверхностной волны на каждой псевдосейсмограмме. Перебором групповых скоростей на каждой фиксированной частоте выполняется поиск наклона, вдоль которого достигается максимум амплитуд. Временная задержка рассчитывается в зависимости от наклона и расстояния и вводится в каждую трассу.
4. Применение СВД разложения к результату спрямления и выбор максимального сингулярного числа. Максимальное сингулярное число соответствует поверхностной волне на фиксированной частоте. С помощью собственных векторов и максимального сингулярного числа рассчитывается отфильтрованная спрямлённая псевдосейсмограмма (метод главных компонент).
5. Ввод обратной временной задержки и возврат к истинным амплитудам умножением каждой трассы на свой коэффициент нормализации.
6. Применение обратного S-преобразования и расчёт модели помех. Этапы 1–6 выполняются итерационно (до 5 итераций) для более точного расчета модели помех.
7. Адаптивное вычитание модели помех из исходных данных подбором линейно согласующихся фильтров методом наименьших квадратов.

Расчет математических операций на этапах с 2 по 5 выполняется независимо на каждой фиксированной частоте, в силу чего был ускорен путём распараллеливания вычислений на логические ядра процессора (CPU). Время расчета одной итерации алгоритма зависит от количества CPU, значения граничной частоты, количества трасс и временных отсчетов. В результате распараллеливания время вычисления одной итерации было уменьшено в 6 раз при расчете на ПК с 8 CPU.

Далее рассматривается пример апробации алгоритма на основе S-преобразования, ФНЧ с адаптивным вычитанием (BMF) и fk-фильтрацией на полевых данных 2D сейсморазведки. Данные были получены в ходе работ по методу общей глубинной точки (ОГТ) на месторождении углеводородов в Западной Сибири.

Шаг по приемникам составляет 25 м, шаг по источникам – 50 м, шаг дискретизации по времени – 2 мс. Для возбуждения упругих колебаний применялись взрывы в скважинах с массой заряда ~ 1 кг. В качестве наглядного примера выбрана сейсмограмма с наиболее прослеживаемыми целевыми отраженными волнами (рис.).

Результаты фильтрации и разностные сейсмограммы также представлены на рис. Для количественной оценки результата подавления рассчитываются отношения сигнал/шум (S/N). Красное окно соответствует целевому сигналу (отраженной волне), синее – шуму (поверхностной волне). Значение S/N на исходной сейсмограмме – 0.54, на сейсмограмме после BMF – 5.7, после f-k фильтрации – 1.5 и после SKL – 4.17. Также для сопоставления приводятся средние амплитудные спектры сейсмограмм до и после фильтрации (рис.).

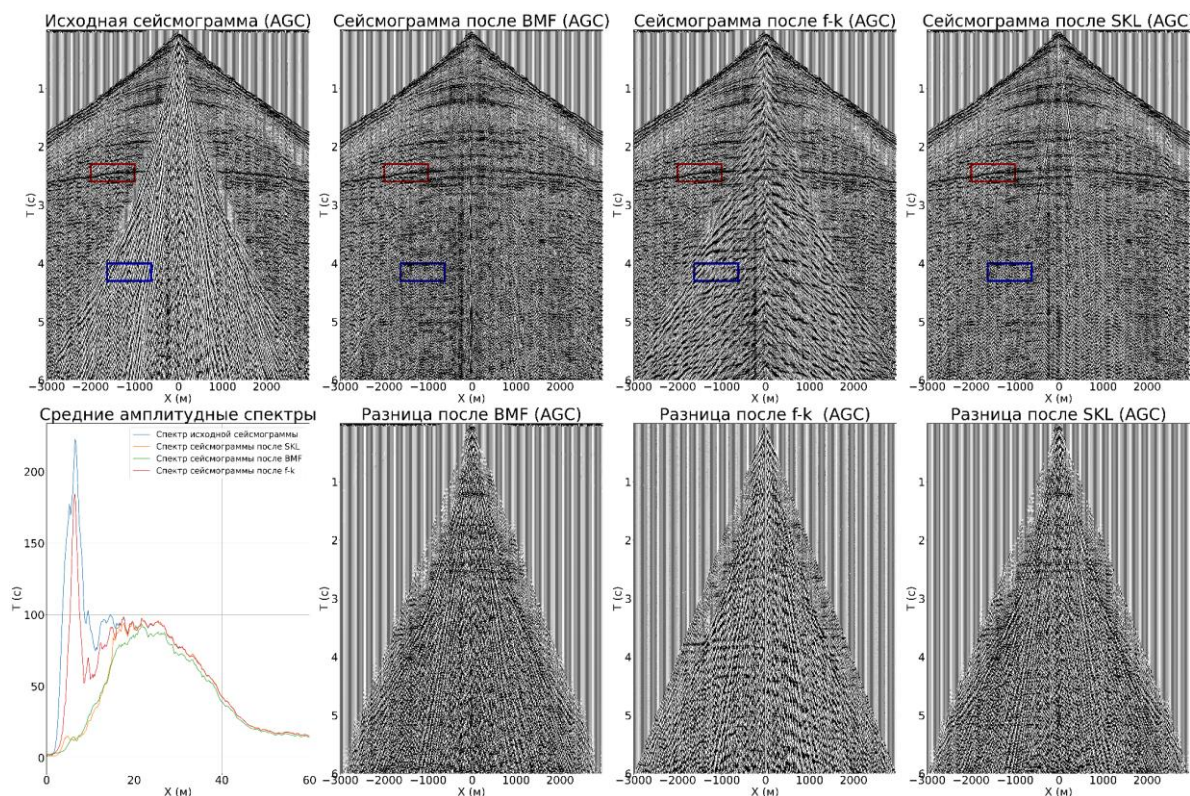


Рис. Сопоставление результатов фильтрации и средние амплитудные спектры сейсмограмм

Наибольший эффект подавления поверхностной волны имеет алгоритм BMF, однако на практике для удаления поверхностной волны этот алгоритм не применяется из-за значительного изменения уровня целевого сигнала, что наглядно видно по прослеживаемым отраженным волнам на разностной сейсмограмме после BMF. Алгоритм f-k-фильтрации за счет корректного формирования маски фильтра не затрагивает полезный сигнал, однако не способен подавлять алиасинговые поверхностные волны в области наложения частот сигнала и помехи. Неотфильтрованные поверхностные волны образуют характерную «елочную» структуру, образованную высокоскоростными алиасинговыми поверхностными волнами. Результат подавления алгоритмом на основе S-преобразования сопоставим с результатом после BMF, однако меньше изменяет полезный сигнал отраженных волн за счет выделения волн на псевдосейсмограмме, имеющих только прямой годограф в пространстве время-расстояние.

Таким образом, в работе продемонстрирован пример апробации нового алгоритма подавления поверхностных волн на основе временно-частотного анализа сейсмограмм и применения метода главных компонент при сопоставлении со стандартными подходами. Направлением дальнейшего исследования является апробация алгоритма на всей площади исследования (более 900 км²) и сопоставление с современным алгоритмом SWANA для выявления его рамок применимости и дальнейшей оптимизации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта FWZZ-2022-0017.

Литература

1. Ali K. K., Ibraheem R. K., Thabit H. A. Coherent Noise Attenuation Using AGORA Filter on 2D Seismic Data in East Diwaniya, South Eastern Iraq //Iraqi Journal of Science. – 2019. – Т. 60. – №. 5. – С. 1049-1054.
2. Askari R., Siahkoobi H. R. Ground roll attenuation using the S and x-f-k transforms //Geophysical Prospecting. – 2008. – Т. 56. – №. 1. – С. 105-114.
3. Jiao S. et al. Ground roll attenuation using non-stationary matching filtering //Journal of Geophysics and Engineering. – 2015. – Т. 12. – №. 6. – С. 922-933.

4. Strobba C. et al. Attenuation of aliased coherent noise: modelbased attenuation for complex dispersive waves //First Break. – 2011. – Т. 29. – №. 8.
5. Serdyukov A. S. Ground-roll extraction using the Karhunen-Loeve transform in the time-frequency domain //Geophysics. – 2022. – Т. 87. – №. 2. – С. A19-A24.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ПАСПОРТОВ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Рагозин И.Д.

Научный руководитель Филонов В.В.
Акционерное общество ТомскНИПИнефть, г. Томск, Россия

Для построения паспортов прочности горных пород существует два разных лабораторных метода: первый – в соответствии с ГОСТ 21153.8-88 «Породы горные. Методы определения предела прочности при объемном сжатии», второй – метод многостадийного нагружения. Первый метод требует особой подготовки трех-четырех цилиндрических образцов горной породы, отобранных с одной «геологической» точки, тогда как метод многостадийного нагружения позволяет оперативно на одном-двух образцах построить кривую, характеризующую зону упругой деформации горной породы («паспорт прочности»). В данной работе представлены результаты сравнительного исследования методов построения паспортов прочности, описанных двумя методиками: линейная аппроксимация и построение огибающей кривой. Актуальность исследования обусловлена комплексом вопросов, возникающих при отборе представительных образцов керна для изучения упруго-деформационных свойств, проведении лабораторных исследований геомеханических свойств.

Метод многостадийного нагружения позволяет уменьшить погрешность лабораторных исследований, связанную с подбором однородной коллекции, а также в случае недостаточного объема kernового материала. В соответствии с методикой осевое нагружение единичного образца происходит до границы области упругой деформации. После снятия нагрузки увеличивается давление обжима и проводится следующий цикл осевого нагружения, при этом область упругой деформации расширяется, на последнем цикле образец нагружается до предела прочности [1]. На рисунке 1 приведен пример лабораторного эксперимента с многостадийным нагружением образца при разных давлениях обжима. На графике зависимости относительной деформации от осевой нагрузки приведены значения обжима, линейные тренды, аппроксимирующие соответствующие участки графика, и значения модуля Юнга. При неупругой деформации – с накоплением дефектов/ростом зон разуплотнения – зависимость будет нарушаться.

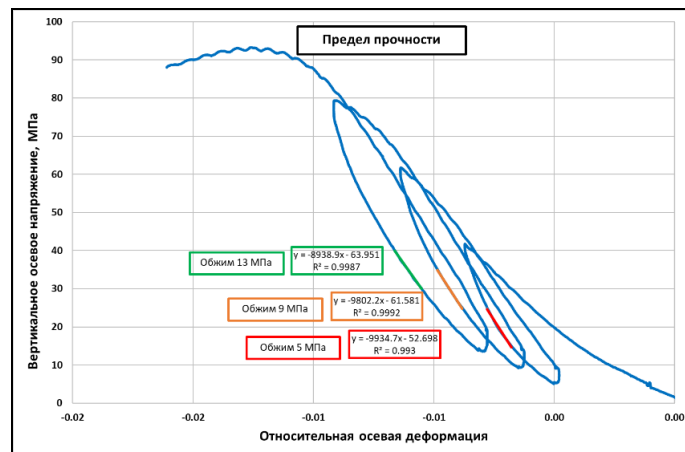


Рис. 1. Зависимость относительной осевой деформации от приложенной нагрузки на различных давлениях обжима

Для построения семейства кругов Мора, используют значения осевой нагрузки, которые характеризуют границу области упругой деформации при заданном давлении обжима. Таким образом, для построения «паспорта прочности» вместо поиска трех и более образцов с идентичными прочностными свойствами, задача сводится к выбору единичного представительного для исследуемой геомеханической фации образца керна.

По данным, полученным в результате эксперимента многостадийного нагружения, построены круги Мора-Кулона. Построенные круги описаны двумя способами: линейная аппроксимация и построение огибающей кривой.

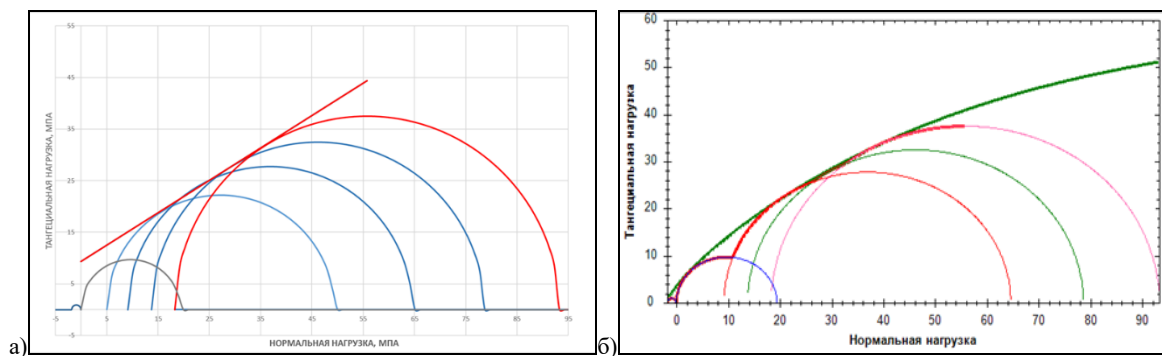


Рис. 2. Круги Мора–Кулона: а) с линейной аппроксимацией, б) с огибающей кривой

При способе линейной аппроксимации (рисунок 2, а), прямая описывает только круги, полученные при многостадийном сжатии. Результаты тестов одноосного сжатия и растяжения в данном случае находятся гораздо ниже описывающей прямой.

Способ огибающей кривой (рисунок 2, б) описывает все круги Мора–Кулона (одноосное растяжение, сжатие, многостадийное трехосное сжатие). Используя данный метод описания, получены отличные от линейной аппроксимации результаты. Функциональное представление паспорта прочности с помощью построения огибающей кривой:

$$\tau = \tau_{\max} \left(\frac{(\sigma + \sigma_p)^2}{(\sigma + \sigma_p)^2 + A^2} \right)^{3/8}$$

где σ – нормальная нагрузка, МПа; τ – тангенциальная нагрузка, МПа; σ_p – предел прочности при разрыве образца, МПа; $\tau_{\max}$, A – параметры паспорта прочности.

Таблица

Значения углов внутреннего трения (ϕ_{line} –линейная аппроксимация, ϕ –огибающая) и когезии (C_{line} –линейная аппроксимация, C –огибающая) для 8 образцов, полученных двумя методами

Номер образца	ϕ_{line}	ϕ	C_{line}	C
1	32,13	36,25	9,31	3,47
2	18,76	26,30	10,45	1,90
3	23,41	28,21	8,36	2,58
4	25,54	30,56	10,28	3,87
5	26,08	29,45	7,24	3,16
6	30,73	34,66	6,83	3,84
7	15,87	26,62	11,71	2,86
8	36,91	39,65	10,23	6,78

Углы внутреннего трения рассчитаны в точке, где касательная пересекает последний круг. Из таблицы видно, что значения углов, построенные методом линейной аппроксимации, ниже в сравнении с методом огибающей кривой, но разница незначительна. Анализируя полученные данные по когезии, стоит отметить, что результаты двух методов отличаются в несколько раз и большие значения получены при методе линейной аппроксимации.

Сравнительные исследования методов построения паспортов прочности показывают, что при построении паспорта прочности с использованием многостадийного трехосного сжатия важно учитывать тест на одноосное сжатие и растяжение, поскольку расчетные круги не отражают истинные значения пределов прочности.

Значения углов трения, полученных методом линейной аппроксимации, незначительно ниже в сравнении с методом огибающей кривой. Результаты данных по когезии отличаются в несколько раз и большие значения получены при линейной аппроксимации.

Несмотря на расхождения в параметрах паспортов прочности, их можно уверенно использовать для построения 1D-геомеханической модели.

Литература

1. Зобак М. Д. Геомеханика нефтяных залежей //Ижевск: АНО «Ижевский институт компьютерных исследований. – 2018.

IONOSPÄRISCHE WIRKUNG DES KATASTROPHEN ERDBEBEN IN DER TÜRKEI AM 6. FEBRUAR 2023

Riabova S.A.^{1,2}

¹*Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moskau, Russland*

²*Schmidt Institute of Geosphere Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences,
Moskau, Russland*

Neuere Studien belegen überzeugend die Existenz einer Beziehung zwischen den Geosphären. Insbesondere manifestiert es sich in Beziehungen zwischen Lithosphäre, Atmosphäre, Ionosphäre und Magnitosphäre [5, 6]. Starke Erdbeben sind eine Störungsquelle geophysikalischer Felder [1, 2].

Die Untersuchung von Variationen in geophysikalischen Feldern, die durch seismische Ereignisse verursacht werden, ist von erheblichem Interesse, um ihre internen Mechanismen und Muster ihrer Entwicklung zu verstehen. Außerdem enthalten Variationen geophysikalischer Felder sehr wichtige Informationen, die für die Entwicklung von Modellen ihrer Wechselwirkung und Transformation und im Allgemeinen für die Feststellung der Natur und Mechanismen intergeosphärischer Wechselwirkungen erforderlich sind. Daher wird die Untersuchung der Auswirkungen von Erdbeben auf die Ionosphäre von Wissenschaftlern aus verschiedenen Ländern aktiv durchgeführt [3, 4, 8]. Zunächst wurde die Analyse von Daten von ionosphärischen Vertikalsondierungsstationen durchgeführt.

Infolge der Katastrophe starben in der Türkei über 47975 Menschen, in Syrien 8476 Menschen und Zehntausende weitere wurden verletzt. Das Erdbeben gilt als das stärkste in der Türkei seit dem Erdbeben von 1939 in Erzincan. In Bezug auf die Tödlichkeit derjenigen, die sich in dem von der modernen Türkei besetzten Gebiet ereigneten, ist es nach dem Erdbeben in Kilikien im Jahr 1268 an zweiter Stelle.

Die Türkei liegt in einer der aktivsten seismischen Zonen der Welt. Das Gebiet, in dem sich das Erdbeben ereignete, liegt am Schnittpunkt von drei tektonischen Platten: der anatolischen, der arabischen und der afrikanischen. Die Arabische Platte bewegt sich nach Norden und drängt die Anatolische Platte (die den größten Teil der Türkei enthält) nach Westen. Die Bewegung der Platten erzeugt Druck auf die Störungszonen zwischen ihnen. Die plötzliche Freisetzung der gespeicherten Energie dieses Drucks verursacht Erdbeben.

Das Erdbeben ereignete sich im Shahitkamil-Gebiet von Gaziantep nahe der Grenze zu Syrien in einer Tiefe von 17,9 Kilometern um 04:17 Uhr Ortszeit (01:17 UT). Seine Stärke betrug 7.8. Das Erdbeben war in 10 türkischen Provinzen zu spüren.

Um die Reaktion der Ionosphäre auf das betrachtete Ereignis zu bestimmen, wurde eine Analyse der Variation der kritischen Frequenz der F2-Schicht der Ionosphäre an den Stationen Athen und Nikosia für den 6. Februar 2023 durchgeführt. Jedes Ionogramm wurde nach der URSI-Methode [9] manuell bearbeitet und interpretiert. Als Ergebnis wurden digitale Datenreihen mit einer Diskretisierung von 5 min gebildet.

Die ionosphärische Wirkung des Hauptschocks während des betrachteten Zeitraums ist in Abb. in Form von Variationen der kritischen Frequenz f_0F_2 gemäß den Daten der Bodensondierungsstation Athen dargestellt. Aus Abb. geht hervor, dass das seismische Ereignis von ~01:35 bis ~04:55 UTC (Periode ~ 10–15 min, maximale Amplitude ~ 1,5 MHz) ausgeprägte langfristige Wechselschwankungen der kritischen Frequenz f_0F_2 verursachte. Solche Anomalien sind wahrscheinlich mit der Ausbreitung langsamer magnetohydrodynamischer (MHD) Wellen verbunden, die in der Ionosphäre durch einen akustischen Impuls nach Erdbeben angeregt werden [7].

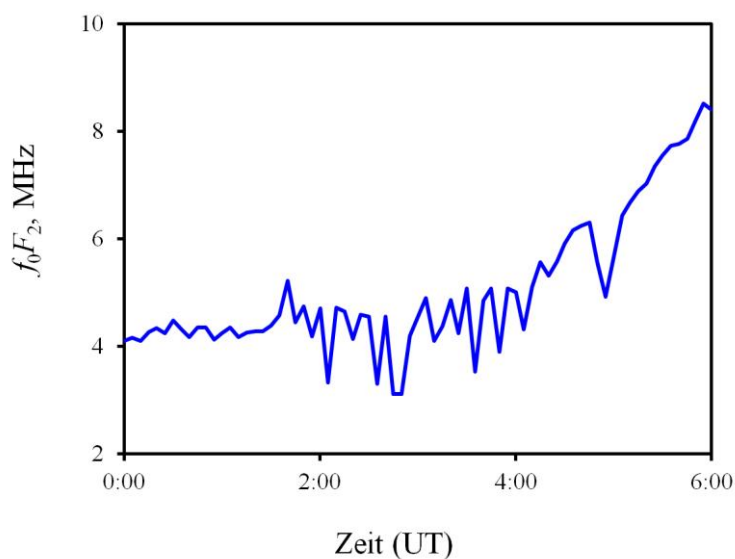


Abb. Variationen der kritischen Frequenz der F2-Schicht der Ionosphäre für den 6. Februar 2023 an der Ionosphärischen Messstation Athen

Finanzierungsquelle. Die Studien wurden im Rahmen der staatlichen Aufgabe des IDG RAS Nr. 1220329000185-5 „Manifestation von Prozessen natürlichen und technogenen Ursprungs in geophysikalischen Bereichen“ und im Rahmen der staatlichen Aufgabe des IPE RAS durchgeführt.

Literatur

1. Adushkin, V.V. et al. Geomagnetic effects of natural and technogenic processes. / – M.: GEOS, 2021. – 264 p.
2. Adushkin V. V., Spivak A. A. Impact of Natural Extreme Events on Geophysical Fields in the Environment //Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2021. – T. 57. – C. 583-592.
3. Ganguly N. D. Atmospheric changes observed during April 2015 Nepal earthquake //Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2016. – T. 140. – C. 16-22.
4. Jin S., Han L., Cho J. Lower atmospheric anomalies following the 2008 Wenchuan Earthquake observed by GPS measurements //Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2011. – T. 73. – №. 7-8. – C. 810-814.
5. Mehdi S., Shah M., Naqvi N. A. Lithosphere atmosphere ionosphere coupling associated with the 2019 M w 7.1 California earthquake using GNSS and multiple satellites //Environmental Monitoring and Assessment. – 2021. – T. 193. – C. 1-13.
6. Liperovsky V. A. et al. Physical models of coupling in the lithosphere-atmosphere-ionosphere system before earthquakes //Geomagnetism and Aeronomy. – 2008. – T. 48. – C. 795-806.
7. Riabova S. A., Shalimov S. L. Geomagnetic Variations Observed on the Earth's Surface and Associated with Strong Earthquakes //Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2022. – T. 58. – №. 4. – C. 469-483.
8. Kiyani A. et al. Seismo ionospheric anomalies possibly associated with the 2018 Mw 8.2 Fiji earthquake detected with GNSS TEC //Journal of Geodynamics. – 2020. – T. 140. – C. 101782.
9. URSI Guidelines for Interpretation and Processing of Ionograms. / Edited by P.V. Mednikova. – M.: Science. 1977. – 342 p.

**ENGER GEOMAGNETISCHER EFFEKT DER PAROXYSMALEN AKTIVITÄT DES VULKANS
STROMBOLI AM 9. OKTOBER 2022**

Riabova S.A.^{1,2}

¹*Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics of Russian Academy of Sciences, Moskau, Russland*

²*Schmidt Institute of Geosphere Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences,
Moskau, Russland*

Vulkanausbrüche werden von zahlreichen geophysikalischen Effekten begleitet, die im explosiven Stadium der vulkanischen Aktivität am ausgeprägtesten sind. Neben starken lokalen Störungen der Atmosphäre durch einen scharfen Ausstoß eines Gemisches aus Gasen und pyroklastischem Material, was insbesondere zur Bildung atmosphärischer Wellen führt, werden auch magnetische und atmosphärisch-elektrische Effekte beobachtet [2, 4, 5].

Atmosphärische Wellen und die Elektrifizierung einer Eruptionswolke bestimmen die komplexe Natur der Auswirkungen von Vulkanausbrüchen auf die Umwelt. Die Untersuchung der durch Vulkane verursachten Variationen physikalischer Felder ist von besonderem Interesse sowohl im Hinblick auf die Erweiterung des Verständnisses und des Verständnisses der Mechanismen von Phänomenen und Prozessen, die Vulkanausbrüche begleiten, als auch im Hinblick auf die Bewertung und Vorhersage ihrer Umgebung Folgen.

Dieses Papier betrachtet den geomagnetischen Effekt, der durch die Aktivität des Vulkans Stromboli am 9. Oktober 2022 verursacht wurde.

Vulkan ~900 m über dem Meeresspiegel liegt im südlichen Teil des Tyrrhenischen Meeres (geografische Koordinaten: 38.79° N, 15.21° E) etwa 75 km nördlich der Insel Sizilien. Stromboli ist die nördlichste Insel des Äolischen Archipels. Er stellt den Gipfel eines großen zusammengesetzten Vulkans dar, der sich in den letzten 100 ka gebildet hat und sich etwa 2.6 km über den Meeresboden erhebt [3, 10].

Das vulkanische Verhalten von Stromboli wurde als Paradigma für eine der wichtigsten Arten von Vulkanausbrüchen akzeptiert, die allgemein als "Stromboli-Aktivität" bezeichnet wird. Dies ist eine ständige Aktivität, die aus regelmäßigen Explosionen mit geringer Leistung besteht, die alle 15–20 Minuten auftreten und einige Sekunden dauern. Typische Explosionsprodukte sind glühende Materialien, Asche und Blöcke, die zehn bis hundert Meter über die Krater geschleudert werden können [6].

Der Vulkan Stromboli ist regelmäßig aktiv. Der letzte starke Ausbruch in Form eines Wechsels von zwei Explosionen und starken Böen dazwischen ereignete sich im Juli–August 2019 [1, 9].

Laut dem Bulletin des Nationalen Instituts für Geophysik und Vulkanologie Italiens (INGV) Nr. 41/2022 vom 11. Oktober 2022 [7] nahm die Amplitude des vulkanischen Bebens ab 06:24 UT und wurde auf hohem Niveau beobachtet Zwischen 10 und 11 UT und gegen 16:30 UT am 09. Oktober 2022 um 09:22 LT (07:22 UT) verzeichnete das Überwachungssystem einen ins Meer absteigenden pyroklastischen Strom und der anschließende Einsturz eines Teils des Kraterandes.

Bei der Analyse des durch den Vulkanausbruch verursachten Magneteffekts haben wir auch die Daten von Magnetmessungen verwendet, die an den INTERMAGNET-Observatorien [8] und dem italienischen Netzwerk von Magnetstationen durchgeführt wurden [7], die sich in unterschiedlichen Entfernungen vom Vulkan Stromboli befinden. Geografische Koordinaten und die Entfernung vom Observatorium zum Vulkan sind in Tabelle dargestellt.

Табела

Geomagnetischer Überwachungspunkt

Stationscode	Breite	Längengrad	Entfernung, km
GLA	37.71	14.57	~138
DUR	41.39	14.28	~317
LMP	35.52	12.55	~462
LON	45.41	16.66	~744
PEG	38.1	23.9	~759
GCK	44.63	20.77	~790
PAG	42.50	24.18	~863
THY	46.90	17.89	~926
EBR	40.96	0.33	~1291
LVV	49.9	23.75	~1408
DOU	50.1	4.6	~1510
BEL	51.84	20.79	~1514

Es sei darauf hingewiesen, dass die Zeit der instrumentellen Beobachtungen durch eine eher ruhige magnetische Situation und das Fehlen signifikanter lokaler atmosphärischer Störungen gekennzeichnet war, was die Untersuchung des durch einen Vulkanausbruch verursachten geomagnetischen Effekts erheblich vereinfachte.

Eine Analyse der Daten magnetischer Messungen zeigt, dass das aktive Stadium des Vulkanausbruchs von Schwankungen des Erdmagnetfelds begleitet wurde, und zwar in beträchtlicher Entfernung vom Vulkan.

Bei der Durchführung dieser Studien wurde gezeigt, dass sich geomagnetische Anomalien gut in der horizontalen Komponente des Erdmagnetfelds manifestieren. Während der explosiven Phase des Stromboli-Ausbruchs am 9. Oktober 2022 um etwa 06:40 UTC – 07:40 UTC wurden deutliche Änderungen der geomagnetischen Feldvariationen in Form einer negativen Bucht beobachtet, die durch vorzeichenwechselnde Variationen kompliziert war.

Finanzierungsquelle. Die Studien wurden im Rahmen der staatlichen Aufgabe des IDG RAS Nr. 1220329000185-5 „Manifestation von Prozessen natürlichen und technogenen Ursprungs in geophysikalischen Bereichen“ und im Rahmen der staatlichen Aufgabe des IPE RAS durchgeführt.

Literatur

1. Spivak A. A. et al. Acoustic, Magnetic, and Electric Effects of Stromboli Volcano Eruption, Italy, in July–August 2019 // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. – 2020. – T. 56. – C. 708-720.
2. Firstov P. P. et al. Atmospheric electric effects during the explosion of Shiveluch volcano on November 16, 2014 // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. – 2017. – T. 53. – C. 24-31.
3. Tibaldi A. et al. Deformation at Stromboli volcano (Italy) revealed by rock mechanics and structural geology // *Tectonophysics*. – 2003. – T. 361. – №. 3-4. – C. 187-204.
4. James M. R., Lane S. J., Gilbert J. S. Volcanic plume electrification: Experimental investigation of a fracture-charging mechanism // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2000. – T. 105. – №. B7. – C. 16641-16649.
5. Mather T. A., Harrison R. G. Electrification of volcanic plumes // *Surveys in Geophysics*. – 2006. – T. 27. – C. 387-432.
6. Rosi M., Bertagnini A., Landi P. Onset of the persistent activity at Stromboli volcano (Italy) // *Bulletin of volcanology*. – 2000. – T. 62. – C. 294-300.
7. Site of the International INTERMAGNET network [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.intermagnet.org>.
8. Site of the Italian National Institute of Geophysics and Volcanology [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ct.ingv.it>
9. Spivak A. A., Riabova S. A. Magnetic and electrical effects of the explosive stage of the Stromboli volcanic eruption (July 3, 2019, Italy) // *Doklady Earth Sciences*. – Pleiades Publishing, 2020. – T. 493. – C. 526-529.
10. Pasquarè G. et al. Structure and geologic evolution of the Stromboli volcano, Aeolian Islands, Italy // *Acta Vulcanologica*. – 1993. – T. 3. – C. 79-89.

О ПРИРОДЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ОРУДЕНЕНИЯ ЗОЛОТО-МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ТИПА СИХОТЭ-АЛИНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ Федоров В.Г.

Научный руководитель доцент Колмаков Ю.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Понийский перспективный участок находится в Комсомольском районе Хабаровского края в пределах Приамурской вулcano-плутонической зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы.

В формировании осадочного чехла на площади участвуют терригенно-осадочные породы горнопротокской свиты, сложенные туфогенными алевритами и песчаниками.

Главным тектоническим нарушением является Понийский разлом, по которому происходило внедрение магматических расплавы во вмещающие породы с формированием интрузивных тел и последующее развитие вторичных изменений по магматическим и осадочным породам.

Интрузивные тела относятся к нижнеамурскому интрузивному комплексу, в составе которого выделяют две фазы внедрения: 1-ая – монцитониты; 2-ая – кварцевые диориты и кварцевые диорит-порфиры [2].

Золото-медная минерализация связана с кварцевыми диорит-порфирами второй фазы [2], которые также проявлены и на крупнейшем Малмыжском месторождении медно-порфирового типа [1], расположенном в 70 километрах к юго-западу от Понийского участка.

Оруденение тяготеет к наиболее ранним метасоматитам с магнетитовой минерализацией, развитым как по диорит-порфирам, так и по вмещающим осадочным породам.

Интрузивные тела кварцевых диорит-порфиров на исследуемой площади классифицируются как рудопроявления Медное, Ольховое, Грибное и Борхи Тонкая. Средние содержания золота по рудным телам варьируются от 0,2 до 0,5 г/т, сопоставимые с промышленным содержанием на Малмыжском месторождении [2].

При детальном изучении отобранных образцов с рудопоявлениями было установлено, что в породах, к которым приурочена золото-медная минерализация, отмечается присутствие магнетита и пирротина, благодаря чему дайковые тела кварцевых диорит-порфиров выделяются высокими положительными магнитными аномалиями интенсивностью от первых до многих сотен нТл на фоне немагнитных терригенно-осадочных пород [2].

Интрузивные тела диорит-порфиров на карте графиков магнитного поля имеют «спокойные» аномалии с пологими максимумами, а аномалии разрывных нарушений по вмещающим породам с сопутствующей метасоматической магнетитовой минерализацией с золото-медным оруденением имеют более резкую пикообразную форму.

Как правило рудные тела кварцевых диорит-порфиров (в данном случае рудное тело М-1) располагаются в зоне близких к нулевым и даже отрицательным значениям магнитного поля на фоне окружающих интенсивных, резких аномалий. Их размагничивание, обусловлено замещением более раннего магнетита обильной сульфидной (пирит, халькопирит) минерализацией, с которой связано золото-медное оруденение.

Используя методы ГИС, можно совершенно четко выделять интрузивные тела кварцевых диорит-порфиров и метасоматитов по ним на фоне вмещающих терригенно-осадочных пород.

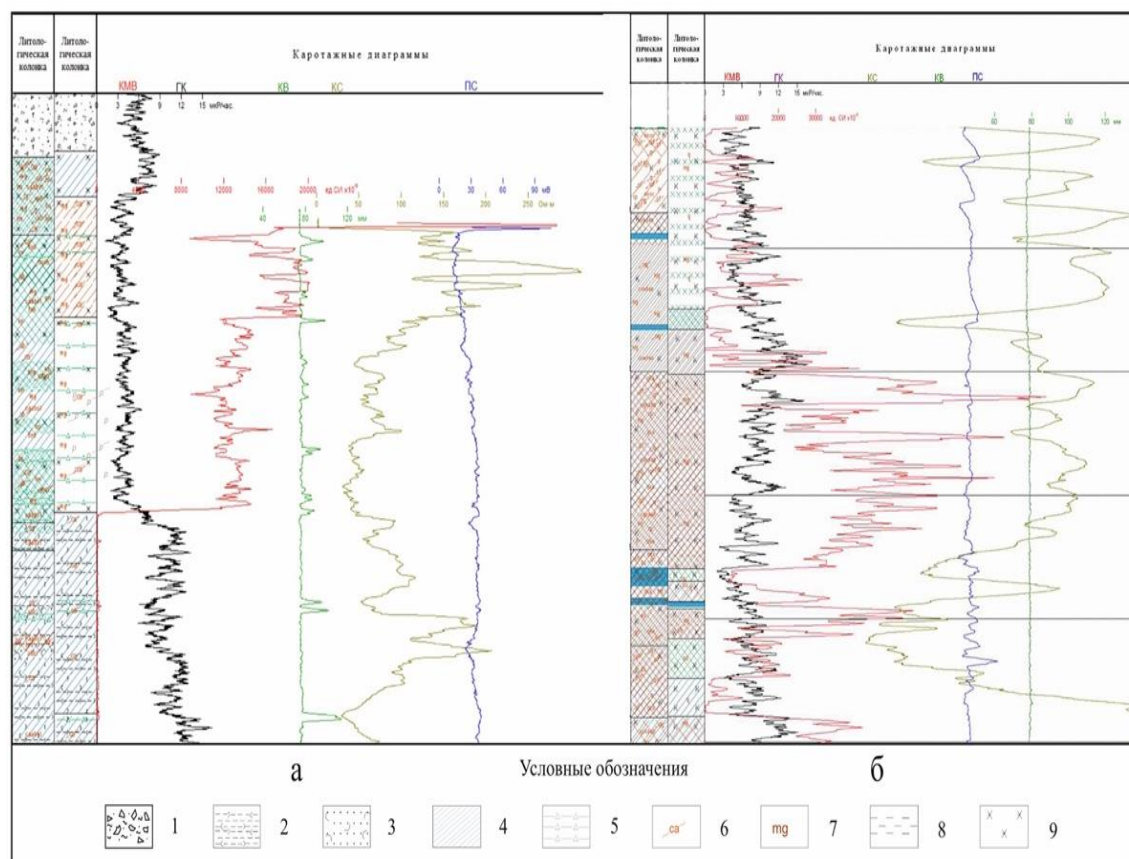


Рис. Проявление кварцевых диорит-порфиров и магнетитовых карбонат-альбит-слюдистых метасоматитов (а) и рудных интервалов (б) на картажных диаграммах [2]: 1 – делювиальные отложения; 2 – туфогенные алевролиты; 3 – туфогенные песчаники; 4 – карбонат-альбит-слюдистые метасоматиты по диорит-порфирам; 5 – зона дробления; 6 – карбонатные прожилки; 7 – магнетитовые прожилки; 8 – алевролиты; 9 – кварцевые диорит-порфиры

Проявленные по кварцевым диорит-порфирам безрудные карбонат-альбит-слюдистые метасоматиты с обильной прожилковой магнетитовой минерализацией (рис. а) контрастно выделяются на фоне вмещающих туфогенных алевролитов:

- резкими, местами ураганскими вплоть до $80000 \cdot 10^{-5}$ ед СИ, аномалиями магнитной восприимчивости на фоне немагнитных вмещающих пород;
- сравнительно узким диапазоном значений мощности экспозиционной дозы 6–9 мкР/ч на фоне высоко радиоактивных алевролитов;
- анализ диаграмм ГИС на Понийской площади позволил выявить следующие признаки оруденелых кварцевых диорит-порфиров;
- чрезвычайно высокая неоднородность по магнитной восприимчивости (от первых сотен до ста и более тысяч $\cdot 10^{-5}$ ед. СИ по КМВ), обусловленная развитием более поздней пирит-халькопиритовой минерализации с золотом по магнетиту кварцевых диорит-порфиров и карбонат-альбит-слюдистых метасоматитов (рис. б);
- повышенная до 16–18 мкР/ч МЭД что, вероятно, обусловлено привнесом радиоактивных элементов на рудном этапе.

Зоны интенсивной прожилковой сульфидной минерализации можно также выделить по резким пилообразным аномалиям ПС, но в остальных случаях с преобладающей по разрезу рассеяно-вкрапленной минерализацией данный метод не эффективен.

Зонам дробления и трещиноватости свойственно существенное снижение удельного электрического сопротивления.

Участки прожилкового окварцевания приводят к понижению радиоактивности и заметному увеличению кажущегося сопротивления пород.

Установленный по результатам ГИС факт полутора-двукратного увеличения МЭД в рудных интервалах позволяет рекомендовать метод гамма-спектрометрии в комплекс наземных поисково-разведочных работ. Обогащение РАЭ участков с пониженными значениями ΔT , проявленных среди высокомагнитных неоднородностей кварцевых диорит-порфиров, будет дополнительным геофизическим признаком перспективности этих участков на золото-медное оруденение.

Литература

1. Шумилин Д. А. и др. Геологическое строение, магматизм и минерализация среднеамурского золото-меднопорфирового рудного района // Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов-от прогноза к добыче. – 2020. – С. 219–221.
2. Поисковые работы на золото-кварцевое и золото-меднопорфировое оруденение на Понийском перспективном участке (Хабаровский край). Ч.1 / Госконтракт № 3/2016 от 02 августа 2016 г. – М.: АО «Росгеология», 2018. – 306 с.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РАДИУСА РАСТЕПЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Шелемехова С.Д., Любимый Е.В., Смоляков Д.Д.

Научный руководитель профессор Половников В.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Процессы теплопереноса при растеплении многолетнемерзлых пород являются предметом исследования во многих приложениях, в том числе и при работе скважин [1, 2, 5]. В работах, подобных [1, 2, 5], описываются различные аспекты эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Исследований, посвященных растеплению многолетнемерзлых пород при эксплуатации геотермальных скважин в РФ, в настоящее время не опубликовано. Очевидные различия в эксплуатации нефтегазовых и геотермальных скважин обосновывают необходимость проведения подобных исследований.

Цель работы – численное моделирование процессов теплопереноса при формировании радиуса растепления многолетнемерзлых пород при эксплуатации наиболее типичных геотермальных скважин в Восточной Сибири.

В качестве объекта исследования выбрана геотермальная скважина типичной конструкции: металлическая труба и цементные колонны, кондуктор и направления. Схема области решения рассматриваемой задачи приведена на рис. 1.

Предполагается, что до начала работы рассматриваемого объекта в области решения поддерживается фиксированная температура. Высокотемпературный энергоноситель нагревает рассматриваемую систему (конструкцию скважины и окружающие ее породы). При этом происходит растепление многолетнемерзлых пород. Предполагается, что на протяжении всего периода эксплуатации на внутренней поверхности металлического трубопровода температура имеет постоянное значение. Анализ тепловых потоков от геотермальной скважины сводится к решению нестационарной задачи теплопроводности для области решения, показанной на рис. 1.

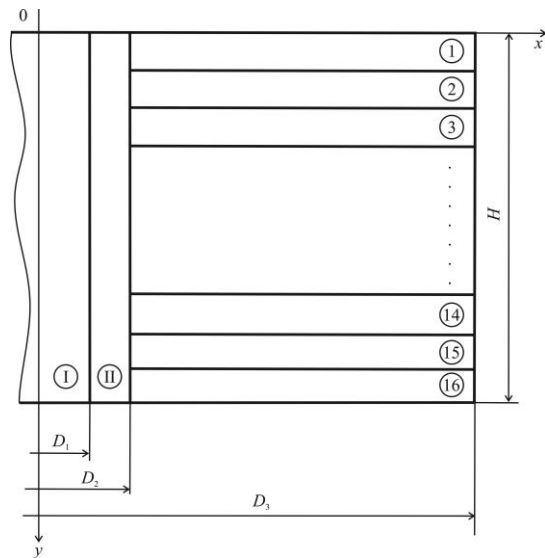


Рис. 1. Схематическое изображение рассматриваемого объекта:
I – трубопровод; II – цементные элементы скважины; 1 – 16 – слои породы [4]

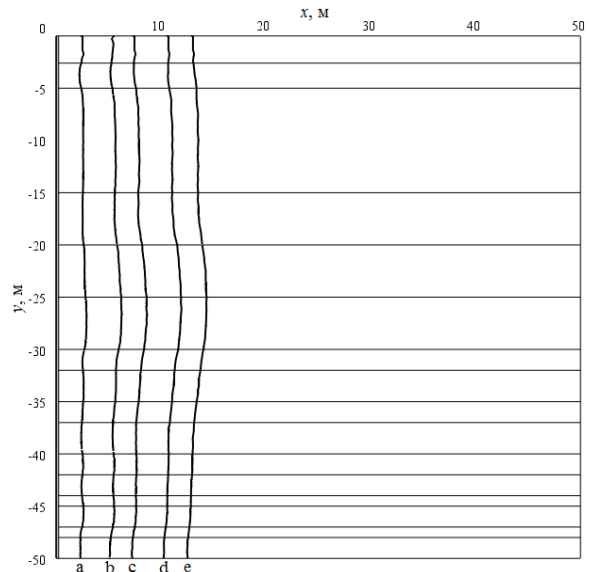


Рис. 2. Изотермы 273,15 K при $T_1 = 323,15$ K:
a – 1 год; b – 5 лет; c – 10 лет; d – 20 лет; e – 30 лет

Основные допущения, принятые при постановке задачи, состоят в следующем:

1. Теплофизические свойства, использовавшиеся при проведении численного моделирования, имеют постоянные значения.
2. На существенном расстоянии от скважины (50 м) температура разогретых пород имеет постоянное значение.
3. Для рассматриваемой задачи реализуются условия идеального теплового контакта.
4. Процессы переноса массы (рис. 1) не рассматриваются.

Постановка задачи (уравнения теплопроводности и соответствующие им краевые условия) аналогичны описанным в [4]. При решении рассматриваемой задачи использовались метод конечных разностей и метод простых итераций [3, 6]. Задача решена на неравномерной разностной сетке (координатный шаг: от 0,1 до 10 мм). Геометрические параметры ($D_1 = 0,073$ м; $D_2 = 0,53$ м; $D_3 = 50$ м, $H = 50$ м) соответствовали типичной конструкции геотермальной скважины (рис. 1).

Начальная температура, в рассматриваемой области решения, принималась равной температуре пород (272,15). Температура прокачиваемого энергоносителя в трубопроводе T_1 составляла от 298,15 K до 373,15 K.

Теплофизические характеристики, использовавшиеся при проведении моделирования, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Теплофизические характеристики

Материал	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Теплоемкость, Дж/(кг·К)	Плотность, кг/м ³
Труба	46,1	310	5240
Цемент	0,99	1900	1830
Порода	1,6	870	3050

Результаты исследования радиуса растепления многолетнемерзлых пород приведены на рис. 2 и в табл. 2. Исследования выполнены для 30 лет непрерывной работы геотермальной скважины. При численном анализе исследовалось влияние нестационарности процессов теплопереноса в рассматриваемой системе.

Результаты численного моделирования позволили сделать вывод об ожидаемом увеличении радиуса растепления с течением времени и его зависимости от температуры энергоносителя T_1 . Значения радиусов растепления пород/грунтов в рассматриваемой области решения, приведенные в табл. 2, позволяют сделать вывод о том, что они могут достигать существенных значений (12–17 метров).

Таблица 2

Максимальный радиус растепления пород в рассматриваемой области решения

T_1 , K	373,15	348,15	323,15	298,15
Максимальный радиус растепления, м	16,93	15,89	14,36	11,68

Полученные результаты позволяют обоснованно выбирать расстояния между соседними геотермальными скважинами, эксплуатируемыми в многолетнемерзлых породах. Сетка размещения

геотермальных скважин, основанная на подобных расчетах, будет способствовать оптимизации затрат на строительство площадок.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда (проект № 23-29-00464).

Литература

1. Гасумов Р. А. и др. Расчет изотермического фронта протаивания многолетнемерзлой породы по данным, полученным при проводке скважины // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – №. 2. – С. 20-22.
2. Горелик Я. Б., Шабаров А. Б., Сысоев Ю. С. Динамика протаивания мерзлых пород в зоне влияния двух скважин // Криосфера земли. – 2008. – Т. 12. – №. 1. – С. 59-65.
3. Пасконов, В.М. Численное моделирование процессов тепло – и массообмена – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 288 с.
4. Половников В. Ю., Цыганкова Ю. С. Радиус растепления многолетнемерзлых пород при эксплуатации нефтяных скважин в Восточной Сибири // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – №. 1. – С. 38-43.
5. Полозков К. А. Выбор расстояний между кустовыми добывающими скважинами в зонах ММП // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2008. – №. 3. – С. 21-29.
6. Самарский А. А. Теория разностных схем. – 1977.

С Е К Ц И Я 4

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА (ЛУСИ) В СИДОАРДЖО, ВОСТОЧНАЯ ЯВА, ИНДОНЕЗИЯ

Адьякса И.П.

Научный руководитель профессор Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сидоарджо – город, известный как родина крупнейшего в мире грязевого вулкана под названием Луси (Lusi – сокращение сочетания характеристики Lumpur – «грязь» и географической привязки – округ Сидоарджо). Возникновение этого грязевого вулкана началось 29.05.2006 г., что было вызвано: 1) техногенными воздействиями на горно-геологические условия при бурении геологоразведочных скважин для поиска газа; работа выполнена РТ Lapindo Brantas, 2) воздействием землетрясения магнитудой 6,3 в Джокьякарте, Центральная Ява и 3) естественными геотермальными процессами (ближайший вулкан Арджуно-Велиранг находится менее чем в 15 км от рассматриваемого района).

Существование Луси в Сидоарджо оказывает влияние на условия окружающей среды, одним из которых является состояние воды. Грунтовые воды являются основным источником воды для жителей Сидоарджо из-за неработающей полностью централизованной системы водоснабжения. Таким образом, целью данного исследования является оценка качества грунтовых вод Сидоарджо. Объектом исследования являются подземные воды в районах Тангулангин и Поронг.

В течение января и февраля 2022 г. в подрайоне Тангулангин (сельское поселение Кеденсари) был проведен отбор пяти проб (А 1–А 5) подземной воды из колодцев из слоя, расположенного в среднем на глубине 6 м от поверхности; 5 проб (В 1–В 5) – в подрайоне Поронг округа Сидоарджо в конце засушливого периода, 2 октября 2022 г. (рис. 1). В пробах А 1–А 5 определены мутность (нефелометрия), содержания Cl^- (аргентометрия), Na^+ (атомно-абсорбционная спектрометрия с пламенной атомизацией) и SO_4^{2-} (турбидиметрический метод), в полевых условиях измерены температура воды и pH (потенциометрический метод) в лаборатории окружающей среды, Джаса Тирта 1, в г. Маланг. Исследования химического состава грунтовых вод в пробах В1-В5 проводились в гидрогеохимической лаборатории ТПУ. Определялись значение pH, удельной электропроводности, перманганатской окисляемости, содержания Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , Fe, Na^+ , K^+ , более 30 микроэлементов углерод органический, неорганический, общий и азот общий.

Для определения качества воды используются расчеты индекса качества воды (WQI). Расчет WQI основан на формуле (1-4), параметры, используемые в расчете, основаны на Приказе Министра здравоохранения Республики Индонезии № 492/Menkes/Per/IV/2010 о требованиях к качеству питьевой воды и приказ министра здравоохранения Республики Индонезии № 32 от 2017 года «О нормативах качества окружающей среды и санитарных требованиях к воде для санитарно-гигиенических целей, плавательных бассейнов, водных растворов и общественных бань».

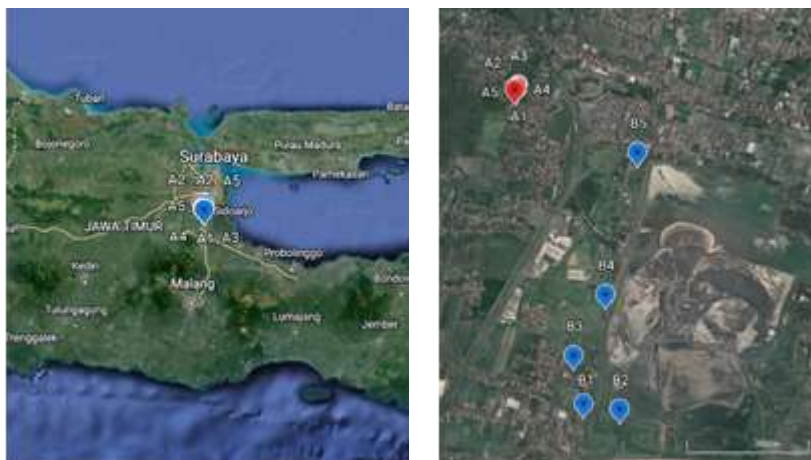


Рис. 1. Схема размещения пунктов отбора проб воды в колодцах в подрайоне Тангулангин и Поронг, округ Сидоарджо (Индонезия, восточная часть острова Ява) в 2022 г.

$$K = \frac{1}{\sum_{n=1}^n \frac{1}{V_s}} \quad (1)$$

$$W = \frac{K}{V_s} \quad (2)$$

$$q = \frac{(V_a - V_i)}{(V_s - V_i)} \times 100 \quad (3)$$

$$WQI = \text{антилогарифм} (\sum_{n=1}^n W_n * \log q_n) \quad (4)$$

где K – постоянная пропорциональности; V_s – нормативы каждого параметра; W – weight age factor; q – рейтинг качества; V_a – результат лабораторного анализа; V_i – идеальное значение каждого параметра (для pH = 7, для других показателей = 0); WQI – индекс качества воды.

Таблица 1

Расчет индекса качества воды (WQI) в районе Тангулангин, Сидоарджо (A1-A5)

Показатель	Значение W	Рейтинг качества (q)					Индекс качества воды (WQI)				
		A1	A2	A3	A4	A5	A1	A2	A3	A4	A5
pH	0,3558	50,67	35,33	12,67	80,00	54,67	0,607	0,551	0,392	0,677	0,618
Мутность	0,6049	20,00	22,00	18,00	16,00	30,00	0,787	0,812	0,759	0,728	0,893
Na ⁺	0,0151	0,85	0,70	0,80	14,85	8,70	-0,001	-0,002	-0,001	0,018	0,014
Cl ⁻	0,0121	25,16	22,44	23,00	25,00	16,92	0,017	0,016	0,016	0,017	0,015
SO ₄ ²⁻	0,0121	13,04	10,52	10,08	10,64	6,80	0,013	0,012	0,012	0,012	0,010
Сумма							1,423	1,389	1,179	1,453	1,551
Антилогарифм (значение WQI)							26,478	24,503	15,093	28,349	35,556

Таблица 2

Расчет индекса качества воды (WQI) в районе Поронг, Сидоарджо (B1-B5)

Показатель	Значение W	Рейтинг качества (q)					Индекс качества воды (WQI)				
		B1	B2	B3	B4	B5	B1	B2	B3	B4	B5
pH	0,0001	1,333	8,667	6	0	0	0	0,0001	0,0001	0	0
Fe	0,0007	7,389	41,73	8,745	148,2 3	20,03	0,0006	0,0012	0,0007	0,0016	0,0010
Mn	0,0015	295,19	142,71	58,18	822,4 3	123,75	0,0036	0,0032	0,0026	0,0043	0,0031
NO ₃ ⁻	0,0001	34	40	8,8	89	87	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
NO ₂ ⁻	0,0007	770	530	36	173	70	0,0021	0,0020	0,0011	0,0016	0,0014
Hg	0,7330	71,176	100,03	50,91	130,7 2	2639,27	1,3577	1,4661	1,2510	1,5513	2,5079
As	0,0147	0,343	1,171	12,71	32,45	6,23	-0,007	0,0010	0,0162	0,0222	0,0116
Cd	0,1466	0	0	0	0	1,42	0	0	0	0	0,0225
Cr	0,0147	4,078	3,64	3,97	4,95	3,21	0,009	0,0082	0,0088	0,0102	0,0074
Se	0,0733	1,723	8,62	5,17	22,41	143,10	0,017	0,0686	0,0523	0,0990	0,1580
Zn	0,0000	0,053	0,43	0,0058	0,01	0,05	- 0,0001	0	-0,0001	- 0,0001	-0,0001
SO ₄ ²⁻	0,0000	7,250	6,5	3,5	4,5	8,75	0	0	0	0	0
Pb	0,0147	0,043	2,01	0,095	0,23	0,64	-0,02	0,0044	-0,0150	- 0,0094	-0,0028
Сумма							1,3635	1,5549	1,3178	1,6808	2,7101
Антилогарифм (значение WQI)							23,096	35,880	20,787	47,947	512,95 4

Результаты показывают, что подземные воды в подрайоне Тангулангин (таблица 1, A1-A5) классифицируются как чистые воды: A2 и A3 – очень чистые воды, а остальные – чистые воды. Что касается подземных вод в подрайоне Поронг (таблица 2. B1-B5), были получены следующие результаты: B1 и B3 были

классифицированы как очень чистая вода, В2 и В4 были классифицированы как чистая вода, а В5 были классифицированы как вода, непригодная для питья. Результаты расчетов WQI показывают состояние воды в Сидоарджо. В целом вода в Тангулангине по-прежнему пригодна для питья [1, 2], а в подрайоне Поронг это невозможно [3]. Существует потребность в отличной очистке подземных вод для целей питьевого водоснабжения.

Литература

1. Wulandari D. D. Analisa kesadahan total dan kadar klorida air di Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo //Medical Technology and Public Health Journal. – 2017. – Т. 1. – №. 1. – С. 14-19.
2. Adiyaksa I. P., Sulianto A. A., Gennadyevich S. O. Water quality assessment and risk analysis calculation of chloride and sodium exposure of well water in Tanggulangin, Sidoarjo //Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem. – 2022. – Т. 10. – №. 2. – С. 92-100.
3. Purwaningsih E., Notosiswoyo S. Hydrochemical study of groundwater in Sidoarjo mud volcano area, East Java Indonesia // Procedia Earth and Planetary Science. – 2013. – Т. 6. – С. 234-241.

УГРОЗА СОХРАННОСТИ ОПОРНЫХ ОБНАЖЕНИЙ СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНИЙ ФРАН) В РАЙОНЕ ДЕРЕВЕНЬ ВЫБУТЫ И ВОЛЖЕНЕЦ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Барановская М.Л.

Научный руководитель доцент Норова Л.П.

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

В связи со стремительным техническим прогрессом и увеличением влияния человека на естественную среду получили большое развитие современные экзогенные процессы, которые представляют угрозу геологическим памятникам, представляющих особый интерес для ученых из различных направлений геологии. Тема сохранения геологического наследия относится к крайне актуальным вопросам современной геологии [2, 4, 6, 7, 9, 10].

Выбутские пороги на р. Великой являются уникальным объектом, обладающим исторической, ботанической, орнитологической, геоморфологической, литологической ценностью. Во-первых, деревня Выбуты является родиной равнопостольной княгини Ольги [5]. Во-вторых, в данном районе часто встречаются редкие виды птиц [3]. В-третьих, энергия порогов рассматривалась, как источник для создания ГЭС [8]. В-четвертых, каньонообразные берега реки Великой в районе деревни Выбуты являются протяженными опорными обнажениями староизборской свиты нижнефранского яруса [1].

Географически деревня Выбуты расположена в 12,5 км на юго-юго-запад от города Псков в среднем течении реки Великой, на левом её берегу. Староизборская свита, имеющая выход в данном районе, представлена верхней подсвитой и представлена здесь толщей переслаивания желто-серых известняков (мощность прослоев в среднем 6 см) и зеленовато-серых мергелей (мощность прослоев в среднем 12 см).

Данная территория принадлежит к площадной Локновско-Ильменской зоне тектонической трещиноватости [1]. Автором был изучен характер трещиноватости карбонатной толщи староизборской свиты на правом берегу р. Великой в районе деревни Волженец. Были изучены правый берег реки Великой вверх по течению от Церкви Николая Чудотворца в Выбутах на участке длиной 770 метров и левый берег вниз по течению от Ольгинского колодца в деревне Волженец на участке длиной 460 метров. На этом участке встречается до 5 трещин на 10 метров береговой линии. Трещины образуют две системы трещины: северо-восточную с азимутами простирания 20–33° градуса и северо-западную с азимутами простирания 304–327°. Судя по гладким поверхностям трещин данные трещины можно отнести к тектоническим. Также некоторые трещины раскрыты на 6-12 см и заполнены дресвяно-щебнистым (рис. 2.) или делювиальным материалом (рис. 1.).



Рис. 1. Заполнение трещины делювиальным материалом



Рис. 2. Заполнение трещины дресвяно-щебнистым материалом



Рис. 3. Поверхность стенки обнажения в зоне свежих обвально-осыпных явлений на правом берегу р. Великой



Рис. 4. Вид на тело старого оползня на левом берегу р. Великой

Северо-восточная система трещин, образующая зону ослабления, совпадает с основным направлением течения реки Великой. Исключением является участок между деревнями Покрутище – Бабаево, который сонаправлен с разломом поверхности кристаллического фундамента, расположенным в южной части листа О-35-XXIII [1, с. 224, рис. 45].

Тектонически ослабленная зона не только повлияла на морфологию долины реки Великой, но и является благоприятной средой для развития оползневых и обвально-осыпных процессов, которые несут угрозу сохранности опорных разрезов пород верхнего девона. Некоторые трещины уже заполнены делювиальным материалом, который служит основой для развития растительности. С одной стороны корневая система может замедлить развитие гравитационных процессов, но с другой – приведет к утрате уникальной обнаженности в районе Выбут.

На описываемом участке автором были зафиксированы, как свежие обвалы (рис. 3), так и оползни многолетней давности (рис. 4). На давность ряда оползней указывают интенсивное зарастание оползневых тел, начало формирования почвенного покрова. На участках свежих обвально-осыпных явлений можно наблюдать четкую тектоническую приуроченность зоны максимальной деструкции обнажения.

Полученные результаты полевых измерений автором были наложены на схему геологического строения довендских образований на листах О-35(36)-N-35, соответствующий исследуемой территории [1] (рис. 5).

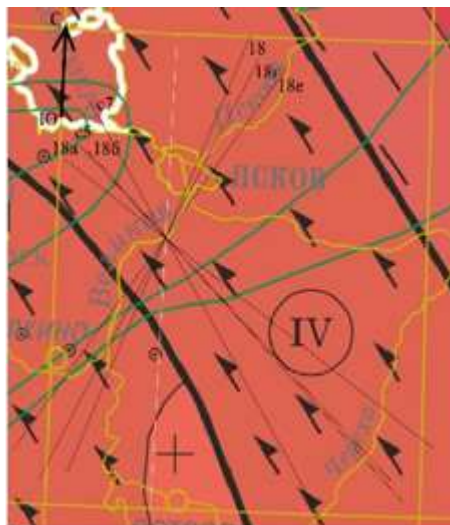


Рис. 5. Выкопировка из схемы геологического строения довендских образований с добавлениями автора данных по характеру трещиноватости в районе Выбутских порогов.

Условные обозначения: I – главные разломы, \ - трещины, 18 – номер трещины, IV – Таллинский блок (тектоническая структура I порядка)

Таким образом, в результате проделанной работы было зафиксировано, что на фоне развивающихся гравитационных процессов на различных участках долины реки Великой вследствие сильной трещиноватости могут быть утеряны опорные обнажения староизборской свиты нижнефранского яруса верхнего девона.

Литература

1. Вербицкий В. Р. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков. Объяснительная записка. // СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. – 2012. – С. 510.
2. Гареев Э. З. Геологические парки как способ сохранения природы и патриотического воспитания населения // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2009. – Т. 14. – №. 4. – С. 69-72.
3. Косенков Г. Л., Фетисов С. А. Новые встречи охраняемых и редких птиц на Выбутских порогах реки Великой // Русский орнитологический журнал. – 2018. – Т. 27. – №. 1639. – С. 3355-3361.
4. Кравцова Л. А. Культурологические аспекты исследования природного наследия Кемеровской области: формы сохранения и актуализации // Вестник Кемеровского государственного университета культуры и искусств. – 2020. – №. 52. – С. 83-92.
5. Медникова Т. В. Ольгинский храм в Выбутах Из истории создания // Псков. Научно-практический, историко-краеведческий журнал. – 2020. – №. 52. – С. 100-103.
6. Мороз В. П. Геологические памятники природы Самарской области и проблемы их охраны // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2019. – Т. 28. – №. 3. – С. 58-65.
7. Суходолова Е. П. Гжельский ярус – уникальный памятник природы Подмосковья. – 2021.
8. Филимонов А. В. Проекты использования энергии Выбутских порогов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные науки. – 2008. – №. 3. – С. 42-48.
9. Цинкобурова М. Г. Историческая ретроспектива состояния объектов геологического наследия Ленинградской, Псковской и Новгородской областей // Псковский региональный журнал. – 2022. – Т. 18. – №. 2. – С. 80-93.
10. Ярков А. А., Шурховецкий А. В. Особенности геоинформационного обеспечения геобiosистемных ООПТ // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2009. – №. 1. – С. 104-111.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИХОТЭ-АЛИНЯ

Белова А.С.

Научный руководитель профессор Дутова Е.М.

Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия

Сихотэ-Алинь – горная область на Дальнем Востоке России, расположенная на территории Хабаровского и Приморского краев. Горная страна на площади работ представлена своей южной частью. Водораздельные хребты имеют резко расчлененный профиль и различное направление. Средневысотные хребты Ливадийский и Большой Воробей вытянуты в широтном направлении, параллельно береговой линии моря с максимальными высотами: г. Ливадийская – 1332 м, Литовка – 1279 м, Бол. Воробей – 1230 м, Лысый Дед – 1120 м. От Ливадийского хребта в сторону моря, рельеф сменяется низкогорьем, с переходом на побережье в холмисто-увалистый педимент с отдельными вершинами высотой до 500 м.

Формирование подземных вод площади исследований зависит от следующих факторов: климатические условия территории, рельеф и гидрография, геологическое строение, палеогеографические условия.

Влияние климатических условий территории на формирование подземных вод преимущественно связано с атмосферными осадками, режим которых определяется условиями муссонной циркуляции, циклонической деятельностью и характером рельефа. Зимой территория находится под влиянием холодных и сухих воздушных масс, формирующихся в области азиатского антициклона, с преобладанием северо-западных ветров. Количество зимних осадков в процентах от годовой суммы составляет 12 % на западе территории, в горной части достигая 29 %. Величина испарения с поверхности снега за период его снеготаяния (20–30 дней) составляет 20–30 % наибольших запасов воды в снеге [3]. Летний период характеризуется частыми и интенсивными дождями, которые связаны с прохождением тайфунов и южных циклонов над районами Приморского края. Наиболее значительные дожди наблюдаются преимущественно в июле-сентябре, при этом возможны дожди с количеством осадков более 150–200 мм за сутки. Ливневые дожди отличаются значительной растянутостью во времени и медленно нарастающей интенсивностью, продолжительностью до нескольких суток.

Особенностью территории, влияющей на условия формирования подземных вод, является горный характер рельефа, занимающего более 60 % изученной площади и характеризующегося сочетанием различных элементов рельефа: горных хребтов, плоскогорий, межгорных депрессий и прибрежных морских низин.

В восточной части площади располагаются среднегорные хребты Ливадийский, Большой Воробей и частично хребет Пржевальского с максимальными высотами: г. Ливадийская – 1332 м, Литовка – 1279 м, Бол. Воробей – 1230 м, Лысый Дед – 1120 м. В западной части площади расположен низкогорный хребт Черные Горы, протягивающийся меридионально вдоль западной границы района с КНР. Господствующие вершины хребта г. Высокая – 996 м, Луна – 919 м, Бол. Тигровая – 830 м. Среднегорье окружает низкогорье с абсолютными отметками 300–800 м, ступенчато переходящее в холмисто-увалистый рельеф, резко обрывающийся к морю. Для горного рельефа характерно преобладание коротких, сильно расчлененных хребтов с крутыми до 30–350 и более склонами. Относительные превышения водоразделов над дном долин составляют 300–500 м. У северной границы площади располагаются южные окончания вулканогенных базальтовых плато – Борисовское и Шотовское, в пределах которых господствуют ступенчато-плоскогорные водоразделы с абсолютными высотами от 50–100 до 700 м. Межгорные депрессии характеризуются увалистым рельефом с глубиной расчленения 10–50 м. В южной части площади вдоль морского побережья расположены прибрежные заболоченные низины с абсолютными отметками 1–12 м.

Дождевые воды преобладают в питании рек (75–80 %), на долю грунтовых вод приходится 20–25 %. Общий ход годового уровня характеризуется устойчивой зимней меженью, невысоким подъемом уровня в период весеннего половодья и многочисленными паводками в летний период.

Геологические и палеогеографические условия территории преимущественно определяют химический состав подземных вод вблизи морского побережья, и связаны с верхнечетвертично-раннеголоценовой трансгрессией моря.

В горной части территории, где преимущественно распространены гидрогеологические подразделения, связанные с зоной экзогенной трещиноватости, основным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки в теплый период года. Доля инфильтрационного питания, по различным источникам, составляет 10–25 % от осадков. Хорошему проникновению атмосферных осадков в зоны трещиноватости способствует отсутствие водоупорных отложений с поверхности и их незначительная мощность. Основные водоразделы и крутые склоны с поверхности сложены выходами коренных пород на поверхность, а также крупноглыбовыми осыпями и курумами. Разгрузка подземных вод трещинных гидрогеологических подразделений, распространенных в горной части территории, осуществляется двумя путями – нисходящими эрозионными родниками и разгрузкой подземных вод в долины ручьев и рек.

Питание трещинных и трещинно-поровых вод неогеновых базальтов (водоносная зона миоцен-плиоценовых вулканогенных пород) осуществляется только за счет инфильтрации атмосферных осадков, в силу залегания на высоких платообразных поверхностях [1]. Базальты разбиты сетью вертикальных трещин, что приводит к большой скорости проникновения инфильтрующихся вод в толщу пород. В летний период дебит нисходящих родников достигает 50 л/сек, в периоды отсутствия осадков и в зимний период дебит родников не превышает 0,5 л/сек. Кроме родникового стока и разгрузки в эрозионные врезы, происходит перетекание в нижележащие водоносные горизонты. Области транзита подземных вод в пределах распространения базальтовых плато не выделяются.

В пределах изученной территории расположен ряд артезианских бассейнов подземных вод, приуроченных к кайнозойским наложенным впадинам, выполненным палеоген-неогеновыми отложениями, литифицированными в буроугольной стадии. Источниками питания подземных вод артезианских бассейнов являются атмосферные осадки и перетекание из вышележащих и смежных горизонтов. Области питания в пределах артезианских бассейнов приурочены к краевым частям депрессий, где происходит перетекание подземных вод из смежных горизонтов зон трещиноватости и частично из аллювиальных водоносных горизонтов.

По условиям транзита и разгрузки подземных вод артезианские бассейны подразделяются на два типа. К первому типу относятся Нарвинский, Амбинский, Синеутесовский артезианские бассейны, которые представляют собой замкнутые структуры, окруженные горным обрамлением. Области транзита подземных вод в них не выделяются. Разгрузка подземных вод осуществляется восходящими потоками в долины магистральных рек, пересекающие бассейн, с последующим оттоком по аллювиальным отложениям и поверхностным стоком за пределы данных артезианских бассейнов. Для Нарвинского артезианского бассейна такой рекой является река Нарва в среднем её течении, для Амбинского – верхнее течение р. Амба и левые притоки р. Барабашевка в её верховьях, для Синеутесовского – левые притоки верхнего течения р. Нарва: р. Кузнецовка, Пугачевка, руч. Дозорный.

Остальные артезианские бассейны расположены вдоль морского побережья и открыты в сторону моря. Поток подземных вод, в данных бассейнах, направлен от горного обрамления к морю с разгрузкой непосредственно в морскую акваторию.

Питание водоносных горизонтов, содержащие поровые воды (водоносный горизонт голоценовых аллювиальных отложений и водоносный горизонт четвертичных морских и аллювиально-морских отложений) носит комплексный характер и осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, паводковыми и поверхностными водами, за счет разгрузки трещинных подземных вод и перетеканием из нижележащих горизонтов.

На протяжении длины реки взаимосвязь поверхностных и подземных вод носит различный характер. В верховьях рек на всем протяжении осуществляется разгрузка подземных вод в поверхностные водотоки и увеличение величины поверхностного стока. Среднее течение рек, за счет возрастания мощности аллювиальных отложений, расширения долины реки и сохранения высоких фильтрационных характеристик, характеризуется уменьшением поверхностного стока, то есть осуществляется питание аллювиального четвертичного горизонта за счет поверхностных вод (реки Рязановка, Пойма, Нарва, Барабашевка). В нижних частях рек за счет ухудшения фильтрационных параметров происходит разгрузка подземных вод аллювиального горизонта в водоток. Данные закономерности прослеживаются только в меженный период. На отдельных участках рек (сужение долины реки, уменьшение фильтрационных свойств водовмещающих отложений, разгрузки подземных вод глубоко залегающих горизонтов) эти закономерности нарушаются.

Притуманганская впадина с поверхности сложена песками, супесями с эоловыми грядами и валами [2]. Основным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки. В результате интенсивной инфильтрации и затрудненного стока, ввиду незначительного уклона местности, формируется слой пресных вод мощностью от 1–3 до 15 м, залегающих на соленых водах. Разгрузка подземных вод в Притуманганской впадине и приморских низменностях осуществляется оттоком в море, а также ввиду высокого положения уровня подземных вод испарением.

Таким образом, области питания, транзита и разгрузки подземных вод ограничены водоразделами подземных вод, совпадающими с водоразделами поверхностных вод магистральных долин рек, впадающих непосредственно в море. Изученную площадь можно характеризовать общими условиями водообмена и формирования подземных вод, с отсутствием региональных и значимых местных водоупоров.

Литература

1. Варнавский В. Г., Седых А. К., Рыбалко В. И. Палеоген и неоген Приамурья и Приморья. – АН СССР. ДВО, 1988.
2. Васильев Б. И., Шуваева А. С., Баянов В. Г. Геологическая карта СССР масштаба 1: 200000. Серия Сихотэ-Алинская. – Лист К-52-ХVII. Объяснительная записка. М, 1960.
3. Кириллова Е.Ф., Берсенева И.И., Кладовщиков В.Н. Гидрогеология СССР. Приморский край. том XXV. // Москва: Недра. – 1968.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бирулина А.Г.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Следствием урбанизации является возникновение проблем, связанных с неправомерным использованием земельных участков и незаконной застройки. Получение своевременной информации об изменениях в городском землепользовании и застройке является одним из элементов управления земельными ресурсами. Вместе с тем изменения в функциональной структуре, землепользовании территории города содержит большой потенциал для решения вопросов, связанных с планированием, налогообложением, охраной и развитием городского пространства.

С развитием беспилотных летательных технологий получение актуальной мониторинговой информации об использовании земельных ресурсов значительно упрощается, однако, возникает необходимость в разработке новых алгоритмов, обеспечивающих автоматизированное распознавание объектов на полученных изображениях.

Ручной поиск и векторизация объектов застройки и землепользования являются трудоемкими процессами, выполняемыми вручную, что может привести к получению неполной и неточной информации о существующих земельных правонарушениях. В связи с этим возрастает спрос на разработку методов автоматической обработки изображений с БПЛА для повышения скорости обработки данных и минимизации человеческой ошибки.

Алгоритмы машинного обучения совместно с данными, полученными с беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) широко применяются в задачах управления земельными ресурсами. Это позволяет создавать автоматизированные системы для обработки и анализа геоданных, а также принимать решения на основе полученных результатов. Для автоматической обработки таких изображений в настоящее время широко используются сверточные нейронные сети.

С помощью СНС можно решать задачи: семантической сегментации изображений, задачу классификации и локализации объекта на изображении, детектирование объекта (предсказывается класс и оценивается положение каждого из группы объектов) и сегментации экземпляров объектов.

Семантическая сегментация является важным инструментом для автоматической обработки и анализа геоданных. Она позволяет детектировать различные типы земной поверхности на основе анализа цветовой, текстурной и пространственной информации. Такими объектами могут быть: леса, города, водоемы, сельскохозяйственные угодья.

Историческое применение методов семантической сегментации землепользования началось в 1980-х годах, когда появились первые работы в области обработки цифровых изображений. В 1986 году Л. Гонзалес и П. Уэссер представили свою работу по автоматическому выделению объектов на изображении. В дальнейшем, в 1990-х годах, появилось много работ, посвященных сегментации и классификации земельного использования на основе спутниковых изображений.

Существует множество исследований, посвященных разработке методов семантической сегментации землепользования и застройки на основе спутниковых данных. Авторы использовали нейронные сети для обнаружения изменений землепользования на основе изображений с различным пространственным разрешением, полученных с космических аппаратов [1–5]. Для реализации метода семантической сегментации могут быть использованы различные архитектуры нейронных сетей, таких как U-Net, SegNet и DeepLab, а также использование методов машинного обучения, таких как SVM и Random Forest.

Сверточная нейронная сеть применяется для классификации земного покрова, превосходящим другие алгоритмы машинного обучения, такие как машина опорных векторов (SVM), случайный лес (RF), логистическая регрессия и другие подобные методы. Первая успешная нейросетевая архитектура для семантической сегментации была описана в 2014 году в работе Long. J [6] и показала достаточную точность.

Обучение алгоритмов семантической сегментации проводится на специальных наборах данных, которые состоят из пар изображение-маска, где маска показывает, какие пиксели на изображении принадлежат объектам нужных классов.

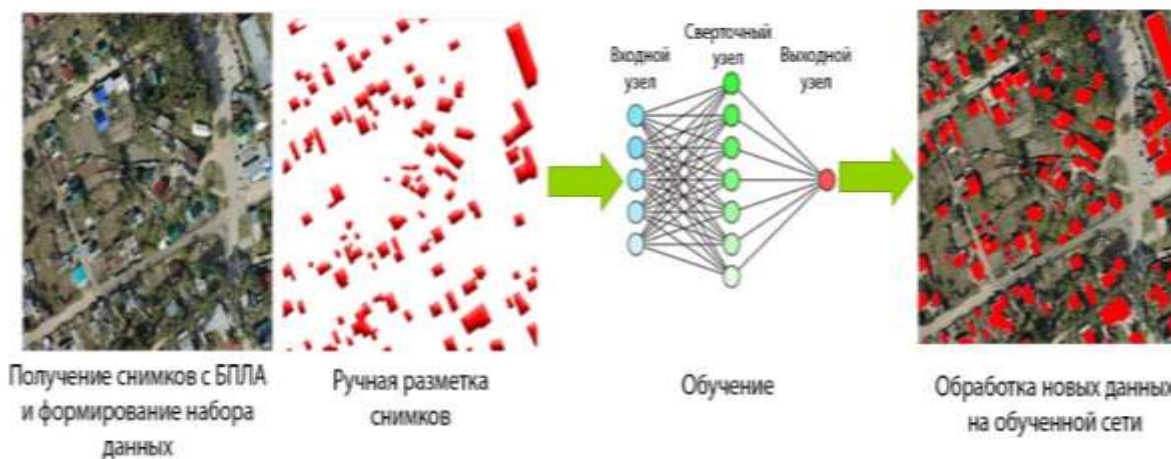


Рис. 1. Применение алгоритма семантической сегментации участка городской местности

Важно, чтобы наборы данных были достаточно разнообразными и покрывали все возможные варианты объектов и ситуаций, которые могут встретиться в реальных условиях. Вместе с тем изображения БПЛА и стали распространенным подходом к получению данных для машинного обучения и продемонстрировали потенциал создания новых наборов данных UAVid [7], UDD [8], DOTA [9], UAVDT [10].

Таким образом, возрастающее количество получаемой информации о землепользовании территории и увеличение мощностей вычислительных систем позволяет существенно расширить круг задач, решаемых на основе данных БПЛА, в том числе для мониторинга использования земельных ресурсов. Кроме того, стремительное развитие области машинного обучения позволяет разрабатывать новые прототипы программного обеспечения для автоматического детектирования незаконной застройки и обнаружения её границ, которые могут использоваться

специалистами, не обладающим специфическими знаниями в области машинного обучения, а также сократить время ручной обработки данных аэрофотосъемки.

Литература

1. Друки А. А. и др. Семантическая сегментация данных дистанционного зондирования Земли при помощи нейросетевых алгоритмов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – №. 1. – С. 59-68.
2. Береснев А. П., Зоев И. В., Марков Н. Г. Сверточные нейронные сети для семантической сегментации изображений земной поверхности // Булатовские чтения. – 2019. – Т. 1. – С. 46-51.
3. Горбачёв В. А. и др. Семантическая сегментация спутниковых снимков аэропортов с помощью свёрточных нейронных сетей // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44. – №. 4. – С. 636-645.
4. Abida K. et al. Sentinel-2 data for land use mapping: Comparing different supervised classifications in semi-arid areas // Agriculture. – 2022. – Т. 12. – №. 9. – С. 1429.
5. Sharma R. et al. Modeling land use and land cover changes and their effects on biodiversity in Central Kalimantan, Indonesia // Land. – 2018. – Т. 7. – №. 2. – С. 57.
6. Long J, Shelhamer E, Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation // IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. – 2017. – 39(4). – С. 640-651.
7. Xia G. S. et al. DOTA: A large-scale dataset for object detection in aerial images // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2018. – С. 3974-3983.
8. Cheng G., Han J., Lu X. Remote sensing image scene classification: Benchmark and state of the art // Proceedings of the IEEE. – 2017. – Т. 105. – №. 10. – С. 1865-1883.
9. Lyu Y. et al. UAVid: A semantic segmentation dataset for UAV imagery // ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing. – 2020. – Т. 165. – С. 108-119.
10. Du D. et al. The unmanned aerial vehicle benchmark: Object detection and tracking // Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). – 2018. – С. 370-386.

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЧАСТИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ ЗА ПЕРИОД 2000-2022 ГГ. В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Борисова А.Д.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В условиях цифровизации первоочередное значение для создания новых возможностей динамичного развития страны приобретает сфера оказания государственных и муниципальных услуг в области предоставления пространственных данных, а также создание сервисов, функционирующих на их основе [2].

В настоящем исследовании был проведён анализ стратегий развития государственного управления в части предоставления государственных и муниципальных услуг за период 2000–2022 гг. в Российской Федерации, результаты которого представлены в виде блок-схемы на рисунке. И проиллюстрировано современное состояние предоставления таких услуг в области предоставления пространственных данных об объектах недвижимости.



Рис. Хронология развития государственного управления в части предоставления государственных и муниципальных услуг

В начале 2000-х годов Правительство РФ приступило к реформированию системы государственного управления в части предоставления государственных и муниципальных услуг. Проведённая административная реформа 2003-2004 гг. организационно разделила функции государственного управления, выделив в отдельную предоставление государственными органами услуг.

Таким образом, в 2004 году впервые были установлены функции государственных органов по предоставлению услуг. В рамках Концепции административной реформы в Российской Федерации в 2006-2010 годах был принят Федеральный закон «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг», в рамках которого были системно рассмотрены основные аспекты предоставления государственных и муниципальных услуг. Такой подход значительно поспособствовал повышению качества предоставления государственных (муниципальных) услуг и исполнению функций, предусматривающих взаимодействие органов государственной власти с гражданами или организациями, а также в общем повышению эффективности и результативности деятельности государственных органов и органов местного самоуправления [7].

В 2008 г. было принято решение о создании многофункциональных центров (МФЦ), организующих предоставление государственных и муниципальных услуг в электронной форме, по принципу «единого окна». В соответствии с Федеральным законом «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» весь перечень государственных и муниципальных услуг, а также основная информация о них, должны быть включены в Федеральный реестр государственных и муниципальных услуг, создание которого было определено Постановлением Правительства РФ «О федеральных государственных информационных системах, обеспечивающих предоставление в электронной форме государственных и муниципальных услуг» [6]. Данная федеральная государственная информационная система содержит перечень всех видов услуг и информацию о способах их получения, нормативно-правовом обеспечении, формах заявлений и формы взимания платы за их предоставления.

Федеральный реестр является информационной основой для наполнения Единого портала государственных и муниципальных услуг (ЕПГУ). Он обеспечивает предоставление государственных и муниципальных услуг в электронной форме. Через портал заинтересованное лицо может подать заявление, просмотреть статус рассмотрения обращения, уплатить установленную госпошлину за предоставление услуги. Принятые на портале документы направляются в орган, оказывающий услугу, через систему межведомственного взаимодействия. В настоящее время портал получил название «Госуслуги» и с каждым годом перечень предоставляемых услуг в режиме online наполняется, кроме этого, развитие функционала портала не стоит на месте.

Следующим этапом совершенствования системы государственного управления в сфере оказания государственных и муниципальных услуг стало их предоставление через специальные сервисы. Что нашло своё отражение в концепции цифровизации государственного управления на 2018–2024 гг. «Сервисное государство 2.0». Данная концепция является отражением федерального проекта «Цифровое государственное управление» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и реализуется в рамках актуализированной государственной программы «Информационное общество».

Со дня введения в действие национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и по настоящее время актуальной задачей является разработка и внедрение информационных технологий во всех сферах общества, в том числе и предоставлении муниципальных услуг.

Основной целью федерального проекта «Цифровое государственное управление» стала цифровая трансформация государственных и муниципальных услуг, которая позволит осуществить окончательный переход на электронное взаимодействие государства с населением [9]. Согласно данному проекту, оптимизация государственных услуг ведётся по двум направлениям:

Цифровая трансформация приоритетных государственных и муниципальных услуг (моносервисы, т. е. отдельные госуслуги, которые входят в систему суперсервисов, но могут оказываться и без привязки к ним).

Комплексное решение жизненных ситуаций граждан и бизнеса (суперсервисы, т. е. комплексы услуг, которые предоставляются проактивно по распространенным жизненным ситуациям) [9].

Цифровая трансформация и оптимизация государственных и муниципальных услуг включает переход на безбумажный документооборот, перевод услуг в режим online, межведомственное взаимодействие между органами власти, переход на проактивное предоставление услуг с учётом принципа комплексного подхода к решению жизненных ситуаций заявителей посредством суперсервисов.

Суперсервисы представляют собой комплексы государственных услуг, сгруппированные по типичным жизненным ситуациям. Это оптимизированные государственные и муниципальные услуги, которые до их появления граждане получали в МФЦ [3], поэтому главной особенностью является получение услуги онлайн в кратчайшие сроки.

Такой сервис позволяет гражданам своевременно получать государственные услуги без личных визитов в ведомства, с сохранением результатов в электронном виде в цифровом профиле, а также получать полную информацию о всех сопутствующих услугах.

Стоит отметить, что функционирование суперсервисов тесно связано с уже имеющейся платформой Единой системой идентификации и аутентификации (ЕСИА) и порталом Госуслуг, а также зависит от скорости и корректности передачи данных между ведомствами в электронном виде. Суперсервисы действуют в проактивном режиме, предлагая решения, не дожидаясь действий со стороны граждан [3].

Современное состояние предоставления государственных и муниципальных услуг в области предоставления пространственных данных об объектах недвижимости характеризуется недостаточным распространением цифровых сервисов в процессе управления территориями и объектами недвижимости на федеральном, региональном и муниципальном уровнях.

Сегодня, с учётом возросшей на базы данных Росреестра нагрузки и необходимости удовлетворения потребностей заинтересованных лиц в предоставлении услуг по государственному кадастровому учёту и регистрации

прав на недвижимое имущество в части реализации новых электронных сервисов, существующие информационные системы требуют модернизации и перепроектирования [4].

Литература

1. Козина М. В. Цифровое будущее в сфере земельно-имущественных отношений // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горного геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. Т. 1. — Томск, 2021. — Т. 1. — С. 287.
2. Мартынова Е. В. Перспективы развития инфраструктуры пространственных данных в России // Экономические стратегии. — 2022. — Т. 24. — № 3. — С. 96-100.
3. Морозова М. А. Суперсервисы как способ цифровизации госуслуг // Хроноэкономика. — 2019. — № 6 (19). — С. 55-59.
4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Национальная система пространственных данных [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2021 г. N 2148. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. О Концепции административной реформы в Российской Федерации в 2006-2010 годах и плане мероприятий по проведению административной реформы в Российской Федерации в 2006-2010 годах [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2005 года N 1789-р. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. О федеральной государственной информационной системе «Единая цифровая платформа «Национальная система пространственных данных»» [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 7 июня 2022 г. N 1040. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. О федеральных государственных информационных системах, обеспечивающих предоставление в электронной форме государственных и муниципальных услуг [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 24.10.2011 № 861. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг [Электронный ресурс]: федер. закон от 27.07.2010 N 210-ФЗ. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
9. Костина С. Н., Банных Г. А., Воронина Л. И. Организация предоставления государственных и муниципальных услуг: учебное пособие. — 2019.
10. Паспорт федерального проекта «Цифровое государственное управление» [Электронный ресурс]: протокол Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности утв. президиумом от 28.05.2019 N 9. — Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Портал государственных и муниципальных услуг [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gosuslugi.ru/>.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Быкова Е.Н., Кезик Ю.А.

Научный руководитель заведующий кафедрой землеустройства и кадастров Быкова Е.Н.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В условиях цифровизации первоочередное значение для создания новых возможностей динамичного развития страны приобретает сфера оказания государственных и муниципальных услуг в области предоставления пространственных данных, а также создание сервисов, функционирующих на их основе [2].

В современных условиях значимость кадастровой оценки объектов недвижимости возрастает. Это является следствием расширения областей применения ее результатов, в спектр которых входит не только налогообложение, но и определение госпошлины при разбирательствах в суде, при наследовании объекта недвижимости, а также в некоторых случаях расчет арендных ставок за земельные участки государственной и муниципальной собственности и т. д.

Важнейшим в настоящее время остается вопрос качества результатов кадастровой оценки. По мнению многих специалистов действующие методические указания о государственной кадастровой оценке пока нельзя назвать полноценным методическим документом. Именно поэтому повышение качества результатов кадастровой оценки является одной из главных задач и актуальной темой исследования [2, 12]. Об этом свидетельствуют исследования таких авторов, как, Грибовский С. В. [5], Бердникова В. Н. [3], Быкова Е. Н. [4], Лепихина О. Ю. [10], Ковязин В. Ф. [8, 9], Романчиков А. Ю. [7], Балтыжакова Т. И. [1].

Действующими на 2023 год являются методические указания, утвержденные Приказом Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» [13]. Согласно им для определения кадастровой стоимости земельные участки объединяются в группы (подгруппы) в соответствии с кодами расчета видов использования независимо от категории земель на 14 основных сегментах.

При этом осуществляется группировка земельных участков с учетом вида разрешенного использования (ВРИ), информация о котором содержится в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН). Исключением являются случаи наличия у государственного бюджетного учреждения (ГБУ) подтвержденной информации о фактическом использовании участка, так как согласно п. 10 методических указаний земельный участок также характеризуется видом осуществляемой на нем деятельности, а для незастроенных участков сельскохозяйственного использования в соответствии с п. 57.3 указаний проводится анализ их будущего использования. Таким образом, ВРИ является важнейшей характеристикой земельного участка, устанавливающей его возможное использование и хозяйственную деятельность [6], а также определяющей первичное его отнесение к той или иной оценочной группе

для целей вычисления кадастровой стоимости и, соответственно, дальнейшее применение той или иной математической модели оценки.

Однако при определении ВРИ земельных участков может возникнуть ряд проблем, связанных с информационной составляющей ЕГРН. Анализ поступающей информации из ЕГРН для ГБУ «Кадастровая оценка» показал следующие нестыковки: неустановленный ВРИ земельного участка; несовпадение разрешенного и фактического использования участка; несовпадение ВРИ земельного участка и объекта капитального строительства [13]; информация о ВРИ неоднозначна (например «для жилой и общественной застройки», «для иных видов использования, характерных для населенных пунктов» и т. п.) или неточна (содержит ошибки в написании, незавершенные фразы и т. п.).

Указанные проблемы информационного диссонанса вызывают особый интерес в силу возникающей неопределенности отнесения земельных участков к определенной оценочной группе в процессе определения кадастровой стоимости.

Неопределенность появляется и в случае, когда на земельном участке расположены объекты капитального строительства различного вида использования. При нескольких видах осуществляемой на земельном участке деятельности, а также при наличии разработанного проекта межевания территории (ПМТ), предполагающего комплексное освоение, возникает вопрос о методическом обеспечении расчета кадастровой стоимости земельных участков многофункционального использования. Действующими методическими указаниями не предусмотрен метод расчета для таких земельных участков, в связи с чем государственные бюджетные учреждения вынуждены самостоятельно разрабатывать правила определения их кадастровой стоимости. Так, Санкт-Петербургским ГБУ «Городское управление кадастровой оценки» в 2022 году был разработан специальный алгоритм определения кадастровой стоимости земельных участков многофункционального использования (оценочная группа «Многофункциональные участки» (МИКС)), основывающийся на алгоритмах, используемых для оценки земельных участков, включенных в другие оценочные группы. При этом основным критерием отнесения участка в группу МИКС и, соответственно, применения такого алгоритма является одновременное выполнение двух условий, представленных на рисунке 1.



Рис. 1. Условия отнесения земельного участка в оценочную группу МИКС [составлено авторами]

Алгоритм расчета кадастровой стоимости предполагает расчет удельной кадастровой стоимости (УКС) участка по оценочным группам, которые соответствуют предоставленным сведениям о видах использования такого участка, по соответствующим им моделям определения кадастровой стоимости. При этом расчет значений факторов кадастровой стоимости осуществляется на всю территорию объекта оценки, а не на территорию части, к которой относится конкретная оценочная группа. Однако использование разработанного алгоритма возможно только в случае наличия в ГБУ информации о конкретной площади части земельного участка, используемой под ту или иную деятельность [14].

ГБУ города Москва «Городской центр имущественных платежей и жилищного страхования» для определения кадастровой стоимости многофункциональных земельных участков предложило коэффициент учета ВРИ земельного участка (коэффициент экспликации). Данный коэффициент учитывает пропорциональное распределение площади земельного участка под различными ВРИ, указанными для него в ЕГРН, на основании информации о распределении по видам использования площадей, расположенных на нем зданий.

Расчет коэффициента экспликации осуществляется для земельных участков, в отношении которых выполнены условия, представленные на рисунке 2.

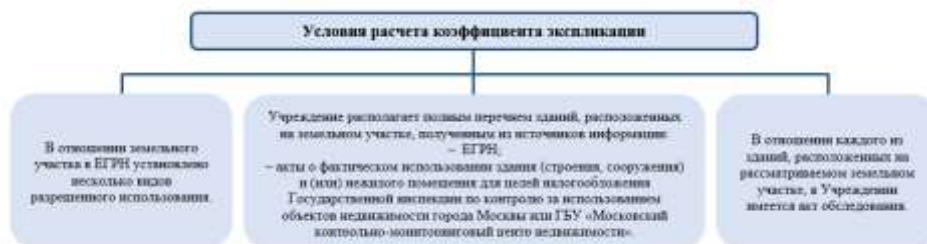


Рис. 2. Условия расчета коэффициента экспликации [составлено авторами]

При выполнении данных условий учреждение осуществляет расчет коэффициента на основе информации о доли площади, занимаемой каждым из видов фактического использования (ВФИ) зданий, расположенных на рассматриваемом земельном участке, в общей площади таких зданий.

Стоит отметить, что коэффициент экспликации не рассчитывается для земельного участка, в отношении которого в источниках информации отсутствует информация о наличии зданий и который не соответствует условиям, представленным на рисунке 2. В данном случае кадастровая стоимость определяется в соответствии с п. 8 методических указаний без учета коэффициента экспликации. Следовательно, кадастровая стоимость земельных участков, соответствующих указанным условиям, определяется с применением коэффициента экспликации. Расчет данного коэффициента выполняется путем сравнения ВРИ земельного участка по сведениям ЕГРН и ВФИ зданий, на нем расположенных. Необходимо добавить, что возможное использование земельного участка в соответствии с вспомогательными ВРИ, не содержащимися в ЕГРН, при проведении сравнения не учитывается.

В свою очередь, ГБУ Ростовской области «Центр содействия развитию имущественно-земельных отношений Ростовской области» ввел дополнительные коды расчета для случаев, когда вид использования имел неоднозначное толкование, либо возникали ситуации, при которых сложно было четко отнести тот или иной объект недвижимости к коду расчёта вида использования, приведенному в методических указаниях, а также для повышения точности группировки с учетом региональных особенностей и особенностей наименования ВРИ объектов недвижимости [16].

Таким образом, проведенное исследование позволяет заключить:

Во-первых, важнейшим в настоящее время остается вопрос качества кадастровой оценки, поскольку существующие методические указания о государственной кадастровой оценке все еще требуют совершенствования по процедуре и методикам.

Во-вторых, важнейшая характеристика земельного участка – ВРИ, который устанавливает возможности использования земельного участка и спектр хозяйственной деятельности на нем, а также определяет первичное его отнесение к той или иной оценочной группе для целей вычисления кадастровой стоимости. Однако при проведении кадастровой оценки земельных участков многофункционального использования возникает неопределенность отнесения их к определенной оценочной группе. Отсутствие унифицированной методики расчета кадастровой стоимости указанных участков приводит к разрозненно формируемым процедурам расчета отдельными ГБУ.

В-третьих, исходя из анализа практики определения кадастровой стоимости земель многофункционального использования в Санкт-Петербурге, Москве и Ростовской области следует, что для применения методики ГБУ Санкт-Петербурга обязательно наличие информации о конкретной площади части земельного участка, используемой под ту или иную деятельность, а для ГБУ Москвы нужна информация о доли площади, занимаемой каждым из ВФИ зданий, расположенных на рассматриваемом земельном участке, в общей площади таких зданий. В противном случае использование рассмотренных методик является невозможным. К тому же остается открытым вопрос о том, какая из методик позволяет получать более качественные результаты кадастровой оценки и минимизировать количество споров в отношении кадастровой стоимости таких участков.

В силу всего вышесказанного необходимо разработать и установить единую унифицированную для всех ГБУ страны методику кадастровой оценки земельных участков многофункционального использования в целях улучшения качества и сопоставимости результатов кадастровой оценки.

Литература

1. Балтыжакова Т. И., Рагузин И. И. Совершенствование модели расчета кадастровой стоимости путем учета влияния малопривлекательных объектов // Неделя науки СПбПУ. – 2019. – С. 230-233.
2. Баникевич, Т. Д. Использование экспертного подхода для учета охранной зоны инженерных коммуникаций при кадастровой оценке садово-огородных земель // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XVIII Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 15–20 мая 2022 года. Том 2. – 2022. – С. 85-87.
3. Бердникова В. Н., Осенняя А. В., Хахук Б. А. Построение качественной модели оценки кадастровой стоимости недвижимости // Экономика и математические методы. – 2021. – Т. 57. – №. 2. – С. 73-84.
4. Быкова Е. Н., Баникевич Т. Д., Рагузин И. И. Современные особенности кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №. 6 (90). – С. 1-14.
5. Грибовский С. В. Государственная кадастровая оценка и развитие города // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2019. – №. 8 (215). – С. 17-23.
6. Карпекина Н. И., Скачкова М. Е. Обоснование факторов, влияющих на установление вида разрешенного использования земельных участков и объектов капитального строительства в общественно-деловой зоне василеостровского района г. Санкт-Петербурга // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях. – 2018. – С. 110-113.
7. Киценко А. А., Романчиков А. Ю., Демидова П. М. Проблемы кадастровой оценки лесных земель с учетом степени развитости их инфраструктуры // Актуальные проблемы геодезии, кадастра, рационального земле-и природопользования. – 2019. – С. 167-171.
8. Ковязин В. Ф., Романчиков А. Ю. Проблема кадастровой оценки лесных земель с учетом инфраструктуры лесного фонда // Записки горного института. – 2018. – Т. 229. – С. 98-104.
9. Ковязин В. Ф., Киценко А. А., Реза Ш. С. О. Кадастровая оценка лесных земель с учетом степени развитости их инфраструктуры // Записки Горного института. – 2021. – Т. 249. – С. 449-462.
10. Лепихина О. Ю., Ососкова Ю. Ф. К современным проблемам государственной кадастровой оценки недвижимости // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2018. – Т. 26. – №. 1. – С. 19-27.
11. Лепихина О. Ю., Балтыжакова Т. И. К проблеме определения вида использования земель для целей кадастровой оценки // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. – 2019. – №. 10. – С. 62-66.
12. Матвеева О. Ю., Иванцова Е. А. Вопросы государственной кадастровой оценки объектов недвижимости на современном этапе // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 1. – №. 8. – С. 194-201.
13. Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке: Приказ Росреестра от 04.08.2021 № П/0336 (Зарегистрировано в Минюсте России 17.12.2021 № 66421) // «СПС КонсультантПлюс»

14. Отчёт об определении кадастровой стоимости земельных участков, расположенных на территории Санкт-Петербурга по состоянию на 01.01.2022 от 12.09.2022 № 5/2022.
15. Отчет об итогах государственной кадастровой оценки земельных участков, расположенных на территории города Москвы по состоянию на 01.01.2022 от 07.11.2022 № 1/2022.
16. Отчет об итогах государственной кадастровой оценки в отношении всех учтенных в Едином государственном реестре недвижимости на территории Ростовской области земельных участков по состоянию на 01.01.2022 от 03.10.2022 № 19.10.03-6.

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОПОЛЗНЕВОГО СМЕЩЕНИЯ В ДОЛИНЕ Р. ВОРКУТА Вихоть А.Н.

*Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия*

Ввиду высокой чувствительности криолитозоны к изменениям климата [1] и последних тенденций таяния многолетнемерзлых толщ состояние криолитозоны отмечается как неустойчивое [2], поэтому здесь широко распространены такие экзогенные геологические процессы и явления, как оползни. При оценке и прогнозе динамики оползневых процессов в пространстве и во времени используются статистические методы.

Локальные исследования оползневого процесса были проведены на оползневом склоне в долине р. Воркута, примыкающей к г. Воркута. Опасность данного процесса и его катастрофичность на перспективу заключается в том, что бровка срыва примыкает к участку жилой застройки (рис. 1).

Данный склон очень крутой, высота срыва достигает 40 м, средней длины (400 м). Условиями, в которых протекает смещение грунтов с локальными обвалами, является эрозия полускальных грунтов вследствие мерзлотного и гидрогенного крипа.

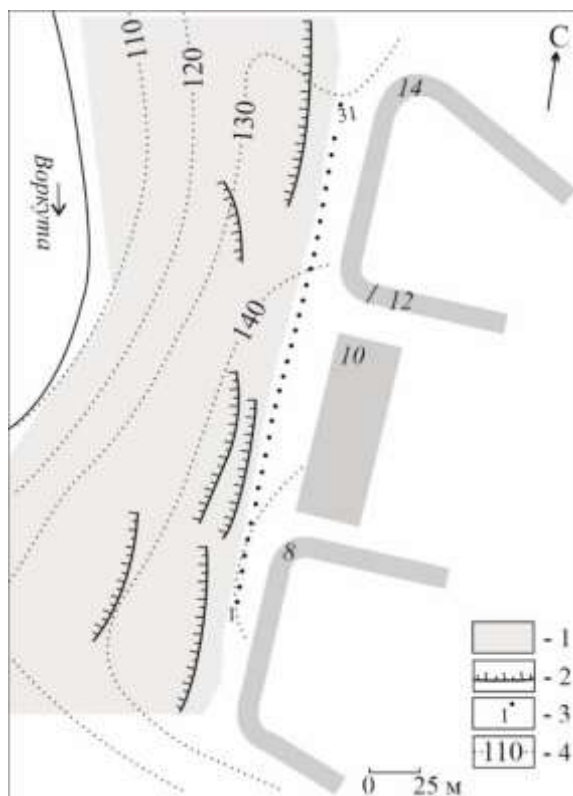


Рис. 1. Схема района оползневой участка в долине р. Воркута, г. Воркута: 1 – оползневый участок, 2 – бровка оползневой срыва, 3 – геодезический репер; 4 – абсолютная высота

Геодезические данные смещения реперов, установленных вдоль бровки срыва, предоставлены ГКУ РК «Геокриологическая служба», г. Воркута, за период 2013-2019 гг. В табл. 1 отображены рассчитанные значения вектора смещения в пространстве для каждого репера, цикл наблюдений – ежегодный, месяц – июнь. Для оползневой анализа были проведены необходимые статистические расчеты: математического ожидания ($\bar{X}$) и дисперсии (D). Дисперсионный анализ заключается в оценке зависимости математического ожидания или дисперсии некоторой случайной величины от выбранных категориальных (неметрических) переменных факторов, в нашем случае временных. Данный вид анализа возможно применять тогда, когда доказано, что распределение реализаций в выборке является нормальным, поэтому была выполнена проверка гипотезы однородности параметров по статистическим критериям. По построенному доверительному интервалу для случайной величины в соответствии с правилом трех сигм при уровне значимости 0,01 интервал составил ($9,5 < 18,5 < 27,5$) мм. Не все данные находятся

в пределах этого интервала, поэтому обратимся к непараметрическим критериям проверки гипотезы об однородности закона распределения. Воспользуемся «U-критерием Манна-Уитни», который является непараметрическим альтернативным методом критерию Стьюдента:

$$U_{\text{эмп}} = (N_1 \cdot N_2) + \frac{N_x \cdot (N_x + 1)}{2} - T_x$$

Эмпирические значения критерия представлены в таблице. По таблице критических значений для уровня значимости $p = 0,01$; $N_1 = 16$ и $N_2 = 15$; $U_{\text{кр}} = 55$. Для всех циклов наблюдений $U_{\text{эмп}} > U_{\text{кр}}$, что позволило принять гипотезу о равномерном распределении значений, следовательно, наблюдения независимы и в разное время реализуются случайным образом, реализации и дисперсии однородны. На рис. 2 приведен график движения бровки оползневого срыва по дисперсиям и его тренд, представленный квадратичным распределением. При отрицательном коэффициенте ускорения изменения уровня ряда в уравнении тренда и нисходящей правой части параболы можно сделать заключение, что в целом во второй половине цикла наблюдений оползневый склон перешел в некоторую стадию стабилизации относительно первой половины. Для установления всего цикла оползневого процесса необходимо вести дальнейший геодезический мониторинг. Это позволит сделать долговременный и кратковременный прогноз оползневого смещения и установить степень его опасности для жилого района.

Таблица

Смещение оползневых точек, мм

№ПН № ЦН	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	8,2	5,6	2,5	0,1	1,1	0,4	2,5	1,0	2,2	1,3	0,5	1,5	1,1	0,4	3,2	16,5	21,7
2	15,1	6,6	4,1	0,2	0,1	0,5	2,5	0,4	0,1	0,1	0,1	2,0	1,1	0,8	1,3	13,3	11,3
3	14,6	6,9	2,2	1,0	0,1	0,3	0,7	0,4	0,2	0,0	0,0	0,6	2,0	1,6	3,4	201,6	199,5
4	17,6	9,3	3,7	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	0,6	0,2	0,0	1,2	5,2	128,0	42,0
5	7,8	4,2	1,7	0,6	0,0	0,0	0,1	0,3	1,7	0,2	0,1	1,4	1,8	2,5	7,3	59,7	46,8
6	8,0	3,3	1,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,1	1,6	0,2	0,3	0,8	1,1	0,4	6,0	50,2	56,2
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	$\bar{X}$	D	$U_{\text{эмп}}$
1	14,3	21,2	43,2	49,3	6,8	0,4	0,7	0,1	0,4	0	0,2	0,4	0	0	6,7	145,55	104,1
2	10,8	15,9	21,4	16,7	9,5	0,1	1,0	0,9	0,2	1,2	0,2	1,0	0	0,4	4,5	40,57	100,5
3	196,5	98,9	12,9	57,2	251,4	0,7	0,4	0,6	4,9	0,3	0,1	1,7	1,7	1,1	34,3	5334,68	79,5
4	136,4	8,0	150,5	202,8	241,9	1,1	0,1	0,3	4,6	1,5	0,0	4,1	1,3	1,4	34,2	4624,08	71
5	64,7	64,3	48,4	114,3	3,0	0,5	0,9	0,7	0,0	2,9	0,4	4,7	0,6	0,3	14,3	812,69	86
6	107,9	38,8	0,1	232,9	9,6	0,4	2,6	0,3	0,1	0,7	0,1	0,0	2,0	0,1	17,0	2130,24	121

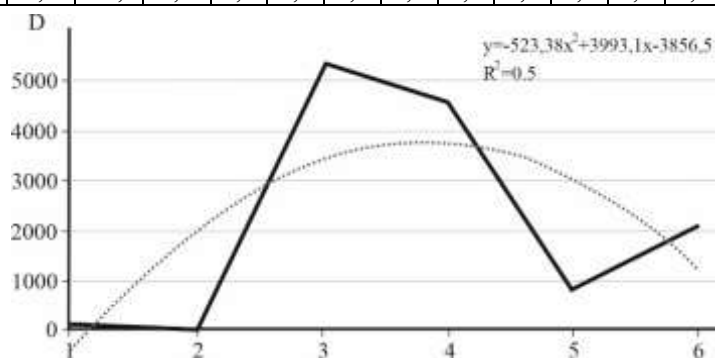


Рис. 2. График распределения дисперсий смещения оползневых точек и аппроксимирующей функции

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Глубинное строение, геодинамическая эволюция, взаимодействие геосфер, магматизм, метаморфизм и изотопная геохронология Тимано-Североуральского литосферного сегмента»

Автор выражает благодарность ГКУ РК «Геокриологическая служба» за предоставление данных.

Литература

1. Ананичева М.Д., Анохин Ю.А., Болгов М.В. и др. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. – Москва: Планета, – 2012. – 511 с.
2. Васильев А. А. и др. Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геокриологического мониторинга в западном секторе российской Арктики // Криосфера Земли. – 2020. – Т. 24. – №. 2. – С. 15.

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ТОМЬ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)

Владимирова О.Н.

Научный руководитель профессор Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Особо важной и всегда актуальной проблемой является, обеспечение населения качественной питьевой водой. На урбанизированных территориях большое значение имеют исследование условий формирования водных ресурсов, и, соответственно, контроль состояния водных объектов. В г. Томске (Российская Федерация, Сибирский федеральный округ, Томская область) территории, где располагались преимущественно земли сельскохозяйственного назначения переходят в земли городской застройки, и увеличиваются с каждым годом. Малые речные бассейны весьма чувствительны к антропогенной нагрузке и отвечают на эту нагрузку негативными изменениями, которые ухудшают или ограничивают водопользование.

Целью работы – расчет геохимического баланса, для оценки состояния водных объектов в условиях антропогенной нагрузки. Объекты исследования – подземные и речные воды в водосборах малых притоков реки Томь на участке ее нижнего течения: правобережные притоки – рр. Киргизка (Большая Киргизка), Ушайка, Басандайка; левобережные притоки – рр. Порос, Кисловка, Лебяжья.

Рассматриваемая территория расположена на стыке двух гидрогеологических структур: Алтае-Саянской гидрогеологической складчатой области (АСГСО) и Западно-Сибирского артезианского бассейна (ЗСАБ); в природных зонах: лесостепи и южной тайги. Водосборы правобережных притоков соответствуют АСГСО и границе южной тайги, водосборы левобережных – ЗСАБ и лесостепи. С гидрогеологическим строением подробно можно ознакомиться в [1, 2], тут же охарактеризуем приближенно в виде сочетания водоносных отложений возрастов (сверху вниз): 1) в левобережье р. Томи – неоген-четвертичный, палеогеновый, меловой комплексы; по минерализации четвертичный и палеогеновый водоносный горизонт воды преимущественно пресные, а меловой водоносный характеризуется заметно большим содержанием в подземных водах растворенных солей; у берега Томи к поверхности выходит щетка интрузивных пород (образования палеозоя), в водосборе р. Лебяжья более существенно распространение водоносных отложений неогена; 2) в правобережье р. Томи – четвертичного, палеогенового, мелового и палеозойского комплексов.

На изучаемой территории действуют несколько подземных водозаборов: Томский, Северский и Академический подземные водозаборы. Томский подземный водозабор (ТПВ), эксплуатирующий палеогеновый водоносный горизонт в пределах Обь-Томского междуречья, в том числе границах водосборов рек Кисловка и, особенно Порос.

Водосбор реки Лебяжьей расположен к югу от области питания ТПВ. Северский подземный водозабор находится в водосборе правобережного притока Томи – реки Киргизка, эксплуатирующий также подземные воды палеогеновых отложений. Река Ушайка протекает через весь г. Томск, а в ее водосборе расположен достаточно крупный водозабор (Академический) и значительное количество одиночных скважин. В реки Киргизка и Ушайка поступает поверхностный сток с городской территории, пригородных населенных пунктов, крупных предприятий и значительный объем сточных вод (от нормативно-чистых до неочищенных). В водосборе р. Басандайки забор речных и подземных вод, сброс стоков проводится, но в меньших объемах, по сравнению с рр. Ушайкой и Большой Киргизкой. Подытоживая вышесказанное, изучаемая территория площадью около 5000 км² обладает разнообразием природных и антропогенных условий формирования речных и подземных вод.

На первоначальном этапе производилась оценка элементов водного баланса водосборов исследуемых рек в среднем за многолетний период. Подробная методика расчета представлена в работе [3]. Анализ элементов водного баланса водосборов исследуемых рек показал, что значительная часть суммарного и, особенно, поверхностного стока сформирована снеготалыми водами, а для водосборов рек Порос, Кисловка, Лебяжья – практически полностью. Это связано с тем, что, во-первых, в теплый период большая часть атмосферных осадков тратится на суммарное испарение (с привлечением влагозапасов, сформированных в период снеготаяния).

Во-вторых, в водосборах левобережных притоков р. Томи в пределах лесостепной зоны суммарное испарение выше, чем в водосборах правобережных притоков (табл. 1). На следующем этапе исследования составлено уравнение геохимического баланса на основе уравнения водного баланса для взвешенных веществ для оценки величины стока и аккумуляции вещества, определяющих их процессов, пространственно-временных закономерностей изменения в замыкающем створе и в пределах исследуемого водосбора. Интересная особенность выявлена в структуре геохимического баланса – для водосборов левых притоков Томи – рек Порос, Кисловка, Лебяжья – величина ΔG значительно меньше, чем для правых притоков (реки Киргизка, Ушайка, Басандайка), причем положительные



Рис. Схема размещения пунктов гидрологических наблюдений (номера пунктов приведены в табл. 2)

значения ΔG отмечены при слое поверхностного стока $Y_{sf} > 63$ мм/год и отрицательных значениях величины $(P - E) \geq 0$ (табл. 2). Отрицательные значения ΔG можно интерпретировать как общее преобладание в левобережной части водосбора Томи на участке ее нижнего течения процессов аккумуляции веществ, поступающих с атмосферными осадками. Напротив, положительные значения ΔG в водосборах рек Киргизка, Ушайка и Басандайка, видимо, свидетельствуют о более значительной роли процессов выщелачивания и растворения горных пород на фоне значимого пополнения влагозапасов в теплый период, при котором происходит не только пополнение ресурсов подземных вод, но и формирование поверхностного стока.

На примере шести малых рек – притоков Томи (Западная Сибирь, второй крупнейший приток Оби) – подтверждены известные выводы о том, что при снижении интенсивности водообмена увеличивается время взаимодействия в системе «вода-порода» и, соответственно, суммарное содержание в подземных водах растворенных солей. Для территорий со значительным пополнением влагозапасов в теплый период года, при котором формируется не только подземный, но и поверхностный сток, преобладают процессы выщелачивания и растворения горных пород по сравнению с аккумуляцией солей, поступающих на водосбор с атмосферными осадками. Для территорий, в пределах которых пополнение ресурсов подземных вод связано в основном в период снеготаяния, при формировании химического состава подземных вод более значительную роль играют процессы поступления веществ извне, что целесообразно учитывать при проектировании зон санитарной охраны подземных водозаборов и контроле хозяйственной деятельности в пределах области питания подземных вод [3].

Таблица 1

Среднегодовое значение элементов водного баланса водосборов малых рек

Река	F	Q_a	$C_v(Y)$	Q_g/Q_a	Q_{g1}/Q_g	Q_{g2}/Q_g	Y_g	Y_{sf}	E_y	$E_{\geq 0}$	$(P-E)_{\geq 0}$	$(P-E)_{< 0}$
	км ²	м ³ /с	—	%			мм/год					
р. Киргизка	825	5.14	1.32	36	61	39	70	126	395	366	40	156
р. Ушайка	713	4.25	1.67	16	96	4	30	158	403	374	32	156
р. Басандайка	402	2.61	1.47	23	80	20	47	158	386	358	48	156
р. Порос	316	0.45	1.31	30	85	15	13	32	546	517	-111	156
р. Кисловка	458	0.75	1.08	42	73	27	22	30	539	510	-104	156
р. Лебяжья	1390	3.57	2.21	5	97	3	4	77	445	420	-48	129

Примечание: F – площадь водосбора; Q_a – среднегодовое значение расхода воды; $C_v(Y)$ – коэффициент вариации месячного стока; Q_g/Q_a – подземная составляющая среднегодового расхода воды; Q_{g1}/Q_g и Q_{g2}/Q_g – доля грунтовых и напорных вод в подземном стоке; Y_g и Y_{sf} – подземная и поверхностная составляющие слоя годового водного стока; E_y и $E_{\geq 0}$ – суммарное испарение за год и теплый период; $(P-E)_{\geq 0}$ и $(P-E)_{< 0}$ – разность между атмосферным увлажнением и испарением в теплый и холодный периоды.

Таблица 2

Среднегодовое значение элементов водного баланса водосборов малых рек, т/год

Река – пункт	G_r	G_{sn}	G_{Ysum}	G_{Yg}	G_{Ysf}	ΔG
1. р. Киргизка – п. Кузовлево	30380	3297	59345	29421	29923	25668
2. р. Ушайка – п. Степановка	26256	2849	54448	12111	42337	25343
3. р. Басандайка – п. Басандайка	14803	1606	37337	9386	27951	20927
4. р. Порос – с. Зоркальцево	11636	1263	2635	2161	474	-10264
5. р. Кисловка – п. Тимирязево	16865	1830	7851	3830	4021	-10845
6. р. Лебяжья – с. Безменово	46899	4624	56544	3202	53342	5021

Примечание: G_r и G_{sn} – поступление растворенных солей в водосбор с дождевыми и снеготалыми водами; G_{Ysum} , G_{Yg} , G_{Ysf} – суммарный сток растворенных солей в замыкающем створе реки, его подземная и поверхностная составляющие; ΔG – результат растворения и выщелачивания горных пород и аккумуляции веществ в водосборе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ № 23-27-00039 от 24.01.2023 г.

Литература

1. Нуднер В. А. Гидрогеология СССР. Т. XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) // М.: Недра. – 1970.
2. Гидрогеология СССР. Т. 17. Кемеровская область и Алтайский край. М.: Недра, 1972. 398 с.
3. Vladimirova O. N., Savichev O. G. Interaction between River Water and Groundwater in the Lower Reaches of the Tom River, Tomsk Oblast, Russian Federation // Water Resources. – 2022. – Т. 49. – №. Suppl 2. – С. S113-S122.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ ТЫВА ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Гагарина К.М.^{1,2}, Балобаненко А.А.¹, Пасечник Е.Ю.²

¹Филиал «Сибирский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Томск, Россия

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

В гидрогеологическом отношении район работ расположен в пределах Алтае-Саянской СГСО (1 порядок). [1]. На изучаемой площади выделяются водоносный горизонт современных четвертичных аллювиальных отложений и водоносный комплекс средне-верхнеюрских отложений.

В ходе работы проанализированы пробы воды в 6 точках наблюдения по 4 объектам техногенного воздействия (рис. 1). В многолетнем плане отмечается увеличение количества осадков на изучаемой площади, что сказалось и на уровне подземных вод четвертичных отложений (скв. 303, 298, 353 и 356). Уровень подземных вод юрских отложений понизился (рис. 1).

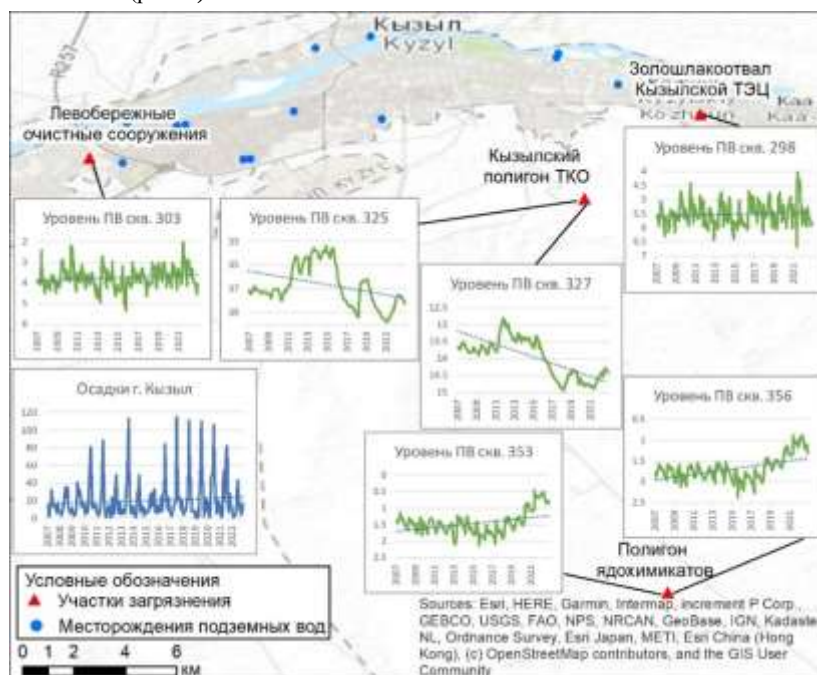


Рис. 1. Обзорная схема района исследований и уровни подземных вод

Пробоотбор выполнялся специалистами филиала ФГБУ «Гидроспецгеология» по СФО при ведении государственного мониторинга состояния недр. В подземных водах определялся обширный перечень показателей, как макрокомпонентного состава, так и микрокомпонентного. В качестве нормативных принимались содержания установленные в СанПин 1.2.3685-21 для вод хозяйственно-питьевого водоснабжения [2].

В таблице приведены усредненные формулы солевого состава и элементы, содержания которых выше ПДК, по участкам загрязнения и в фоновых условиях.

Таблица

Формулы солевого состава подземных вод в точках опробования

Номер скважины	Участок загрязнения	Формула солевого состава	Элементы, содержания которых выше ПДК
246	Фон	$M_{0,21} \frac{HCO_3 76 SO_4 15}{Ca 63 Mg 22 Na 15}$ pH 7,4 Ж 2,85	-
298	Золотлакоотвал Кызылской ТЭЦ	$M_{0,61} \frac{HCO_3 72 Cl 21}{Na 52 Ca 46}$ pH 11,76 Ж 5,3	pH, Al, ОЖ, М, As, Pb
303	Левобережные очистные сооружения	$M_{0,45} \frac{HCO_3 64 SO_4 19 Cl 12 NO_3 5}{Ca 58 Na 25 Mg 17}$ pH 7,5 Ж 5,7	NO ₃ , ОЖ, М, ПО
325	Кызылский полигон ТКО	$M_{2,1} \frac{HCO_3 61 SO_4 33 Cl 5 NO_3 1}{Mg 52 Ca 24 Na 24}$ pH 7 Ж 29	Ж, М, NO ₃ , NH ₄ , ПО
327	Кызылский полигон ТКО	$M_2 \frac{HCO_3 52 SO_4 22 Cl 20 NO_3 6}{Mg 48 Na 32 Ca 20}$ pH 7,2 Ж 24	Ж, М, NO ₃ , NH ₄ , ПО
353	Полигон ядохимикатов	$M_{1,15} \frac{HCO_3 36 NO_3 31 Cl 24 SO_4 9}{Mg 43 Ca 27 Na 25 NH_4 5}$ pH 7,7 Ж 13	Ж, М, NO ₃ , NH ₄ , ПО, Mg, As
356	Полигон ядохимикатов	$M_{1,3} \frac{HCO_3 48 Cl 37 SO_4 15}{Mg 60 Ca 22 Na 15}$ pH 7,8 Ж 13,9	Ж, М, NO ₃ , NH ₄ , ПО, Mg, As

По участку Золошлакоотвал Кызылской ТЭЦ в многолетнем разрезе отмечается снижение концентраций хлоридов, алюминия, свинца, а также мышьяка (1 класс опасности) в подземных водах четвертичных отложений (рис. 2, 3). Показатели минерализации и жесткости носят пульсирующий характер. Данное обстоятельство может быть связано с уменьшением использования ТЭЦ угля и соответственно со снижением отходов, поступающих в золоотвал.

На участке Левобережных очистных сооружений в подземных водах первого от поверхности водоносного горизонта (Q) периодически отмечается превышения нормативных значений по окисляемости перманганатной, нитратам, жесткости и минерализации (рис. 4). Концентрации аммония не превышают предельно допустимых концентраций, однако выше фоновых. Увеличение упомянутых показателей во времени возможно связано с увеличением количества поступающих стоков на очистные сооружения, однако их влияние на подземные воды присутствует, но на данном этапе оно не имеет катастрофических последствий.

На участке Кызылского полигона ТКО в г. Кызыле, повышенные общая жесткость и минерализация характерны для юрских вод, удаленных от рек, однако в данном случае техногенное влияние накладывается на повышенные природные значения. В подземных водах фиксируются высокие концентрации нитратов, аммоний иона, сульфатов, превышения нормативных значений по окисляемости перманганатной и стронцию (рис. 5, 6). Динамика загрязнения нитратами прослеживается по скважине 327, уровень подземных вод, которой наиболее близок к поверхности. В последние годы на полигоне не производится прием жидких отходов, в связи с чем наметилась тенденция к уменьшению загрязнения. Зона влияния полигона ТКО в настоящее время не распространяется на действующие водозаборы, расположенные ниже по потоку подземных вод в мкр. Спутник.

В зоне влияния Полигона ядохимикатов в подземных водах четвертичного горизонта по данным опробования скважин 353 и 356 фиксируется устойчивое загрязнение органикой по перманганатной окисляемости, аммонием, нитратам, увеличена общая жесткость, минерализация (рис. 7–10). В повышенных концентрациях в воде обнаружен мышьяк (1 класс опасности), концентрации которого в многолетнем плане значительно снизились. С 2017 года отмечается планомерное повышение уровня подземных вод и с этого же периода отмечается увеличение концентраций нитратов и аммоний иона, что является следствием их интенсивного вымывания из грунтов полигона ядохимикатов.

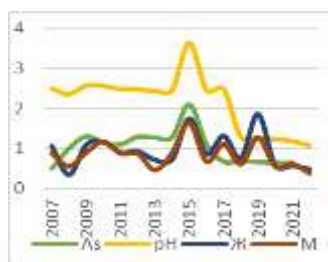


Рис. 2. Кратность превышения ПДК в скв.298 (As, pH, Ж, M)

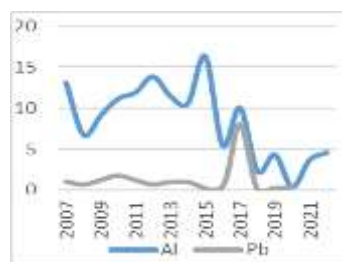


Рис. 3. Кратность превышения ПДК в скв.298 (Al, Pb)

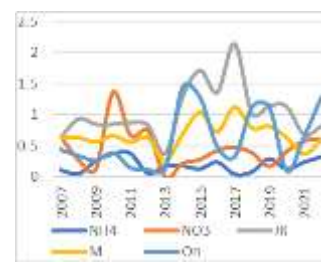


Рис. 4. Кратность превышения ПДК в скв. 303

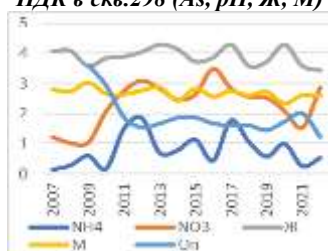


Рис. 5. Кратность превышения ПДК в скв. 327

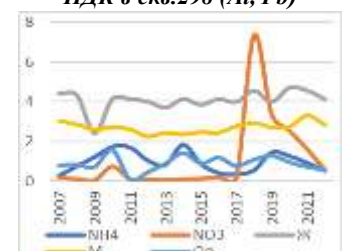


Рис. 6. Кратность превышения ПДК в скв. 325

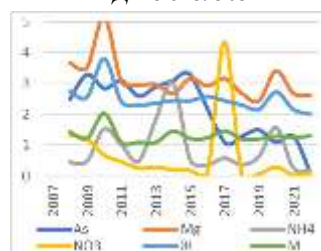


Рис. 7. Кратность превышения ПДК в скв. 356

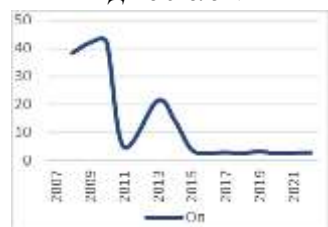


Рис. 8. Кратность превышения ПДК в скв. 356 (ОП)



Рис. 9. Кратность превышения ПДК в скв. 353 (As, Mg, Ж, M, Cl)

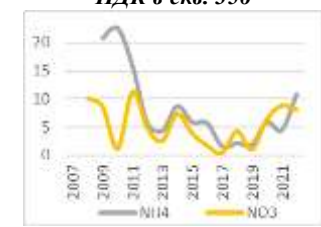


Рис. 10. Кратность превышения ПДК в скв. 353 (NH4, NO3)

Литература

1. Карта гидрогеологического районирования РФ. – М. – 2011
2. 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>.

ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ИСТОРИЧЕСКОГО РУДНИКА ГЕРБЕРТЦ ПИТКЯРАНТСКОГО РАЙОНА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ)

Голубева Е.Д.

Научный руководитель ведущий научный сотрудник Е.С. Сидкина
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Цель исследования природных вод района Питкярантского рудного района – изучение поведения химических элементов, в частности рудной специализации. В ходе полевых работ 2021–2022 г. исследователями были отобраны пробы воды из шахт «Гербертц-1» и «Гербертц-2» с разных глубин.

Пробоотбор природных вод затопленных рудников проходил в 2021 и 2022 г. в Питкярантском рудном районе (Южная Карелия). Всего было отобрано 5 проб воды: 22-01 и 22-02 отобраны из шахты Гербертц-1 (западный ствол) с глубин 0,5 и 3 м соответственно, 22-03 – из шахты Гербертц-2, П1 и П2 – с глубины 2 м и с поверхности из шахты Гербертц-1 (восточный ствол).

При пробоотборе анализировались показатели pH, Eh, кондуктометрия (HM Digital, Южная Корея), содержание растворенного кислорода (оксиметр WaterLiner WDO-64) и температура воды. Также на точке определяли содержание растворенной CO₂ титриметрией. Пробы для элементного анализа на точке опробования фильтровали через ацетат-целлюлозные мембраны с размером пор 0.45 мкм в стерильные пробирки типа Фалькон объемом 15 мл с добавлением 0.45 мл HNO₃ ос.ч. Для ионной хроматографии пробы были отобраны в отдельные пробирки объемом 15 мл.

Для анализа компонентов карбонатной системы пробы отобраны в бутылки объемом 300 мл, предварительно трижды промытые исследуемой водой.

Содержания Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, S определяли методом ICP-AES с помощью плазменного спектрометра iCAP 6500 DUO (Thermo Scientific), содержания микроэлементов определены методом ICP-MS на квадрупольном масс-спектрометре X-series 2 (Thermo Scientific).

Хлор и сульфат-ион были определены методом ионной хроматографии на приборе ICS-6000-AnCat-AS. Для лучшего сведения баланса были взяты средние значения по катионам.

Элементный анализ воды был выполнен в ГЕОХИ РАН. Компоненты карбонатного равновесия (CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻) определялись методом потенциометрического титрования с использованием высокоточного анализатора Эксперт-001 (ООО Эконикс-Эксперт) по методике ГОСТ 31957-2012.

В качестве геохимического фона приняты средние геометрические значения содержания элементов в поверхностных водах по данным [1], полученные для северо-западных территорий России, сходных с районом исследований по ландшафтно-климатическим условиям.

Химический состав изучаемых природных вод приведен в таблице.

Таблица

Химический состав изучаемых природных вод в шахтах Гербертц-1 (22-01, 22-02, П2) и Гербертц-2 (22-03)

Компоненты и показатели	Единица измерения	Фоновые значения [1]	Точки пробоотбора				
			22-01	22-02	22-03	П1	П2
pH	Ед. pH	н/д	6,58	6,33	6,47	6,82	6,62
Электропроводность	мксм/см	н/д	90	101	83	124,7	95,7
T _{воды}	°С	н/д	7,6	11,2	9,9	4,8	10,02
M	мг/л	н/д	75	79	62	66	53
CO ₂		н/д	50,4	54,6	31,5	4,4	3
HCO ₃ ⁻		н/д	52,7	54,7	33,7	66,4	51
F ⁻			1,67	1,77	0,44	2,27	2,05
Cl ⁻		0,857	1,19	1,15	0,87	1,7	1,4
SO ₄ ²⁻		2,23	4,05	5,36	13,77	6,82	7,5
Ca ²⁺		2,32	12,06	12,76	10,91	13	9,82
Mg ²⁺		0,776	2,85	3	2,33	4,38	3,39
Na ⁺		1,04	4,54	4,42	3,57	5,62	3,62
K ⁺		0,344	1,51	1,2	0,79	1,43	2,06
Fe	мг/л	0,072	2,857	3,228	2,215	4,76	0,9
Al	мг/л	0,034	0,37	0,39	0,20	0,37	0,38
P			0,03	0,03	<0,01	0,02	<0,01
S			2,06	2,50	5,65	2,39	2,92
Si			8,58	9,03	4,58	9,50	4,70

Примечание: н/д – нет данных; М – минерализация; жирным шрифтом выделены значения, превышающие фоновые.

Результаты измерений были сбалансированы по HCO₃⁻ т.к. его содержание наиболее высоко в сравнении с другими компонентами, а также его погрешность оказалась наиболее высокой.

По формулам Курлова для каждой пробы, приведенным ниже

22-01. CO₂50,4Fe2,9 $\frac{HCO_3^- \cdot 88Cl^- \cdot 3,4SO_4^{2-} \cdot 9}{Ca65Mg25(Na+K)9}$ pH6,58t⁰7,6 – вода гидрокарбонатная кальциевая, весьма пресная

22-02. $\text{CO}_2 54,6\text{Fe} 3,2 \frac{\text{HCO}_3^{3-} 88\text{Cl}^- 3\text{SO}_4^{2-} 11}{\text{Ca} 57\text{Mg} 22(\text{Na}+\text{K}) 20} \text{pH} 6,33 t^{0} 11,2$ – гидрокарбонатная кальциевая, весьма пресная

22-03. $\text{CO}_2 31,5\text{Fe} 2,215 \frac{\text{HCO}_3^{3-} 64\text{Cl}^- 3\text{SO}_4^{2-} 33}{\text{Ca} 57\text{Mg} 30(\text{Na}+\text{K}) 22} \text{pH} 6,47 t^{0} 9,9$ – сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая, весьма пресная

П1. $\text{CO}_2 4,4\text{Fe} 4,76 \frac{\text{HCO}_3^{3-} 85\text{Cl}^- 4\text{SO}_4^{2-} 11}{\text{Ca} 54\text{Mg} 30(\text{Na}+\text{K}) 16} \text{pH} 6,82 t^{0} 4,8$ – гидрокарбонатная натриево-кальциевая, весьма пресная

П2. $\text{CO}_2 3\text{Fe} 0,9 \frac{\text{HCO}_3^{3-} 81\text{Cl}^- 4\text{SO}_4^{2-} 15}{\text{Ca} 46\text{Mg} 26(\text{Na}+\text{K}) 28} \text{pH} 6,62 t^{0} 10,02$ – гидрокарбонатная натриево-магниево-кальциевая, весьма пресная; можно сказать следующее:

Результаты анализа проб показывают повышенные содержания SO_4^{2-} , Fe, Ca, Mg, HCO_3^- , CO_2 в водах района шахты «Гербертц-1» и «Гербертц-2» относительно значений геохимического фона. Изучаемые природные воды являются весьма пресными по классификации ОСТ 41-05-263-861. Величина общей минерализации изменяется от 85 мг/л (на поверхности восточного ствола шахты Гербертц-1) до 142 мг/л (шахта «Гербертц-1», западный ствол). По величине pH все воды нейтральные (6.33–6.82). При пробоотборе была измерена температура воды. Вода во всех точках холодная: от 4,8 °С в шахте Гербертц-1 на глубине 2 м до 11,2 °С в Гербертц-2 на поверхности.

Воды преимущественно гидрокарбонатные кальциевые. Превышения геохимического фона в этой точке наблюдаются по Fe и Al. Основные катионогенные элементы в изученных водах находятся преимущественно в ионной форме. Характер распределения кальция и магния почти идентичен. Кроме ионной формы эти элементы мигрируют в форме гидрокарбонатного комплекса.

Литература

1. Гавич И. К., Лучшева А. А., Семенова С. М. Сборник задач по общей гидрогеологии: учебное пособие. – Недра, 1985.
2. Конышев А. А. и др. Особенности поведения химических элементов в системе вода-порода района разрабатываемого карьера буттового камня в Питкярантском рудном районе (Карелия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – №. 3. – С. 7-19.
3. Конышев А. А. и др. Химический состав и формы нахождения металлов в водах района шахты "Люпикко-1" (Питкярантский рудный район, Карелия) // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2021. – №. 6. – С. 55-67.
4. Томилина О. В. и др. Комплект карт геохимической основы государственной геологической карты Российской Федерации // Геохимическое картирование севера европейской территории России в рамках международной программы «Экогеохимия Баренцева региона» и проведение опережающего этапа составления геохимических основ Госгеолкарты-1000 третьего поколения на листы. – 2004. – Т. 2. – С. 35.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОБОДНОГО НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Зайцев А.В.

Научный руководитель доцент Крамаренко В.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В данной статье представлен обзор уже имеющихся стандартов по методам определения свободного набухания глинистых грунтов и необходимость экспресс методов (FIS) при инженерных изысканиях.

Свободное набухание или дифференциальное свободное набухание, также называемое «индексом свободного набухания», представляет собой увеличение объема грунта без какого-либо внешнего ограничения при погружении в воду. Грунт с высоким индексом свободного набухания считается непригодным для использования в качестве материала насыпи. В другом случае, если нижний слой грунта имеет высокий индекс свободного набухания, перед строительством насыпи на данном грунте могут потребоваться соответствующие меры по улучшению грунта. Именно поэтому экспресс методы по выявлению индекса свободного набухания (FSI) так необходимы для строительства и инженерно-изыскательных работ.

Для определения характеристики набухания грунта используются разные лабораторные методы. Так в России, в 80-ых годах XX века, за стандарт для определения набухания в лабораторных условиях использовался ГОСТ 24143-80 Грунты «Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки», в 20-ых годах XXI века был заменен на ГОСТ 12248.6-2020 Грунты «Методы определения набухания и усадки». Данный стандарт распространяется на глинистые грунты природного и нарушенного сложения и устанавливает методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки, которые проявляются при изменении влажности глинистых грунтов. Но в свою очередь является недействительным для глинистых грунтов, содержащих крупнообломочные включения с размерами зерен более 5 мм, и на глинистые грунты в мерзлом состоянии. Суть данного метода заключается в измерении высоты испытываемого образца, при невозможности бокового расширения, увеличение которого происходит за счет сил расклинивающего давления, возникающих между глинистыми частицами при гидратации поверхности глинистых частиц молекулами воды, поступающей к образцу при его дополнительном замачивании. Данные испытания проводят в целях установления следующих характеристик набухания: свободное набухание ε_{sw} , набухание под нагрузкой ε_{sw} , давление набухания p_{sw} , влажность грунта после набухания w_{sw} [1]. Испытание проводится при естественной влажности, поэтому грунт в разные сезоны может по-разному классифицируется, а при высокой влажности при таянии снегов или после сильных дождей будет определен как не набухающий. Поэтому

экспресс-процедуры, определяющие склонность грунтов к набуханию, очень важны при изысканиях, и требуют анализа действующих методов и их тестирования для составления базы данных.

По СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства, предварительную оценку нормативных значений величины свободного набухания набухающих грунтов (главным образом монтмориллонитовых и полигорскитовых глин, в меньшей степени – гидрослюдистых и каолиновых глин) при инженерно-геологических изысканиях для сооружений I и II уровня ответственности, а также окончательную их оценку для сооружений III уровня ответственности допускается выполнять по их физическим характеристикам [2]. Также эти данные содержатся в СП 449.1326000.2019 Инженерные изыскания для строительства в районах распространения набухающих грунтов. Для нахождения свободного набухания используют «Прибор свободного набухания ПНГ».

За рубежом используются следующие показатели набухания: Free Swell Index [7], Изменение потенциального объема (PVC) и индекс набухания, фунт/фут² [9]; процент набухания CBR (%) [13]; COLE и LE (%) [5], индекс расширения [11]. Существуют также косвенные методы прогнозирования изменения объема грунта в зависимости от Пределы Аттерберга – предел жидкости (LL), предел пластичности (PL), предел усадки (SL), индекс пластичности, содержание коллоидов, поведение грунта, влажность и плотность сухой грунта, суммарное влагопоглощение и многие другие характеристики [4, 6–8, 10, 12].

В Индии имеется свой стандарт по определению характеристики свободного набухания. Он имеет следующее обозначение: IS 2720 (Part-40): 1977 (Reaffirmed 2021) «Method of test for soils: Determination of Free swell Index of soils».

Согласно IS: 2720 [8] FSI определяется по формуле:

$$FSI = \frac{V_d - V_k}{V_k} * 100$$

Где, V_d – объем образца грунта в цилиндре с дистиллированной водой; а V_k – объем образца грунта в цилиндре с керосином.

Примечание – FSI или индекс свободного набухания округляется до целого числа.

Метод определения FSI был предложен Holtz и Gibbs (1956) [7]: сухой грунт объемом 10 см³ (V₀) просеивают через сетку № 425 мкм, засыпанную в цилиндр объемом 100 см³, заливают водой, затем через 24 часа измеряют объем грунта (V) и процент набухания определяют

Фактическая величина создаваемого давления набухания зависит от плотности в сухом состоянии, исходного содержания воды, дополнительной нагрузки и ряда других факторов окружающей среды. Было замечено что экспресс метод дает отрицательные значения FSI для грунтов, богатых каолинитом.

Таблица 1

Справочная таблица свободного набухания по IS 2720 (Part-40)

Показатель текучести, (%)	Число пластичности, (%)	Индекс усадки, (%)	Свободная волна, (%)	Степень набухания	Степень влияния
20-35	<12	<15	<50	Низкая	Не критичная
35-50	12-23	15-30	50-100	Средняя	Не значительная
50-70	23-32	30-60	100-200	Высокая	Критичная
70-90	>32	>60	>200	Очень высокая	Опасная

В США также имеется стандарта по методы определения характеристики набухания. Обозначается как ASTM-D4829-21 «Standart test method for expansion index of soils». Сущность метода заключается в определении потенциала расширения грунтов при залипании дистиллированной водой, а также помогает измерить качественный показатель свойства грунта, а не расчетный. В дальнейшем использовании данного параметра производится расчет фактической величины расширения. Индекс расширения, EI, указывает на способность грунтов к набуханию [3].

Формула нахождения индекса расширения:

$$EI = 100 * \Delta h * F$$

где Δh – процент набухания, а F – доля, прошедшая через сито размером 19 мм.

Таблица 2

Справочная таблица потенциала расширения по ASTM D-4829

Индекс расширения	Потенциал расширения
0-20	Очень низкий
21-50	Низкий
51-90	Средний
91-130	Высокий
>130	Очень высокий

Таким образом, имеется несколько аналогов стандарта методов определения свободного набухания грунта, наиболее распространение процедуры в настоящее время: в России по ГОСТ 12248.6-2020; в Индии IS 2720 (Part-40): 1977 (Reaffirmed 2021); в США ASTM-D4829-21. В каждом стандарте находятся разные показатели набухания грунта. Однако для создания эффективной общей методики стоит рассмотреть еще ряд стандартов и провести эксперименты для выявления наиболее качественной методики с оптимальными результатами. На данный момент среди предложенных методов, метод свободного набухания (FSI) имеет место рассматриваться как простой и удобный подход, как и в строительстве так и в инженерных изысканиях, позволяющий на начальных стадиях определить склонность грунтов к набуханию для проведения более детальных испытаний.

Литература

1. ГОСТ 12248-2020. Грунты. Метод определения набухания и усадки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566409064>
2. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007407>
3. ASTM-D4829-21 «Standart Test Method for Expansion Index of Soils» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.astm.org/d4829-21.html>
4. Bellendir E. N., Kagan A. A., Vekshina T. Y. On the classification of clayey soils in Russian and foreign standards // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – 2005. – Т. 42. – №. 1. – С. 22-27.
5. Brasher B. R. et al. Use of saran resin to coat natural soil clods for bulk-density and water-retention measurements // Soil Science. – 1966. – Т. 101. – №. 2. – С. 108.
6. Chen F. H. Foundations on Expansive Soils, Elsevier Scientific Publication Company. – 1975.
7. Holtz W. G., Gibbs H. J. Engineering properties of expansive clays // Transactions of the American Society of Civil Engineers. – 1956. – Т. 121. – №. 1. – С. 641-663.
8. IS: 2720. Indian Standard Methods of Test for Soils: Part 40 – Determination of Free Swell Index of Soils 1977 (BSI, New Delhi) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ia800403.us.archive.org/22/items/gov.in.is.2720.40.1977/is.2720.40.1977.pdf>
9. Lumbe T. W., Whitman R. V. Soil Mechanics, SI version. – 1988.
10. Snethen D. R. et al. An evaluation of methodology for prediction and minimization of detrimental volume change of expansive soils in highway subgrades. – 1979.
11. United States. Bureau of Reclamation. Design of small dams. – US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, 1987.
12. Van der Merwe D. H. The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soils // Civil Engineering= Siviële Ingenieurswese. – 1964. – Т. 1964. – №. 6. – С. 103-107.
13. Yoder E. J., Witczak M. W. Principles of pavement design. – John Wiley & Sons, 1991.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ПГТ СЕЛЕНГИНСК (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Зрелова М.И.^{1, 2}

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев¹

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

²Филиал «Сибирский региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Томск, Россия

Поселок Селенгинск находится в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории (БПТ) на левобережье реки Селенга, которая является крупнейшим притоком озера Байкал. Большое количество загрязняющих веществ в нее попадает от промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды в саму реку Селенгу, а также ее главные притоки: реки Чикой и Хилок. Озеро Байкал является уникальным природным объектом, одной из основных проблем которого стало загрязнение водами реки Селенга.

Важным для озера является сохранение уникальной экологической системы и предотвращение негативного воздействия хозяйственной и промышленной деятельности на ее состояние. Из-за высокой техногенной нагрузки изучение состояния подземных вод в зоне БПТ остается актуальным.

На территории Нижнеселенгинского промышленного узла техногенное воздействие оказывают Селенгинский ЦКК, заводы пос. Каменск, автомагистрали и железные дороги, карьеры, вторичное засоление и заболачивание земель. Цементной пылью покрыты улицы пос. Каменск, Тимлюй и их окрестности [1]. В зоне размещения объектов Селенгинского ЦККа и энергетической промышленности филиала ОАО «ТГК-14» загрязняются грунтовые воды четвертичных отложений.

На территории промышленной площадки Селенгинского ЦКК размещены объекты с отходами производства – шламоотстойники, золоотвал, шламонакопитель (рис. 1, 2). Комбинат сливает отходы в четыре отстойника. Два отстойника находятся в непосредственной близости от реки Чернуха, впадающей в реку Селенгу, а один – рядом с рекой Вилуйка, также впадающей в Селенгу. Никакой гидроизоляции у отстойников нет – это означает, что все отходы комбината свободно проникают в подземные воды, а оттуда в Селенгу и в конечном счете в Байкал. Химический анализ проб подземных вод показывает превышение ПДК во всех скважинах предприятия по ряду элементов: кадмию, марганцу, железу, аммиаку, таловому маслу, нефтепродуктам, сульфату.



Рис. 1. Вид Селенгинского ЦКК, Республика Бурятия



Рис. 2. Очистные сооружения Селенгинского ЦКК

Весь этот комплекс опасных веществ, распространяясь в недрах, попадает в протоки Селенги. Превышение ПДК по множеству показателей делает непригодной воду реки, но местные жители десятилетиями потребляют ее, подвергая свое здоровье опасности. Сточные воды комбината несут соединения фосфора, азота, хлора, что может быть смертельно опасным для всей экосистемы Байкала. Объемы стоков Селенгинского ЦКК, содержащие фосфор, существенно превышают объемы стоков Северобайкальска, Слюдянки и Байкальска. В деятельности очистных сооружений поселка Селенгинск и местного целлюлозно-картонного комбината обнаружили нарушения правил выброса в атмосферу загрязняющих веществ. Допущенные нарушения повлекли многократное превышение ПДК по сероводороду, фенолу, метанолу, формальдегиду и другим загрязняющим веществам.

Под воздействием загрязненных веществ находится не только поселок Селенгинск, но также село Брянк и садоводческое товарищество «Забайкалец», жители которых используют эту воду для питья и хозяйственно-бытовых нужд. Так, в 2021 г. в зоне воздействия ЦКК в подземных водах четвертичных отложений частных скважинах питьевого водоснабжения населения п. Брянк отмечены превышения нормативных значений по хрому (1,7 ПДК), по ртути (1,1–7,8 ПДК). В водах четвертичных отложений в 2021 г. в скважинах ГОНС в зоне воздействия Селенгинского ЦКК отмечены превышения нормативных значений по железу (52,8 ПДК), марганцу (17,5 ПДК), по ртути (5,5 ПДК) (рис. 3.). В многолетнем разрезе фиксировались повышенные концентрации мышьяка (до 52 ПДК). на участке п. Селенгинск, Республика Бурятия.

На золоотвалах Тимлюйской ТЭЦ в водах четвертичных отложений в 2022 г. продолжает фиксироваться снижение содержаний загрязняющих веществ: аммоний (1,8 ПДК), алюминий (0,2 ПДК), марганец (9,4 ПДК), нефтепродукты (1,7 ПДК), величина перманганатной окисляемости (0,6 ПДК) (рис. 4).

В зоне влияния нефтебазы «Бурят-Терминал» в подземных водах четвертичных отложений фиксировались высокие концентрации нефтепродуктов (500 ПДК) (рис. 5).

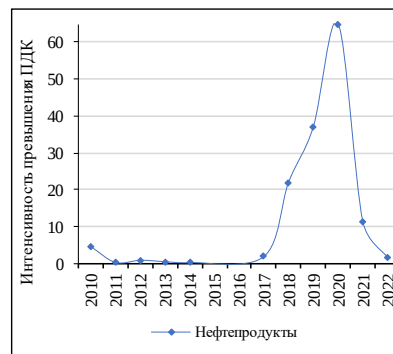
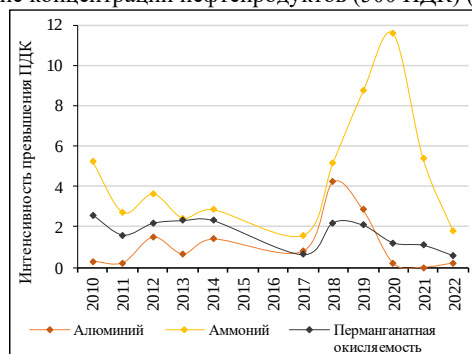


Рис. 4. График изменения интенсивности превышения ПДК на участке наблюдения золоотвал Тимлюйской ТЭЦ, Республика Бурятия

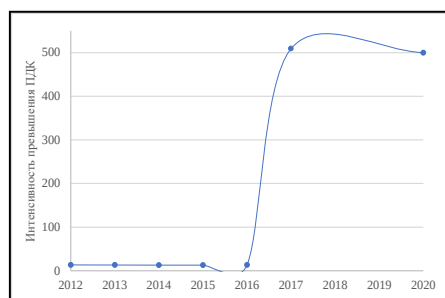


Рис. 5. Превышения ПДК по нефтепродуктам на участке наблюдения нефтебазы «Бурят-Терминал», Республика Бурятия

В ходе проведенного исследования установлено, что подземные воды в пределах Нижнеселенгинского промышленного узла подвергаются негативному техногенному воздействию. На территории промышленной площадки Селенгинского ЦКК в подземных водах выявлены превышения ПДК во всех скважинах предприятия по кадмию, марганцу, железу, аммиаку, таловому маслу, нефтепродуктам, сульфату. Сточные воды комбината несут соединения фосфора, азота, хлора. В атмосферу предприятием выбрасываются с многократным превышением ПДК сероводород, фенол, метанол, формальдегид и другие загрязняющие вещества. В 2021 году на предприятии было зарегистрировано повышенное содержание диметилсульфида. В 2021 г. в зоне воздействия ЦКК в подземных водах четвертичных отложений частных скважинах питьевого водоснабжения населения п. Брянк отмечены превышения нормативных значений по хрому, ртути. В скважинах ГОНС в зоне воздействия Селенгинского ЦКК отмечены превышения нормативных значений по железу, марганцу, ртути. В многолетнем разрезе фиксировались повышенные концентрации мышьяка на участке п. Селенгинск. На золоотвалах Тимлюйской ТЭЦ в водах четвертичных отложений в 2022 г. выявлено снижение содержания аммония, алюминия, марганца, нефтепродуктов, перманганатной окисляемости. В зоне влияния нефтебазы «Бурят-Терминал» в подземных водах четвертичных отложений также фиксировались высокие концентрации нефтепродуктов. Опасность представляют загрязняющие вещества, свободно проникающие в небольшие реки и подземные воды, а оттуда в Селенгу и в конечном счете в Байкал.

Литература

1. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швецов В. М. Геохимия подземных вод. – Наука, 2004.
2. Гидрогеология СССР. Том XXII. Бурятская АССР. М.: Недра. – 1970.
3. Государственный Доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2019 году». Москва, 2020.
4. Отчет по теме "Подготовка материалов для оценки экологического состояния подземных вод Байкальской природной территории", Томск 2022г.
5. Российская Федерация. Законы. Об охране озера Байкал: федер. Закон от 28.12.2013 № 406-ФЗ //

ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ГТМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Кузнецов Е.Н.

Научный руководитель доцент Манабаев К.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геотехнические изыскания, как независимый вид инженерных исследований в России ввели относительно недавно. Постановлением Правительства РФ № 20 от 19 января 2006 года «Об инженерных изысканиях при подготовке проектной документации для строительства и реконструкции объектов капитального строительства» в состав инженерных изысканий ввели новый вид исследований - инженерно-геотехнические изыскания. Геотехнические изыскания являются комплексом мероприятий, в котором проводятся изучения различных свойств грунтов. Данные исследования используются в качестве основы для сооружения зданий или прокладывания подземных сооружений и коммуникаций. Если в зоне строительства объекта распространены техногенные накопления или имеются сложные геолого-геоморфологические условия, то данные мероприятия используются для дополнительных исследований геодинамических процессов. В следствии этого проводится расчет устойчивости грунтового массива, с учетом всевозможных факторов.

Данный вид исследований включает в себя создание математической модели, которая учитывает влияние внешних факторов и вероятность возникновения геологических и техногенных процессов.

При геотехнических исследованиях проводится анализ архивных и фондовых материалов за прошлые года, на основе которых выполняется оценка места проведения работ:

- Изменения гидрогеологических условий участка. Сюда относится положение уровня подземных вод, их качественного состава, а также величина напора;
- Изменение состояния и свойств грунтов территории строительства, а также прилегающих территорий, попадающих в зону влияния нового строительства после начала работ.

При выполнении геотехнических изысканий учитываются ряд важных факторов и условий. Одним из таких являются гидрогеологические условия. Проводится прогноз водных горизонтов и оценивается их влияние на процессы внутри грунтов. Как показывает практика, изменение режима подземных вод отрицательно сказывается на физико-механические свойства водовмещающих пород.

Также сильное влияние оказывают геодинамические процессы. В результате внешнего воздействия может возникнуть вероятность возникновения техногенных, геологических и инженерно-геологических процессов, которые могут в значительной степени повлиять на надежность и целостность объектов, построенных на участке, с подобными геодинамическими условиями.

Прогнозирование изменений геологических процессов, с учетом всевозможных явлений является важной частью проектирования объектов. Такая геотехническая оценка позволяет разработать мероприятия по предупреждению опасных инженерно-геологических процессов, обеспечить долговечность и высокую надежность строящихся и существующих конструкций.

В настоящее время от индустриального партнера Томского политехнического университета поступил заказ на выполнение научно-исследовательской работы по расчету предельных параметров безопасности сооружений нефтегазоконденатного месторождения при геотехническом мониторинге.

Объектом исследования является газопровод внешнего транспорта, протяженностью 115 км, с рабочим давлением 9,8 МПа. Диаметр трубопровода составляет 1020 мм.

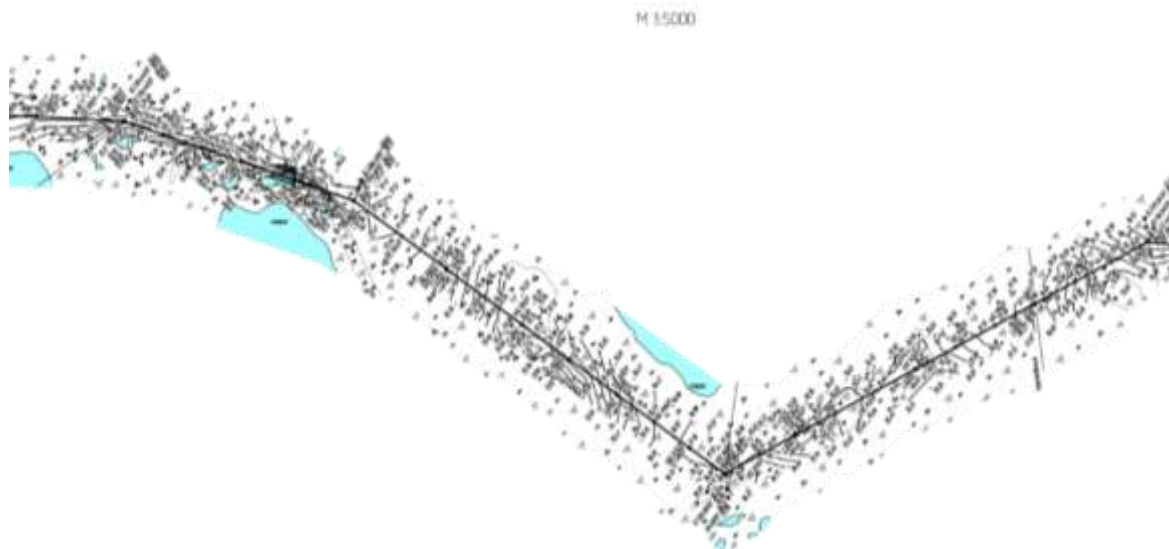


Рис. 1. Геодезическая съемка газопровода

Целью научно-исследовательской работы является разработка методики оценки геотехнической системы. Для выполнения данного проекта были проведены геотехнические изыскания, на основе которых будет проведен анализ напряженно-деформированного состояния газопровода.

В процессе работы над проектом будет проведен анализ проектной документации, в результате которой будет составлена линейная декомпозиция трассы трубопровода на пространственные модули по однотипности конструктивных и организационно-технологических решений. Будут выявлены возможные сценарии аварийных ситуаций, посредством инженерно-геологической типизации территории трассы. Затем проведена оценка геологических рисков, с определением веса факторов, обуславливающих возникновение геологических процессов и составление карт уязвимости к проявлению этих процессов. Все перечисленные выше исследования будут выполняться с использованием программного обеспечения «ArcGis».

Составление таблиц по участкам с характеристикой состояния объекта по возможным сценариям позволит спрогнозировать состояние оснований и фундаментов объекта, с учетом всех возможных на них видов воздействий.

Проект также включает моделирование сценариев возникновения опасных природных процессов и явлений, и техногенных воздействий. Для этого необходимо составление номенклатуры типовых геологических разрезов с набором параметров по опасным участкам, путем создания численных моделей в программном комплексе «Plaxis». Само моделирование выполняется в программном комплексе «Frost-3D», с перспективой на следующие 50 лет.

В конце будет проведено моделирование механического поведения модели ГТС, определение критических мест и концентраторов напряжений на сооружениях, а также определены предельные значения контролируемых параметров. (температурный режим грунтов основания и деформации).

В результате выполнения научно-исследовательской работы будут определены категории и критерии оценки состояния геотехнической системы. Разработана методика оценки состояния системы и представлены возможные мероприятия и технические решения, направленные по усилению оснований и фундаментов. Полученные результаты будут использоваться в рамках выполнения геотехнического мониторинга и позволят минимизировать риск возникновения аварийных ситуаций на протяжении всего срока эксплуатации объекта.

Литература

1. Официальный сайт Государственного бюджетного учреждения города Москвы «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/6874740.html>.
2. Официальный сайт Центра проектирования и инжиниринга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://obsledovanie-zdaniya.ru/inzhenerno-geotekhnicheskiye-izyskaniya.php>.
3. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://lentsiz.ru/wp-content/uploads/2019/01/17_SP-47.13330.2016-Inzhenernyye-izyskaniya-dlya-stroitelstva.-Osnovnyye-polozeniya.pdf.
4. Официальный сайт «Главное управление экспертизы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gge.ru/press-center/news/inzhenernye-izyskaniya-fundament-informatsionnoy-modeli/>.
5. Официальный сайт «Нефтяники. Нефть и газ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nftn.ru/stuff/services/inzhenernye_izyskaniya_na_obektakh_neftegazovoj_otrasli/14-1-0-12369.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕРА КУОЛЛАНДА-КЮЁЛЬ (ПРЕДВЕРХОЯНСКИЙ ПРОГИБ, ЯКУТИЯ)

Малков Д.С.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Озеро Куолланда-Кюёль расположено в долине р. Куолланда, вблизи места ее слияния с крупной водной артерией региона рекой Соболах-Маян (Собопол), берущей свое начало на склонах хребта Орулган в центральной самой высокогорной части Верхоянья. В тектоническом отношении это зона перикратонного погружения осадочного чехла Сибирской платформы в области ее примыкания к Верхоянскому складчато-надвиговому поясу – Предверхоаянский прогиб. Данный краевой (перикратонный, предгорный) прогиб, начиная с середины прошлого века, многими авторами отмечается как перспективный на обнаружение залежей углеводородов, но до сегодняшних дней он остается крайне малоизученным и труднодоступным регионом и, в этой связи, любой фактический материал, полученный в ходе полевых исследований, представляет значительный интерес.

Отбор проб из озера Куолланда-Кюёль производился в рамках гидрогеохимических исследований, нацеленных на рекогносцировочную оценку нефтеносности территории, и был выполнен сотрудниками АО «СНИИГТиМС» в ходе полевого маршрута по долине р. Соболах-Маян в июле-августе 2015 года при непосредственном участии автора. Всего в разных частях озера было отобрано 4 придонных пробы воды. Данные, полученные в результате гидрогеохимического опробования по долине р. Соболах-Маян (всего 163 анализа из основного русла, притоков и пойменных озер) приняты в качестве фоновых значений.

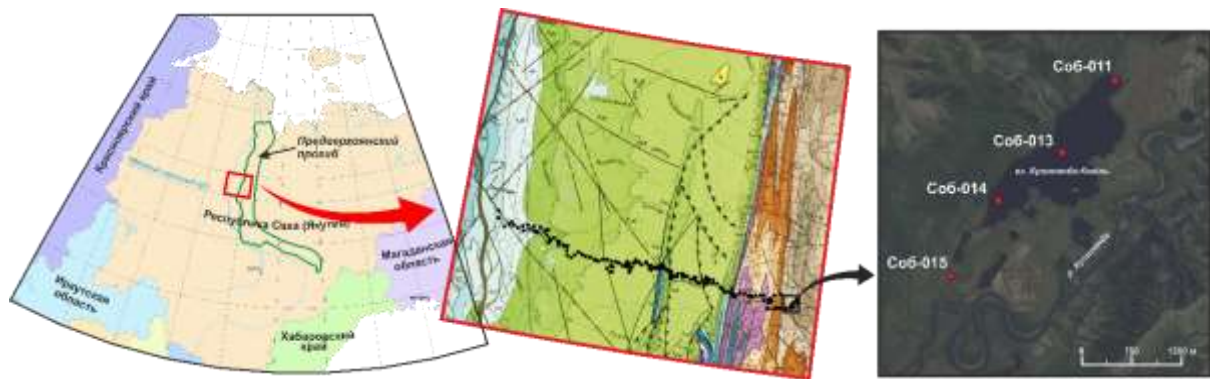


Рис. 1. Карта-схема исследуемого участка

Озеро вытянуто вдоль долины р. Куолланда и имеет сложные очертания. Площадь водного зеркала, измеренная по космоснимку, составляет порядка 2 км². Условный центр озера находится в точке с координатами 67°06'09.8" СШ и 126°45'34.2" ВД. Гипсометрическая отметка зеркала воды по данным системы спутникового позиционирования GPS составляет 220 метров.

Пробы воды отбирались из придонного слоя, при помощи ПЭТ флаконов с притертой крышкой, с одновременной фиксацией глубины отбора и измерениями гидрогеохимических параметров (рН, Eh) портативным анализатором HQ-40D фирмы Hach Lange (США). Химический состав вод изучен в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета с использованием методов ионной хроматографии и титриметрии.

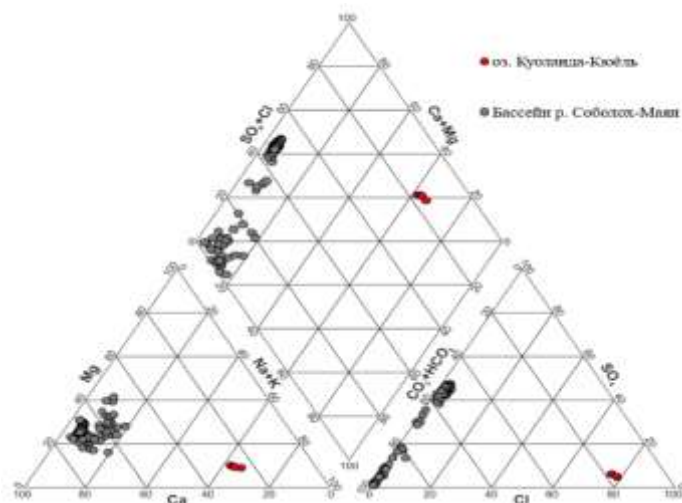


Рис. 2. Диаграмма Пайпера

Три пробы (Соб-011, Соб-013 и Соб-014) были отобраны непосредственно из озера Куолланда-Кюёль с глубин 7, 17 и 6 метров соответственно, а проба воды Соб-015 взята из небольшого, неглубокого (<1 метра) проточного озера, через которое осуществляется сток из основного озера в реку Куолланда. Анализ образцов воды показал близость химического состава всех четырех проб. Это пресные (0,20 – 0,25 г/л), хлоридные (> 75 %-экв/л), кальциево-натриевые воды, кардинально отличающиеся от состава природных вод, опробованных в бассейне реки Соболах-Маян (рис. 2, таблица). Абсолютные содержания хлор-иона достигают 110 мг/л в то время, как его фоновые концентрации в бассейне р. Соболах-Маян не превышают 2 мг/л.

Формула Курлова усредненного ионного состава вод из озера Куолланда-Кюёль имеет вид:

$$M\ 0,22 \frac{Cl\ 77\ HCO_3\ 17}{Na\ 63\ Ca\ 26\ Mg\ 10}$$

Таблица

Химический состав воды озера Куолланда-Кюёль, мг/л

Номер пробы Компоненты	Соб-011	Соб-013	Соб-014	Соб-015	Фоновое значение в бассейне р. Соболах- Маян
Глубина отбора, м	7	17	6	< 1	–
pH	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2
Eh	113	135	138	149	184
Ca ²⁺	17,7	19,6	18,5	16,7	22,1
Mg ²⁺	4,3	4,8	4,4	4,1	5,5
Na ⁺	47,9	61,4	51,6	43,8	1,9
K ⁺	0,51	0,61	0,55	0,47	0,43
HCO ₃ ⁻	36,6	39,0	37,8	34,2	55,3
SO ₄ ²⁻	11,8	10,6	10,2	10,1	8,5
Cl ⁻	95,1	109,9	104,5	84,5	1,2
Мобщ	213,9	245,9	227,6	193,8	117,2

Формирование подобной аномалии хлоридных, кальциево-натриевых вод в ландшафтной обстановке Западного Верхоянья интерпретируется однозначно как результат глубинной восходящей разгрузки. Наиболее близкие по составу природные воды изучены в Усть-Вилоском районе, где при опробовании субкриогенного мелового терригенного водоносного комплекса были встречены гидрокарбонатно-хлоридные, кальциево-натриевые воды, но со значительно более высокой минерализацией – от 1,7 до 4,0 г/дм³. (Усть-Вилуйская скважина № 6, 265 метров):

$$M\ 2,0 \frac{Cl\ 70\ HCO_3\ 25}{(Na + K)\ 60\ Ca\ 30\ Mg\ 10}$$

Благоприятные условия для восходящей разгрузки глубинных флюидов создает вертикальная трещиноватость пород, сопровождающая сдвиговые разломы, широко распространенные в исследуемом регионе, однако, механизм формирования хлоридного, кальциево-натриевого состава вод, в сочетании с достаточно низкой общей минерализацией, представляет собой интересную гидрогеохимическую задачу.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (третье поколение). Лист Q-52 - Верхоянские цепи. Объяснительная записка. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2009. С.347.
2. Мигурский Ф. А., Якупова Е. М. Новые данные о геологическом строении антиклинальных структур северной части Предверхоянского перикратонного прогиба //Геология нефти и газа. – 2017. – №. 5. – С. 31-36.
3. Сурнин А. И. Гидрогеологические нефтегазопроисковые исследования в Сибири / А.И. Сурнин, И.В. Литвинова // Сборник трудов I Научно-практической конференции по вопросам водообеспечения (гидрогеологии): – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. – С. 90-96.
4. Щепелин М. А., Делиу Е. А., Хуснуллина Г. Р. Геологическое строение и перспективы открытия месторождения в южной части Предверхоянской нефтегазоносной области (республика Саха (Якутия) // Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности. – 2022. – С. 380-383.

ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИРКУТСК)

Мальцев Д.А., Окорочков Д.И., Дудкевич П.В.

Научный руководитель доцент Аузина Л.И.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Работа проводилась на территории г. Иркутск, который в гидрогеологическом отношении приурочен к Иркутскому гидрогеологическому бассейну второго порядка, наиболее крупной структуре Ангаро-Ленского артезианского бассейна первого порядка. Город Иркутск имеет блоковое строение, верхняя часть разреза представлена четвертичными гравийно-галечными и песчано-супесчаными отложениями, строение и фильтрационные характеристики которых значительно различаются.

Уровенная поверхность грунтовых вод принадлежит к числу весьма динамичных показателей. Так, только за период 1984–1997 гг. среднегодовой уровень по ряду наблюдательных скважин, расположенных в центральной части г. Иркутска, изменился на 0,8–1,0 м. Таким образом, при разработке строительно-архитектурных технологических решений следует учитывать, что прогнозное положение уровня грунтовых вод может достичь

значений 0,9-1,4 м от поверхности земли. В этом случае значительная часть территории будет классифицироваться как умеренно подтопленная и подтопленная [5]. Особенно такой прогноз важен для центральных частей городов, поскольку, кроме современных построек, подтапливаются архитектурные памятники, большая часть которых является национальным достоянием и находится в аварийном состоянии из-за быстро развивающихся деформаций подземных частей.

Основными источниками подтопления в пределах городских территорий, в т. ч. Иркутска, являются:

- атмосферные осадки, конденсация влаги в зоне аэрации;
- распространение подпора подземных вод от водохранилищ, каналов, бассейнов гидроэлектростанций и других гидротехнических сооружений (особенно во время аварийных пусков);
- утечки из водонесущих коммуникаций и емкостей;
- барражный эффект от сооружений с незаглубленными фундаментами (глубиной более 3 м) и подпор от сооружений на защищаемых территориях;
- единовременное проявление отдельных источников подтопления или их сочетаний.

В ходе работы были выделены ведущие аспекты техногенного изменения режима подземных вод на застроенных территориях: геоэкологические, инженерно-геологические и гидрогеологические.

Чаще всего перечисленные аспекты обусловлены нарушением естественного режима ПВ и регионального баланса гидросферы в границах и зоне влияния застроенных территории, в т. ч. за счет строительства зданий с глубоким заложением фундаментов.

Это актуально, как для Иркутска и особенно его центральной части, так и для большинства старых городов России и мира. На территории города после заполнения Иркутского водохранилища в 1956 г., уровень подземных вод в центре города повысился на 1,5 метра, продолжая расти на отдельных участках за счет точечного строительства зданий с незаглубленным фундаментом (> 3 м), что формирует барражный эффект. При этом фундаменты зданий конца XIX-начала XX веков не адаптированы к агрессивным свойствам подземных вод аллювиальных четвертичных отложений, в пределах которых происходит подъем их уровня, что ведет к их разрушению.

Барражный эффект – подъем уровней грунтовых вод перед преградой по потоку и снижением за ней, вследствие перекрытия фильтрационного потока подземных вод [4].

Цель работы: выделение основных факторов, определяющих формирование гидродинамического режима и оперативная оценка риска подтопления городских территорий при современном строительстве.

Последовательность проведения исследований:

1. Выделение ключевых участков исследований;
2. Проведение рекогносцировочных исследований территорий и составление карты фактического материала;
3. Построение карты гидроизогипс в ПК Surfer10;
4. Комплексирование карт фактического материала, топографической, гидроизогипс и тектонической в ПК NanoCAD22.0 и их анализ;
5. Выделение зон подтопления в соответствии с СП 104.13330.2016 [5].

В результате выполненной последовательности работ была построена карта подтопления правобережного округа г. Иркутск.

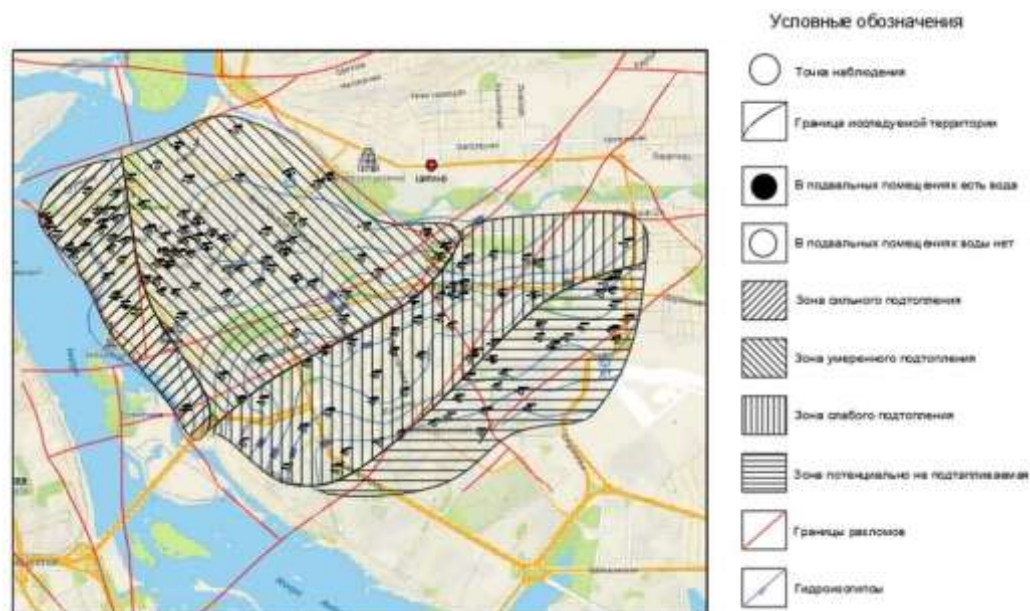


Рис. Карта подтопления правобережного округа г. Иркутск

Подзона сильного подтопления – западная часть, которая расположена в пределах опущенного блока и подвергается в большой степени подтоплению за счет грунтовых вод. Это территория с залеганием уровня грунтовых вод, приближающегося к поверхности, что сопровождается процессом заболачивания. Абсолютные отметки подзоны изменяются от 429 до 438 м.

Подзона умеренного подтопления – северная часть. Территория с залеганием уровня грунтовых вод в пределах от 0,3 до 2,0 м от поверхности. Наибольшая часть зоны является плоскоравнинной. Абсолютные отметки варьируются от 433 до 466 м.

Подзона слабого подтопления – северо-восточная часть. Территория с залеганием уровня грунтовых вод от 2,0 до 5,0 м. Перепад высот изменяется от 447 до 489 м.

Потенциально не подтапливаемая – юго-восточная часть, расположенная на территории поднятого блока. Это территория, с залеганием уровня грунтовых вод ниже от поверхности земли более, чем на 5 метров. Абсолютные отметки подзоны изменяются от 472 до 491 м.

Количественный анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что основные показатели, влияющие на развитие подпора в результате барражного эффекта, это геометрические размеры переаглубленного фундамента, первоначальная глубина формирования уровня грунтовых вод, гидравлический уклон подземных вод [4].

Дальнейшая работа направлена на уточнение полученной математической модели путем определения наличия и степени влияния фильтрационных параметров на происходящий процесс.

Литература

1. Фуникова В. В., Дудлер И. В., Бутаев Р. Т. Техногенные изменения режима подземных вод на застроенных территориях // ГЗ5 Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли—2021. – 2021. – С. 10.
2. Лобацкая Р. М., Стрельченко И. П. Информационные технологии в оценке разломно-блоковых структур урбанизированных территорий (на примере г. Иркутска) // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – №. 11 (94). – С. 76-88.
3. Габдрахимова Е. Р. и др. Прогноз подпора подземных вод на территориях исторических центров городов Восточной Сибири //Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований. – 2022. – С. 57-63.
4. Аузина Л. И., Серова Г. Е. Влияние техногенного подтопления на устойчивость грунтовых оснований и сооружений г. Иркутска //Город: прошлое, настоящее, будущее. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2000. – С. 124-128.
5. СП 104.13330. 2016 «Инженерная защита территории от затопления и подтопления». М.: Стандартинформ, – 2017.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Моисеева Ю.А.^{1,2}, Пургина Д.В.^{1,2}, Пипко И.И.², Гусева Н.В.¹

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

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В зонах смешения речных и морских вод формируются особые гидрохимические условия [1–3, 6 и др.]. На границе река-море происходят изменения физических и химических свойств воды, перераспределение химических элементов между растворенными и взвешенными формами, изменения геохимических условий среды. Высокая степень загрязненности речных вод, тяжелыми металлами, ведет к увеличению их концентраций в зоне смешения и выпадению с последующим накоплением их в переходной зоне [2, 3].

В данном исследовании рассматриваются особенности распределения микроэлементного состава морских вод на границе речных и морских вод восточной части моря Лаптевых, в зоне наибольшего влияния реки Лены. Разгрузка реки Лена в море Лаптевых инициирует активный массоперенос широкого спектра веществ, которые обуславливают формирование сложной азональной гидрохимической структуры моря Лаптевых. В силу происходящих климатических изменений картина распределения гидрохимической структуры вод от года к году может значительно изменяться. Поэтому важно изучать в различные временные интервалы особенности поведения микроэлементного состава в условиях интенсивной миграции и изменения геохимических условий среды в уникальной природной экосистеме «река-море», которая играет важнейшую роль в поддержании экологического равновесия в глобальном масштабе.

Исследования шельфовых вод восточной части моря Лаптевых проводились во время научно-исследовательской экспедиции на НИС «Академик Мстислав Келдыш» осенью 2019 года (78-й рейс) (рис. 1). Отбор проб воды проводился с применением комплекса ROSETTE 1015, оснащенного двенадцатью десятилитровыми батометрами Нискина (General Oceanic), и CTD-зонда Seabird SBE 911Plus с дополнительными датчиками, которые позволяли определять, соленость, электропроводность, температуру и давление. Для определения макро- и микрокомпонентного состава пробы морских вод были проанализированы в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета следующими методами: титриметрия, фотоколориметрия, пламенная фотометрия, потенциометрия, турбидиметрия, жидкостная хроматография; масс-спектрометрический метод с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Согласно градации по [7], район исследования занимает средний (20–50 м) (станции 6490–6512) и внешний шельф (50–200 м) (ст. 6516–6521) моря Лаптевых (рис. 1).

На протяжении всего участка исследования температура морских вод изменялась от -1,5 до 4,4 °С, а соленость от 13,1 до 34,4 ‰. Температура морских вод снижалась, а соленость вод увеличивалась с глубиной и по направлению к мористой части разреза, что является типичным для рассматриваемых условий. Минимальные значения солености были обнаружены на станциях 6490–6496 (13,1–33 ‰) вблизи дельты реки Лена, на севере района исследования её значения достигали максимальных величин 27,1–34,4 ‰ (станции 6516–6521). В поверхностном

и придонном слое морских вод на всем участке исследования диапазон изменчивости солености составлял 13,1–30,8 ‰ и 24,8–34,4 ‰, соответственно.

Определение основных параметров карбонатной системы рН и общей щелочности производилось непосредственно сразу после отбора проб. Значения рН были минимальны в придонных слоях придельтовой части – зоне смешения (8,00) и увеличивалась по мере усиления влияния морских вод. В морской части разреза величины рН изменялись в пределах 8,16–8,40, в целом наибольшие значения были обнаружены на участке внешнего шельфа. Величина общей щелочности увеличивалась от поверхности ко дну, при этом на севере разреза происходят минимальные изменения её величины 2,01–2,29 мг-экв/л, в сравнении с придельтовым участком, где в среднем значения общей щелочности по станциям изменяются в пределах 1,36–2,26 мг-экв/л. Соответственно минимальные значения были обнаружены на станциях среднего шельфа, где под влиянием речных вод Лены снижается величина общей щелочности до 1,36 мг-экв/л.

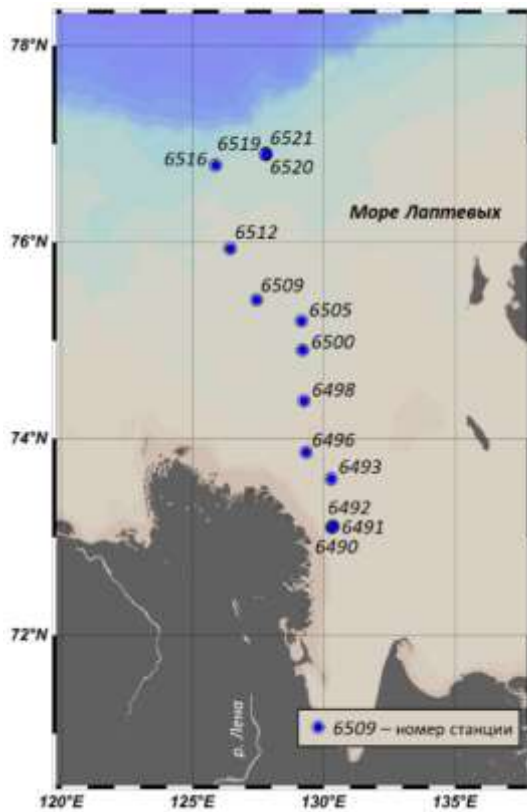


Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб воды

Средние концентрации всех главных ионов в водах увеличивались от дельты Лены к кромке шельфа, что соответствует распределению солености по разрезу. В процентном соотношении макрокомпонентного состава преобладают ионы Cl и Na и составляют 80–96 %, содержание SO₄, Mg, Ca, K изменяется в пределах 0,1–4,7 %.

На протяжении всего разреза от дельты реки Лена до кромки шельфа средние концентрации в точках опробования некоторых микроэлементов имеют схожую картину распределения в морских водах. Например, V (0,08–0,042 мг/л), As (0,03–0,16 мг/л), Rb (0,03–0,11 мг/л), Sr (2,02–7,36 мг/л), Mo (0,03–0,11 мг/л), и U (0,001–0,003 мг/л) сохраняют направленность изменения концентраций по отношению к солености ($R_2 > 0.75$), то есть увеличиваются по разрезу от дельты реки до кромки шельфа. При этом в зоне смешения (средний шельф) концентрации этих элементов увеличиваются с глубиной. А Fe (0,13–0,91 мг/л), Al (0,02–0,49 мг/л) и Ti (0,0006–0,009 мг/л) имеют обратную зависимость, что связано с преобладанием коллоидов в балансе растворенных форм этих элементов и в процессе смешения речных и морских вод происходит уменьшение потока растворенных металлов. Сложное распределение получено для Pb (0,00002–0,01 мг/л), концентрация которого постепенно уменьшается и к центральной части вновь возрастает и затем резко снижается с последующим выходом его содержания на постоянный уровень. Сравнивая средние концентрации Mn (0,00002–0,04 мг/л) Cr (0,0001–0,0024 мг/л), Ni (0,002–0,15 мг/л), Zn (0,0002–0,045 мг/л) и Cd (0,00001–0,00016 мг/л) по мере удаления от влияния речных вод к кромке шельфа имеют незначительные колебания и не имеют определенной направленности.

Такое поведение возможно объясняется тем, что данные элементы преимущественно участвуют в постоянном цикле жизнедеятельности морских организмов.

Концентрация железа по мере удаления от дельты Лены к кромке шельфа незначительно уменьшается (средняя концентрация Fe на среднем шельфе 0,36 мг/л, на внешнем – 0,27 мг/л). Рассматривая отдельно для двух участков (среднего и внешнего шельфа) распределение концентраций железа по глубине (Рис. 2) для участка вблизи дельты р. Лена происходит увеличение с глубиной, а на морской части концентрация остается на постоянном уровне. В глобальном цикле железа придельтовые участки играют важную роль, поскольку здесь происходит изменения физико-химических параметров водной среды, а значит и подвижности речного железа за счет коагуляции, седиментации и окислительно-восстановительных процессов [5].

Рассматривая поведение Mn с глубиной, можно отметить, что на внешнем шельфе в морской зоне с глубиной его концентрация уменьшается (Рис. 2.), но при этом средние значения приблизительно одинаковы для двух участков. Стоит отметить, что в результате диффузионного подтока Mn из обогащенных им иловых вод восстановленных осадков в толщу эстуарных вод, образуются аморфные частицы, которые выносятся в открытое море [2]. В результате этого Mn и некоторые элементы, участвующие в биогеохимическом цикле (Cd, Cu, Zn, Ni) оказываются способными с большей легкостью, чем другие элементы, преодолевать зону геохимического барьера.

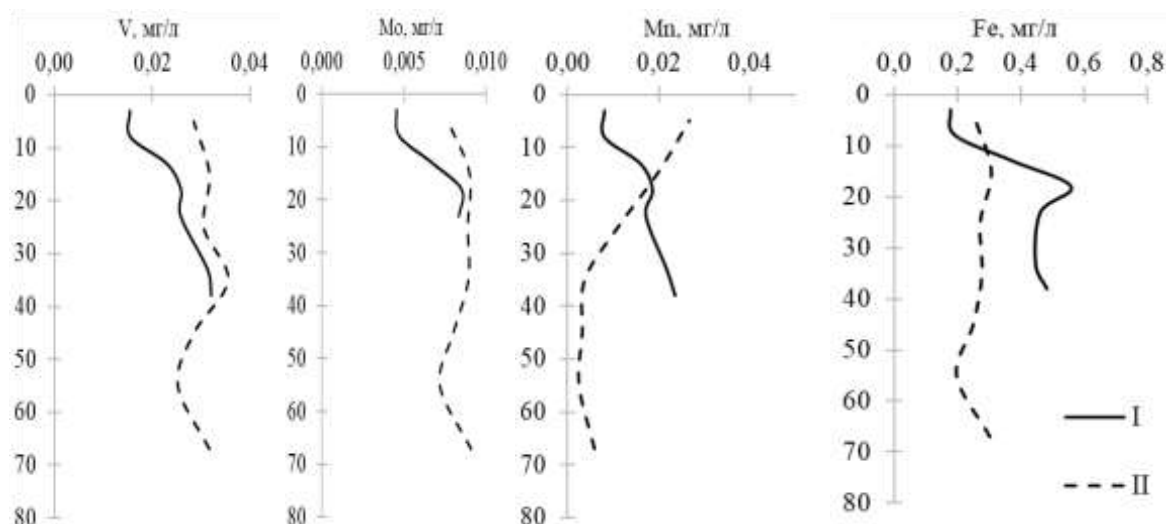


Рис. 2. Распределение микроэлементов по глубине морских вод (I –средний шельф, II –внешний шельф)

В целом, распределение гидрохимических параметров восточной части моря Лаптевых в зоне смешения с водами р. Лена соответствует классической картине распределения в системе река-море [2, 4]. Согласно геохимической системе по типу вертикального и пространственного распределения в зоне смешения реки Лены и моря Лаптевых поведение микроэлементов можно сформировать в следующие группы: консервативный тип – элементы, которые ведут себя однонаправленно по глубине и сохраняют направленность изменения концентраций по отношению к солености, что связано с постепенным смешением вод (V, As, Rb, Mo, U); элементы, вовлекающиеся в биохимические циклы (Mn, Ni, Cu, Zn, Cd); элементы литогенного типа, для которых важны источники поступления на поверхность океана и процессы быстрого удаления на глубину (Al, Ti, Fe, Pb).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФ 21-77-30001 (экспедиционные исследования) и РФ 21-17-00027 (анализ динамики гидрохимических параметров и биогенных элементов), аналитические работы (определение микрокомпонентного состава) были выполнены в рамках Государственного Задания РФ «Наука». Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Гордеев В. В. Микроэлементы в воде, взвеси и донных осадках Обской губы, Енисейского залива и дельты Лены и прилегающих областей Карского моря и моря Лаптевых // Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики: современное состояние и история развития/ Под ред. Х. Кассенс, А.П. Лисицына, Й. Тиде, Е.И. Поляковой, Л.А. Тимохова. – 2009. – С. 202.
2. Гордеев В. В. Геохимия системы река-море. – 2012.
3. Гордеев В. В., Лисицын А. П. Геохимическое взаимодействие пресноводной и морской гидросфер // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №. 5-6. – С. 721-744.
4. Корж В.Д. Геохимия элементного состава гидросферы. М.: Наука. – 1991. – 244 с.
5. Breitbarth E. et al. Iron biogeochemistry across marine systems–progress from the past decade // Biogeosciences. – 2010. – Т. 7. – №. 3. – С. 1075-1097.
6. Gervasio M. P. et al. An Underestimated Contribution of Deltaic Denitrification in Reducing Nitrate Export to the Coastal Zone (Po River–Adriatic Sea, Northern Italy) //Water. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 501.
7. Hölemann J. A. et al. Near-bottom water warming in the Laptev Sea in response to atmospheric and sea-ice conditions in 2007 //Polar Research. – 2011. – Т. 30. – №. 1. – С. 6425.

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
ДЛЯ УЧЁТА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА
НА ЭТАПЕ ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ**

Остроумова В. С.

Научный руководитель ведущий инженер Загельский Н.Г.
АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

Учёт природных процессов территории при размещении объектов обустройства нефтяных месторождений является важной предпроектной задачей, необходимой для проведения корректных технико-экономических расчётов. Помимо этого, учёт топографических и гидрологических условий на данном этапе позволяет избежать переноса площадных и линейных объектов при последующем производстве инженерных изысканий. Классический способ предварительного учёта природных условий территории в соответствии с п. 7.2.10 [1] основывается на анализе картографических материалов, а также аэровизуальной и наземной рекогносцировке. Если картографические материалы позволяют учесть топографию участка работ, то для оценки развития гидрологических процессов, этого недостаточно. Вместе с тем, аэровизуальная и наземная рекогносцировка обладают высокой стоимостью и трудоёмкостью. Таким образом, на стадии предпроектной проработки долгое время существовала проблема минимизации стоимости (в т. ч. трудозатрат) учёта гидрологических условий участка строительства.

Развитие технологий космостъёмки, а также распространение данных дистанционного зондирования земли (ДДЗ) и ГИС-систем открытого пользования позволили решить проблему учёта гидрологических условий участка строительства. Практический опыт компании АО «ТомскНИПИнефть» в этой сфере показывает не только качественно более высокий уровень учёта гидрологических условий, но и сокращение затрат ресурсов. Описанные ниже методы применяются в ходе работы над объектами компаний-заказчиков, соответствуют требованиям нормативно-технической документации [1–3].

На этапе предпроектной проработки для согласования размещения проектируемых объектов актуален совместный анализ картографической основы и материалов космостъёмки различной давности. При этом предполагается применение широкого спектра данных ДЗЗ от открытых источников, до космоснимков отдельных участков и ортофотопланов, предоставляемых заказчиком.

Такие бесплатные сервисы как Sentinel, Landviewer, USGS EarthExplorer представляют доступ к космоснимкам (КС) с средним и низким пространственным разрешением (соответствует масштабу карт 1:50 000–1:100000) [2]. Преимуществом перечисленных ресурсов является наличие самых свежих материалов (публикация через 14–16 дней после получения), а также наличие метаданных (включая дату съёмки) и возможность поиска снимка по заданным параметрам. Подобные сервисы на этапе обоснования инвестиций пригодны для выявления качественных характеристик русловых процессов больших и средних рек, уточнения ледового режима больших рек, оценки процессов и площади затопления пойм крупных рек.

Кроме того, они широко применяются в океанологии, и могут использоваться при описании прибрежных процессов шельфовых месторождений, в том числе при качественной и количественной оценке береговой абразии.

На рис. 1 показан пример определения границ разлива и уточнение ледового режима реки Енисей по снимку низкого разрешения спутника Landsat-5, полученного с сервиса Landviewer. Снимок получен 04.06.2001, что соответствует пику половодья реки Енисей в 2001 г. Анализ ряда снимков периода половодья и меженного периода, после произведенной привязки к местной системе координат, позволяют дешифровать границы разлива, а также определить размеры льдин в русле и на пойме. Анализ снимков производился на основе мультиспектрального метода – использовалась комбинация «color.infrared» – комбинация инфракрасного спектра, обеспечивающая максимальный контраст между снегом, льдом, водой, растительностью и почвой.

Другая группа, используемая для предварительной оценки гидрологических условий – сервисы, предоставляющие открытый доступ к высокоточным мозаикам космоснимков (GoogleEarth, Bing Maps, Яндекс карты, программа SAS. Planet и др.). Несмотря на высокое пространственное разрешение (соответствует масштабу карт 1:25 000 и крупнее) мозаики имеют неоднозначную плановую систему привязки, поэтому не могут использоваться для картометрических работ.

Однако, плюсом данных сервисов является обеспечение обзорности. Кроме того, возможность загрузки файлов в формате *.kml позволяет быстро соотнести положение объекта на картографическом материале и КС, произвести камеральную рекогносцировку участка работ.

Высокое качество изображений поверхности позволяет произвести визуальное дешифрирование по прямым и косвенным (индикационным) признакам, и, таким образом, учесть наличие поверхностного стока, а также временных водотоков и овражно-балочной сети, не отображаемых на генерализованном картографическом материале. Дешифровать границы крупных водных объектов на космоснимках позволяет то, что в видимой части спектра вода имеет более высокий коэффициент поглощения, чем окружающие её поверхности. Малые водотоки определяются по индикационным признакам. Косвенным признаком наличия водотока, ширина русла которого меньше размера пикселя изображения космоснимка, служит изменение типа растительного покрова, что отображается в изменении тона цвета растительности и её зернистости на обзорных материалах (рис. 2). Признаком наличия поверхностного стока, помимо растительности, может являться наличие характерных линий по направлению стекания (рис. 3).

Помимо перечисленных возможностей, космоснимки высокой точности привязки и ортофотопланы позволяют реализовать и картометрические работы, в том числе определение удалённости участка строительства от водных объектов, уточнение их размеров и, соответственно, водоохранных зон. Появляется возможность более точного определения положения линий водоразделов.

Кроме того, сопоставление ортофотопланов (в т. ч. с топографической съёмкой) за разный период позволяет прогнозировать развитие плановых деформаций больших и средних рек (рис. 4).

Использование открытых и коммерческих данных ДЗЗ при учёте гидрологических условий поверхности соответствует требованиям действующих нормативно-технических документов, позволяет производить широкий спектр гидрологических работ не только на предпроектном, но и на последующих этапах проектирования.

Опыт компании АО «ТомскНИПИнефть» показывает, что минимизация необходимых полевых работ в результате использования КС во время обоснования инвестиций и снижение риска переноса проектируемых объектов на последующих этапах по итогу существенно сокращают затраты на проектирование обустройства месторождений.

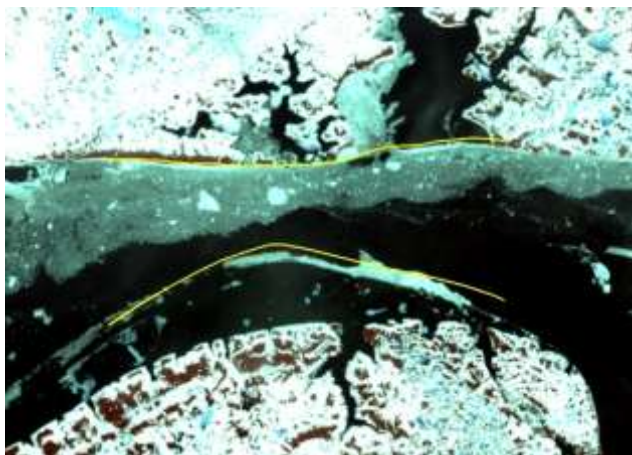


Рис. 1. Пример определения границ разлива и уточнение ледового режима, река Енисей, 04.06.2001, Landsat, разрешение 10 м/рх. Линией показано междельное положение русла реки



Рис. 2. Изменение зернистости изображения долины временного водотока, лесная зона, мозаика ESRI ArcGis Imagery, разрешение 0,40 м/рх. Предполагаемое положение водотока обозначено линией



Рис. 3. Изменение зернистости изображения ложбины и поверхностного стока к ней, зона тундр, мозаика ESRI ArcGis Imagery, разрешение 0,40 м/рх

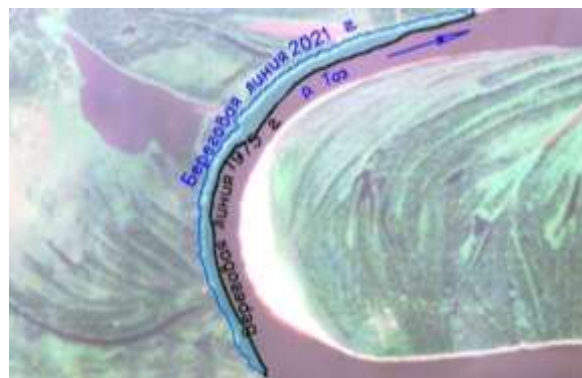


Рис. 4. Оценка плановых деформаций реки Таз по космоснимкам высокой точности привязки и данным топографических карт, разрешение подложки 1 м/рх

Перспективы использования ДЗЗ в инженерной гидрологии связаны не только с КС, но и с использованием таких направлений как аэрофотосъёмка (АФС) и воздушно-лазерное сканирование (ВЛС), отличающихся более высокой точностью. Однако на сегодня использование данных методов на этапе обоснования инвестиций оказывается существенно дороже. Активное развитие направлений АФС и ВЛС позволяет говорить о их дальнейшем включении в работу по учёту гидрологических процессов на различных этапах проектирования.

Литература

1. СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456045544>.
2. Р 52.08.874.2018. Определение гидрографических характеристик картографическим способом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/553968748>.
3. СТО ГГИ 52.08.40-2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и Спутниковым снимкам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/437209963>.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВ

Палилкин А.А.

Научные руководители: профессор Строкова Л.А., доцент Никитенков А.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность данного исследования заключается в достаточно широком распространении многолетнемёрзлых грунтов на территории Российской Федерации. 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.

Таким образом, целью работы является – оценка использования данных дистанционного зондирования Земли для оценки температуры грунтов, что является очень актуальным вопросом.

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.

В качестве исходных данных будут: 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, для будущего сравнения, 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). Крайние скважины были нанесены на общедоступные карты Планеты Земля Google, и там же были подобраны ближайшие метеостанции и определены их координаты. Ближайшей является метеостанцией 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. Для отбора снимков указали такие граничные условия 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. Таким образом 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 пересчётный 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 осреднялись. Затем вокруг каждой скважины и метеостанции Ныда снимались показания температуры поверхности со получившихся расчётным путём слоёв. Все данные заносились в электронную таблицу на основе Microsoft Excel, в которой и проводились дальнейшие расчёты. С сайта meteo.ru был скачан архив доступных данных по температуре воздуха и толщине снежного покрова по метеостанции.



Рис. 1. Исходные данные для проведения исследований (данные дистанционного зондирования Земли, наблюдения на метеостанции и полевые измерения грунтов)

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.

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

Затем данные по измерениям в скважинах были отсортированы и критически оценены, отбракованы либо откорректированы. В итоге получилось два массива температур по 143 значения:

1. температуры по снимкам;
2. температуры по данным метеостанции Ныда.

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. 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 есть 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 источников).

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>.

ПОДХОДЫ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пальцева Д.Е.¹, Студенкова Н.А.²

Научный руководитель доцент Козина М.В.¹

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

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

Процесс кадастровой оценки объектов недвижимости является высокотехнологичным видом деятельности и должен предусматривать непрерывный процесс мониторинга рыночных цен, актуализацию и постоянное совершенствование моделей кадастровой оценки, а также наличие достаточной информации об объектах недвижимости, постоянное накопление дополнительных данных об объекте и ценообразующих факторах. Руководствуясь этим Правительство РФ в 2017 г. приняло ФЗ «О государственной кадастровой оценке» [8] и утвердило новые методические указания, подразумевающие установление единства методологии определения кадастровой стоимости. Таким образом, произошедшие изменения в системе кадастровой оценки позволили проводить кадастровую оценку земельных участков разных категорий земель и объектов недвижимости на основе единой методики, содержащей общий механизм оценки и особенности применения подходов оценки для определения кадастровой стоимости земельных участков сельскохозяйственного назначения и других категорий земель.

Одним из важных пунктов вновь введенного закона, регулирующего кадастровую оценку, стало введение института государственных кадастровых оценщиков (бюджетных учреждений), и передачи им полномочий по определению кадастровой стоимости. Особенностью вновь введенной методики являлось то, что она стала применяться для оценки всех видов объектов недвижимости. Введенной методикой регламентируется перечень обязательных ценообразующих факторов для земельных участков и объектов капитального строительства, в том числе отдельным дополнительным блоком стал перечень факторов для земель сельскохозяйственного назначения сегмента «Сельскохозяйственное использование».

В 2021 году были утверждены новые методические указания о государственной кадастровой оценке [7], отличительной особенностью которых стало внесение в них примерного перечня информационных ресурсов, служащих источником информации о ценообразующих факторах.

По данным Росреестра [3] в декабре 2022 года завершен процесс кадастровой оценки более 61 млн. земельных участков во всех субъектах Российской Федерации. Однако сегодня, при едином методическом подходе, региональные бюджетные учреждения, уполномоченные проводить кадастровую оценку, вынуждены использовать разные инструменты сбора исходных данных, а часть вычислений производить вручную из-за несовершенства автоматизированных систем.

Анализ содержания отчетов по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, размещенных в фонде данных государственной кадастровой оценки [9], показал, что в большинстве отчетов не использовались ценообразующие факторы, предусмотренные Методическими указаниями, относящиеся к дополнительным характеристикам сегмента «Сельскохозяйственное использование», по причине отсутствия полных и достоверных сведений.

Объективной причиной такого положения следует считать то, что значительный временной период экономика страны функционировала при отсутствии попыток к упорядочиванию сведений о землях сельскохозяйственного назначения. С переходом РФ к цифровой экономике внедрение цифровых технологий в систему государственной кадастровой оценки становится все более актуальной задачей на уровне государства. Сегодня Правительство РФ совместно с Росреестром нацелено на поиск новых решений в области нормативно-методического сопровождения и цифровой трансформации системы государственной кадастровой оценки с целью ее совершенствования. Однако эффективное внедрение цифровизации в сектор оценки может быть достигнуто только при ее качественном информационном обеспечении [1].

В связи с этим первостепенной научно-технической задачей является формирование подходов к развитию цифровой инфраструктуры системы кадастровой оценки и ее информационного обеспечения.

Цифровая трансформация и тенденция к эффективному управлению и использованию сельскохозяйственных земель диктуют необходимость поиска механизмов актуализации данных о землях сельскохозяйственного назначения с применением современных аппаратно-программных средств и интеграции таких данных в едином информационном пространстве.

Сегодня основным информационным источником о состоянии и использовании сельскохозяйственных земель является Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) [5]. Эта система предназначена для обеспечения государственных органов власти, юридических и физических лиц актуальной и достоверной информацией о землях сельскохозяйственного назначения, получаемой в ходе государственного мониторинга этих земель. В рамках функционирования ЕФИС ЗСН обеспечивается получение пространственной, атрибутивной и графической информации, характеризующей различные аспекты состояния и использования сельскохозяйственных земель, ее обработка, верификация, хранение и анализ.

Наряду с ЕФИС ЗСН в феврале 2023 года Правительством РФ закреплены правовые основы [6] ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения (Реестр ЗСН). Реестр ЗСН должен являться подсистемой ЕФИС ЗСН. Создание Реестра ЗСН направлено на оперативное получение фактических сведений о землях сельскохозяйственного назначения и обеспечение заинтересованных лиц достоверной информацией с целью планирования сельскохозяйственных мероприятий и прогнозирования их результатов.

Однако анализ работы ЕФИС ЗСН позволил выявить проблемы, затрудняющие её эффективное функционирование, а, следовательно, и информационное обеспечение кадастровой оценки таких земель.

1. Острой проблемой является неполнота и недостоверность предоставляемых от региональных органов АПК данных. Кроме того, предоставляемая информация имеет множество расхождений с данными ДЗЗ, получаемыми Минсельхозом. Причинами возникновения данной проблемы является отсутствие обязательных требований к процессу передачи достоверных сведений о состоянии и использовании сельскохозяйственных земель сельхозтоваропроизводителями и региональными органами АПК.

2. В функционировании ЕФИС ЗСН выявлены существенные погрешности в предоставляемом планово-картографическом материале. Основой для создания информационных продуктов ЕФИС ЗСН в виде цифровых тематических карт являются данные, получаемые со спутников Landsat, пространственное разрешение которых составляет 30 м., что зачастую недостаточно для точного построения контуров угодий, идентификации их назначения и фактического использования [2].

Вследствие чего можно констатировать тот факт, что на сегодняшний день в РФ отсутствуют структурированные сведения о землях сельскохозяйственного назначения как об объекте оценки, которые должны использоваться при расчете кадастровой стоимости.

Анализ отраслевых программ стратегического развития [4] показал, что приоритетной задачей, стоящей сегодня перед государством, является обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в формирование системы управления территориальным развитием, что напрямую должно касаться и системы кадастровой оценки. Внедряемые цифровые технологии изменяют привычные форматы управления землей и недвижимостью, способствуют ускорению привычных процессов, обеспечивают непрерывный поток информации. Цифровые геоданные становятся фундаментом для принятия важных управленческих решений, в том числе, при взаимодействии государства с гражданами и бизнесом.

Для цифрового развития системы кадастровой оценки и определения справедливой кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения необходимо обеспечить реализацию комплекса мер, направленных на актуализацию сведений о сельхозземлях с последующим внесением данных в государственные информационные системы, такие как ЕФИС ЗСН, ЕГРН, Реестр ЗСН, региональные ГИС и на формирование единой цифровой базы из этих систем, позволяющей агрегировать все необходимые данные о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения.

В рамках настоящего исследования для целей развития цифровой инфраструктуры кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения была разработана технологическая схема, основанная на внедрении цифрового сервиса «Кадастровая оценка» предоставляющего пространственные данные об объектах. Внедрение цифрового сервиса «Кадастровая оценка», должно обеспечить централизованный доступ государственных оценщиков к открытым пространственным данным об объектах недвижимости, консолидированных на одной цифровой платформе, содержащих сведения о землях сельскохозяйственного назначения и обеспеченных необходимым функционалом через формирование запроса. Главной задачей, которую должен выполнять сервис, является обеспечение возможности выполнения операций по поиску, обработке, формированию и предоставлению пространственных данных об объектах государственным оценщикам.

В результате выполненных исследований выявлено, что сегодня в условиях цифровой трансформации в сфере земельных и имущественных отношений необходимо особое внимание уделить разработке цифровой инфраструктуры системы кадастровой оценки. Формируемые подходы к развитию цифровой инфраструктуры системы кадастровой оценки и ее информационного обеспечения должны учитывать особенности сегментации земельных участков и качество формирования источников данных по каждому сегменту, в особенности сегмента «Сельскохозяйственное использование».

Литература

1. Аврунев Е.И., Гатина Н.В., Козина М.В., Попов В.К., Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 1. – С. 181-190.
2. Волков С. Н., Шаповалов Д. А. Цифровое землеустройство – проблемы и перспективы // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2019. – Т. 3. – №. 2. – С. 26-35.
3. Государственная кадастровая оценка всех земельных участков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/gosudarstvennaya-kadastrovaya-otsenka-zemelnykh-uchastkov-zavershena-vo-vsekh-regionakh-rossii/>.
4. Отраслевые документы стратегического планирования// Правительство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/rugovclassifier/625/events/>.
5. Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mcx.ru/>.
6. Постановление Правительства Российской Федерации № 154 от 02.02.2023 «О порядке ведения государственного реестра земель сельскохозяйственного назначения»// Собрание законодательства Российской Федерации – № 6. – 06.02.2023.
7. Приказ Росреестра № П/0336 от 04.08.2021 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» // Официальный интернет-портал правовой информации – № 0001202112200041. – 20.12.2021.
8. Федеральный закон № 237-ФЗ от 03.07.2016 «О государственной кадастровой оценке» // Собрание законодательства Российской Федерации – № 27 (ч. 1). – 04.07.2016.
9. Фонд данных государственной кадастровой оценки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ СВОЙСТВ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИХ КОНСОЛИДАЦИИ

Пургина Д.В.¹, Зарипова Н.А.², Моисеева Ю.А.¹, Гусев В.В.²

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

²ООО «Красноярская буровая компания», г. Красноярск, Россия

Намывные грунты имеют широкий спектр применения как при строительстве (дамбы, плотины, насыпи и отсыпки), так и в промышленности (золошлакоотвалы, хвостохранилища и пр.). При этом физические свойства таких грунтов существенно изменяются со временем в ходе уплотнения, особенно подвержены изменению водные свойства. Таким образом, целью работы является изучение условий формирования водных свойств намывных грунтов, сформированных в ходе гидронамыва отходов в хвостохранилище Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ), и прогноз их изменения в ходе консолидации.

При проведении фильтрационных и воднобалансовых исследований актуальной является задача оценки способности грунтов вмещать и отдавать воду, так как это позволит спрогнозировать не только условия и скорость формирования тела хвостохранилища, но и его ресурсные возможности.

В работе были использованы данные полученные в ходе инженерных изысканий сотрудниками АО «Красноярская буровая компания» в 2022 г. Район исследования приурочен к северной части Красноярского края, в 5,5 км северо-западной городской района Талнах и приурочен к правобережной части долины нижнего течения р. Норильская, у юго-западного подножия гор Хараелах (Еловый камень) плато Путорана северо-западной части Среднесибирского плоскогорья.

Анализ свойств грунтового массива производился по четырнадцати створам на всей площади исследования. Определение физико-механических свойств грунтов (пористости, влажности, грансостава и пр.) и коэффициента фильтрации (ПКФ-01 (Союздорнии)), осуществлялась лабораторными методами. Всего было проанализировано 88 проб, отобранных из 32-х скважин.

В результате были получены профили фильтрационной изменчивости намывных грунтов, в которых коэффициент фильтрации (кф) изменяется в пределах от 1,0 м/сут до 3,5 м/сут, при влажности естественного сложения от 0,196 до 0,304 д.е. Величина плотности изменяется по глубине снизу в верх – от 1,9 до 2,1 г/см³. При этом прослеживается линейная зависимость плотности грунта от природной влажности (рис. 1).

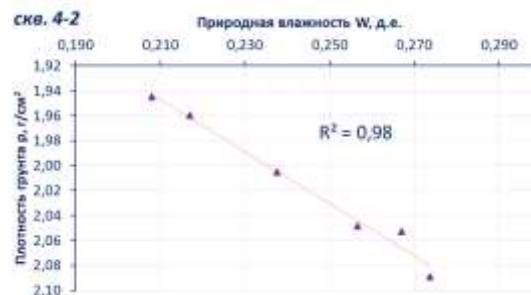


Рис. 1. Графики зависимости плотности грунта от естественной влажности в скв. 4-2

Одной из важных задач является изучение изменения поведения коэффициента фильтрации в зависимости от коэффициента пористости, а также отношения размерности частиц (песчаной фракции к пылеватой). Линии тренда имеют параболическую форму и описываются квадратичной функцией, с экстремумом в точке, при которой кф составляет 2,5 м/сут (рис. 2).

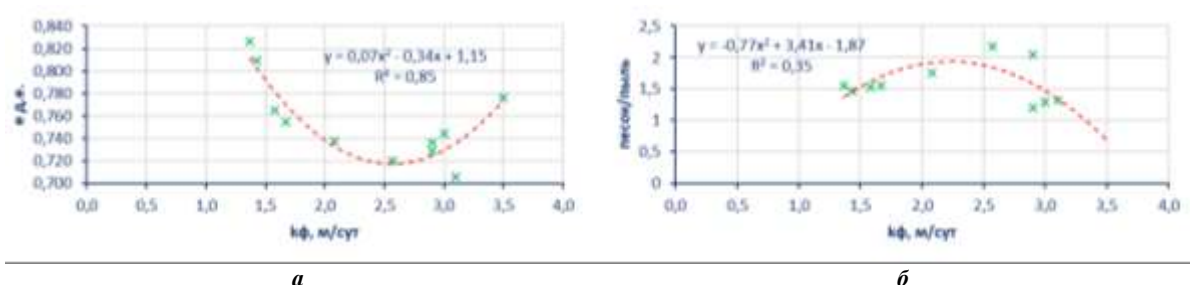


Рис. 2. Графики изменчивости коэффициента пористости в зависимости от коэффициента фильтрации (а) и размерности частиц (б)

Выявлено, что рост кф в интервале от 1,3 до 2,5 м/сут, сопровождается увеличением процентного содержания песчаных частиц (рис. 2б) и ростом эффективной пористости на фоне снижения общей пористости (рис. 2а). При достижении Кф – 2,5 м/сут (точка, где на песок приходится 2/3 от общего числа частиц), рост скорости фильтрации определяется уже суммарным ростом общей пористости.

Ввиду того, что на участке работ планируется проведение работ по уплотнению грунтов, возникла необходимость оценить величину водоотдачи. Для решения данной задачи требуется выделить следующие составляющие – естественную гравитационную водоотдачу (воды, вытекающей под действиями сил тяжести) и уплотненную водоотдачу (формирующуюся под нагрузками и заключающаяся в переходе физически-связной воды в свободную).

Расчет максимальной водоотдачи под нагрузкой производился на основе компрессионных испытаний и заключался в оценке остаточной влажности дренируемого грунта на конец испытаний (формула 1).

$$m' = m - \omega_{oc}, \quad (1)$$

где m – пористость, ω_{oc} – остаточная влагосодержание в объемном относительном выражении.

Следующим этапом производился решение обратной задачи: ступенчатый расчет водоотдачи под нагрузкой, зависящий от изменения величины пористости между ближайшими ступенями нагрузки (формула 2).

$$m'' = m' - \Delta n, \quad (2)$$

где m' – максимальная водоотдача, Δn – изменение пористости между ступенями нагрузки.

Данный подход позволил дифференцировать величину гравитационной водоотдачи, а также воспроизвести ее рост под нагрузками (таблица).

Таблица

Прогноз изменения коэффициента водоотдачи грунтов при их консолидации m'' , %

Нагрузка, МПа	0.00	0.05	0.10	0.20	0.40	0.60	0.80	m'' -м
Среднее	28,24	33,27	33,99	34,89	36,02	36,77	37,52	9,28
Минимум	24,10	31,22	32,14	32,79	33,72	34,52	35,36	6,89
Максимум	31,83	35,65	36,4	37,13	38,22	38,87	39,56	13,45

Проведенный расчёт позволил оценить величину максимальной водоотдачи грунтового массива, значения которой изменяются в пределах от 35 % до 40 %, при этом на гравитационную водоотдачу приходится от 24 % до 32 %, а на водоотдачу, зависящую от уплотнения от 7 % до 13 %.

Также прослеживается линейная зависимость суммарного коэффициент водоотдачи от коэффициента уплотнения (рис. 2).

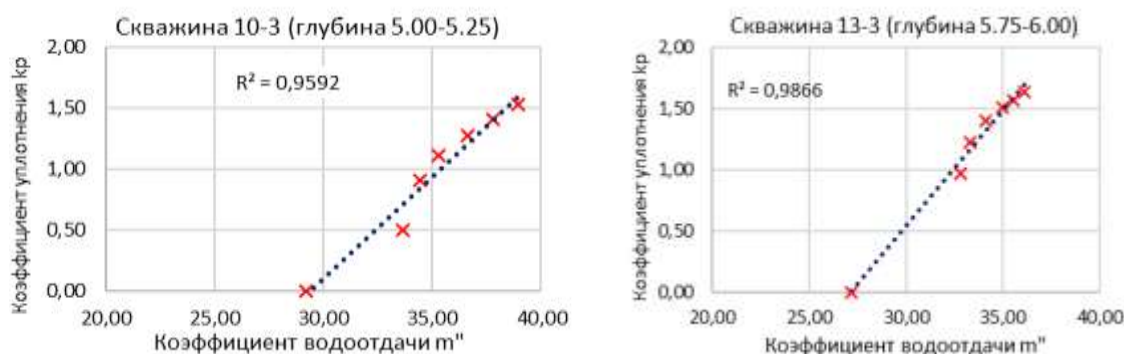


Рис. 2. Водоотдача грунта при заданных нагрузках, зависимость коэффициента водоотдачи от коэффициента уплотнения грунта

На основе полученных зависимостей (рис. 2) выведен поправочный коэффициент ($tg(\alpha)$) составляющий 0,04 д. е., при помощи которого можно рассчитать предварительные значения водоотдачи в зависимости от изменения плотностей под нагрузкой (формула 3).

$$m' = (p_2 - p_1) / 0.04 \quad (3)$$

Полученные результаты позволяют представить эмпирически выведенную формулу для расчета суммарной водоотдачи при уплотнении однородного грунтового массива.

Данная работа позволила изучить закономерности изменения водных свойств намываемых грунтов, сформированных в ходе гидронамыва отходов в хвостохранилище и провести эмпирический расчет водоотдачи грунтов под нагрузками. При этом важно понимать, что процесс водоотдачи является растянутым во времени и зависит от латеральной фильтрационной неоднородности, уклона потока, а также технологии уплотнения грунтового массива.

Работа выполнена в рамках Государственным Задаaniem РФ «Наука». Проект FSWW-2023-0008

Литература

1. Ameen A., Özener P. Unsaturated soil properties of a high compacted fill with settlement monitoring system // Computers and Electrical Engineering. – 2022. – Т. 104. – С. 108435.
2. Liu B. et al. Influence of water loss on mechanical properties of superfine tailing–blast-furnace slag backfill // Construction and Building Materials. – 2020. – Т. 246. – С. 118482.

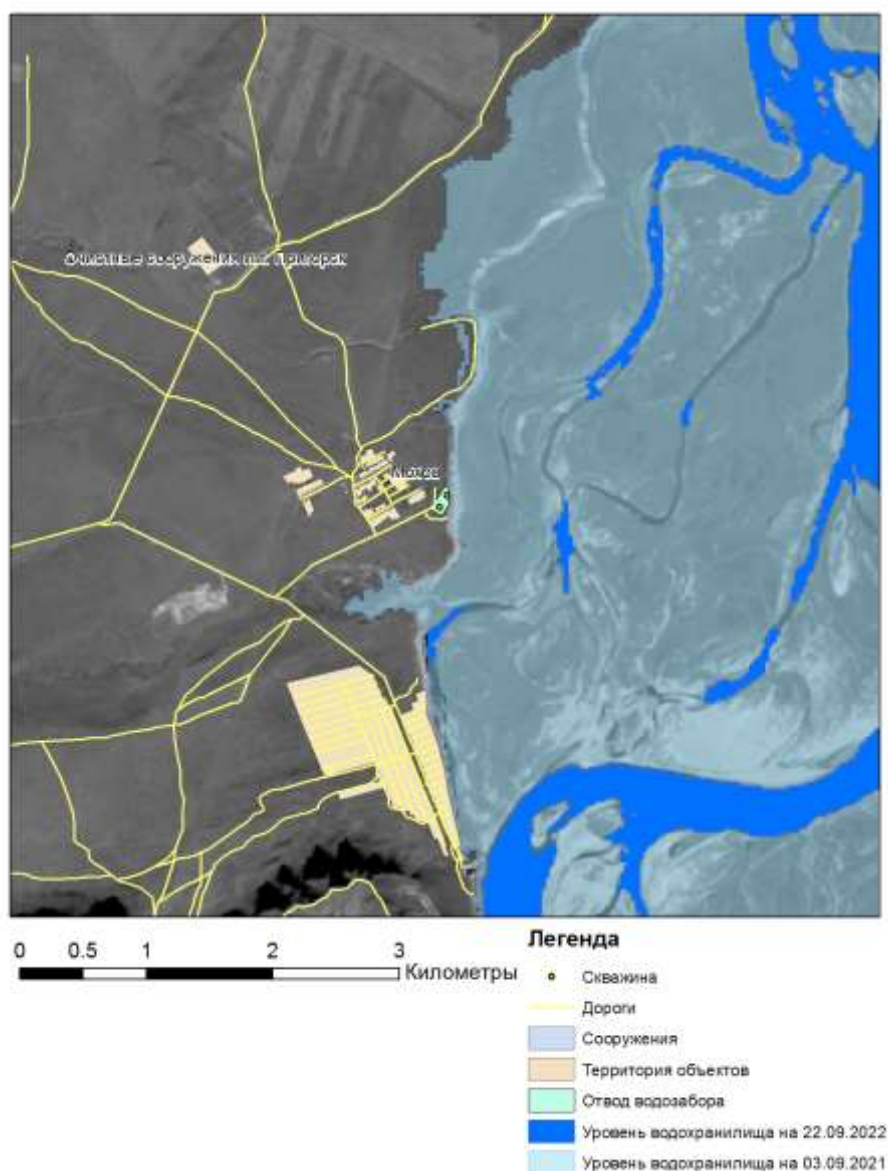


Рис. 2. Сопоставление уровней водохранилища по результатам дешифрирования

Полученные данные позволяют наглядно контролировать и оценивать площади обмеления территории водохранилища практически в реальном времени, а также дают возможность для оценки эффективности регулирования водохранилища с позиций обеспечения интересов всех водопользователей бассейна.

Количественная оценка результатов дешифрирования снимков позволяет получить зависимость уровней поверхностных вод и площадей водозабора, а также дает возможности для оценки питания береговых водозаборов при их эксплуатации. При дополнительном изучении режимов работы ГЭС, расположенных на реке Енисей, возможно будет исследовать объемы Красноярского водохранилища и их зависимость с уровнем вблизи с исследуемым водозабором. Эти исследования предполагается продолжить в дальнейшем.

Литература

1. Дутова Е. М. и др. Геохимические особенности подземных вод хозяйственно-питьевого назначения Республики Хакасия // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – №. 394. – С. 239-249.
2. Покровский Д. С. и др. Подземные воды Республики Хакасия и водоснабжение населения. – 2001.
3. Интернет-ресурс: ArcGIS9 Getting Started [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://downloads.esri.com/support/documentation/ao_1003Getting_Started_with_ArcGIS.pdf
4. Mondejar J. P., Tongco A. F. Near infrared band of Landsat 8 as water index: a case study around Cordova and Lapu-Lapu City, Cebu, Philippines // Sustainable Environment Research. – 2019. – Т. 29. – С. 1-15.
5. Интернет-ресурс: Енисейское БВУ https://enbv.ru/i03_deyatelnost/i03.07.17_nov.php

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (РЕКОНСТРУКЦИИ) ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Соина К.В.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в соответствии с государственной программой Российской Федерации создается фонд пространственных данных, подразумевающий объединение нескольких информационных систем, в том числе геоинформационной системы обеспечения градостроительной деятельности на одной платформе – создание цифрового пространства, содержащего актуальные пространственные данные обо всех объектах недвижимости (рис.1). В том числе указанная программа включает в себя содержание сведений об инженерных коммуникациях [1].

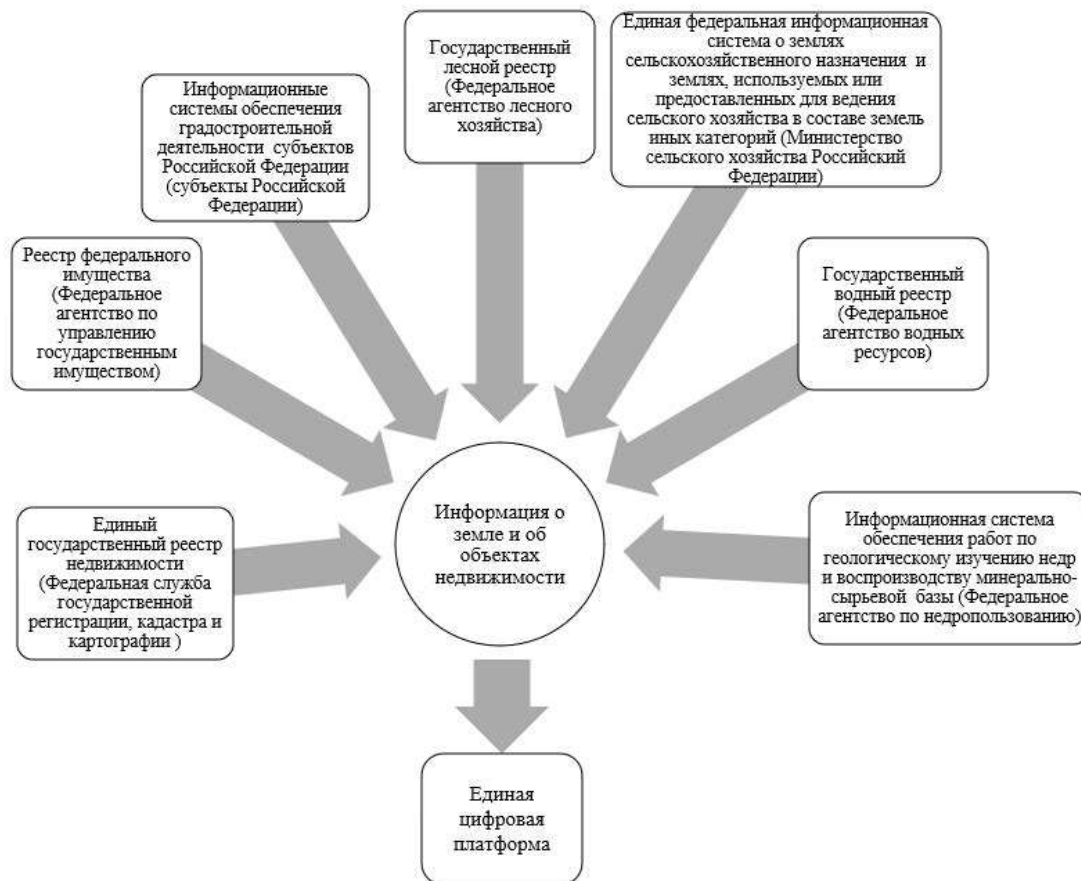


Рис. 1. Информационные ресурсы, составляющие единую цифровую платформу

Геоинформационная система обеспечения градостроительной деятельности начинала свое развитие на муниципальном уровне, затем была переведена на уровень субъекта и в настоящее время находится в процессе перехода в федеральные масштабы. Основная идея такого перехода и интеграция данных еще одиннадцати ведомств в фонд пространственных данных, в котором должна содержаться полная, достоверная и актуальная информация об объектах недвижимости, в том числе об инженерных коммуникациях. Включение сведений об инженерных коммуникациях в рамках создания такой платформы предусмотрено, однако проблема достоверности и актуальности таких сведений сегодня не решены. На сегодняшний день проблема актуализации пространственных данных местоположения инженерных коммуникациях имеет стратегически важное значение [2].

В настоящее время основной муниципальной услугой, оказываемой администрацией города Томска в части реализации строительства инженерных коммуникаций, является выдача разрешения на использование земель для строительства (реконструкции) инженерных коммуникаций. Заинтересованное лицо по результатам обращения в администрацию за данной услугой при отсутствии оснований для отказа получает распоряжение о выдаче разрешения на использование земель. До 31.03.2020 [3] ответственное за выполнение муниципальной услуги лицо проверяло на соответствие строительным нормам и правилам размещение проектируемых инженерных коммуникаций, в том числе относительно существующих инженерных сетей, информация о которых содержится на дежурных планах города. Важно отметить, что такая информация может быть не актуальна в связи с отсутствием межведомственного взаимодействия с ресурсоснабжающими организациями, на балансе которых находятся существующие инженерные сети. В случае нарушения строительных норм и правил подготавливался отказ в выдаче разрешения на использование земель. В настоящее время данный пункт исключен из перечня оснований для отказа

с 31.03.2020 [3] и специалистами администрации проверка в части нарушения таких норм и правил не проводится. В связи с данными обстоятельствами у застройщика возникают проблемы в реализации строительства на этапе получения ордера на производство земляных работ. Ресурсоснабжающие организации, с которыми производится согласование в рамках получения ордера, согласуют план планируемых объектов относительно своих сетей, и в случае невозможности строительства отказывают в согласовании. В связи с такой ситуацией заинтересованному лицу приходится перепроектировать объект и снова обращаться в администрацию за разрешением на использование земель, но уже в других границах (рис.2). В результате чего застройщик из-за отсутствия прямого взаимодействия администрации и ресурсоснабжающих организаций несет временные и финансовые потери. В рамках настоящего исследования, для совершенствования процесса предоставления муниципальных услуг, связанных с вопросами согласования местоположения объектов инженерной инфраструктуры, на основе которого производится предоставление территории и получение ордера на производство земляных работ предлагается перевести в единую услугу на одной геоинформационной платформе.



Рис. 2. Порядок размещения инженерных коммуникаций, строительство которых возможно в рамках муниципальной услуги «Выдача разрешения на использование земель, земельных участков, частей земельных участков»

В настоящее время реализация такого подхода не представляется возможной из-за ведения ресурсоснабжающими организациями геоинформационных систем (баз данных) в условной системе координат [2]. Интеграция таких данных очень затруднительна и в настоящее время не реализована. Вместе с тем, создание муниципальной услуги посредством геосервиса на единой платформе обеспечит упрощение обмена информацией о существующих и проектируемых сетях, возможность взаимной корректировки сетей, упрощение и ускорение процессов согласования прокладки новых инженерных коммуникаций, сокращение процесса согласования. Кроме того, создание такого геосервиса позволит решать вопросы реализации национальной программы Российской Федерации по созданию единой цифровой платформы, а именно - интеграция актуальных, полных и достоверных пространственных данных инженерных коммуникаций.

Использование геосервиса на основе геоинформационных систем в сфере строительства имеет большое практическое значение. Ускорение процесса согласования разрешительной документации, постоянная актуализация пространственных данных об инженерных коммуникациях, снижение финансовых затрат заинтересованного в строительстве лица – это основные показатели, которых можно достигнуть, при предоставлении муниципальных услуг совместно с эксплуатирующими организациями в одном геопространстве на основе геоинформационных систем соответствующей предметной области [4].

Литература

1. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» [Электронный ресурс]: постановление Правительства РФ от 01.12.2021 № 2148. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Гатина Н. В. и др. Проблемы информационного обеспечения инженерных коммуникаций в условиях цифровизации сферы земельно-имущественных отношений // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2021. – Т. 26. – №. 6. – С. 117-128.
3. О внесении изменений в постановление Администрации Томской области от 29.07.2016 N 263а [Электронный ресурс]: постановление Администрации Томской области от 31.03.2020 № 140а – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
4. Горбунов П. А., Варзин Е. И. О необходимости совершенствования процедуры согласования местоположения и технических характеристик инженерных коммуникаций на основе внедрения и эффективного использования геоинформационных систем // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. – 2019. – С. 344-349.

**МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УЧАСТКОВ, ПРЕДРАСПОЛОЖЕННЫХ
К СКАЛЬНО-ОБВАЛЬНЫМ ЯВЛЕНИЯМ, НА ОСНОВЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Субботина Д.А., Стукова Е.В., Борисов Е.С., Гантимурова С.А.

Научный руководитель младший научный сотрудник Костерев А.Н.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Применение методов дистанционного зондирования Земли для прогнозирования обвалов имеет большие преимущества по сравнению с визуальными наблюдениями традиционным способом. Аэрофотосъемка с последующей фотограмметрической обработкой может существенно снизить нагрузку на специалистов, выполняющих обследования природных и техногенных объектов. Целью исследования является разработка методики обнаружения предрасположенных к осыпям и каменным обвалам зон с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Классическим методом фотограмметрии является съемка в нади́р. Теория и практика таких работ широко развивается в настоящее время [1, 3], однако встречаются специфические объекты, на которых данный вид съемки может быть неэффективным. Таким объектом является Кругобайкальская железная дорога, расположенная между озером Байкал и отвесными скалами, из-за чего на некоторых её участках регулярно происходят обвалы [2].

В октябре 2022 года в рамках производственного проекта студентами и сотрудниками института Сибирской школы геонаук проводилось обследование местности со сложной морфологией рельефа. Сбор данных происходил на большом участке скально-обвальной местности, было обследовано 36 км опасных участков вдоль железнодорожных путей. Ближайший участок исследований расположен в 10 км от рабочего поселка Култук.

При использовании общепринятой методики аэрофотограмметрии возникает ряд проблем, ввиду больших углов наклона горного массива, достигающих 80° , поэтому был разработан новый способ выполнения полётов. Опытным путём для съёмочной аппаратуры выбран оптимальный угол 45° . Также были внесены изменения в создание полетных маршрутов. Первый метод съёмки происходил с обтеканием рельефа и горизонтальным смещением по профилям. Второй был создан для скальных участков, выполнялся над водами озера Байкал со смещением по высоте.

На основе полученных данных были построены: трехмерная текстурированная модель местности, ортофотоплан и цифровая модель местности. Трехмерная модель дает возможность наглядно оценивать данные и рассматривать опасные участки с различных ракурсов (рис. 1). Ортофотоплан используется для визуального сравнения морфометрических признаков с реальной моделью местности, что позволяет избегать ошибок при определении зон. Основные расчёты параметров и классификации участков по степени опасности производятся на основе цифровой модели местности с использованием геоинформационных систем Quantum GIS и модулей SAGA GIS.



Рис. 1. Трехмерная текстурированная модель местности

Применение геоморфометрических методов исследования поверхности с последующей интерпретацией является заключительным этапом обработки [4]. От выбора характеристик напрямую зависит результат

пространственного прогнозирования. Существует множество показателей, обуславливающих уровни опасности, но стоит отметить, что использование чрезмерного количества параметров может исказить точность оценки [6].

С помощью геоинформационного анализа получены карты крутизны склонов, горизонтальной, вертикальной и общей кривизны, определены статистические коэффициенты этих показателей для территории исследования.

С помощью геоинформационного анализа получены карты крутизны склонов, горизонтальной, вертикальной и общей кривизны, определены статистические коэффициенты этих показателей для территории исследования.

С помощью геоинформационного анализа были получены карты уклона поверхности, вертикальной кривизны и топографического индекса влажности. Путем суммирования нескольких геоморфометрических признаков с помощью ПО ArcGIS создается карта опасности склонов с отображением вероятности обвалных явлений [5] (рис. 2).

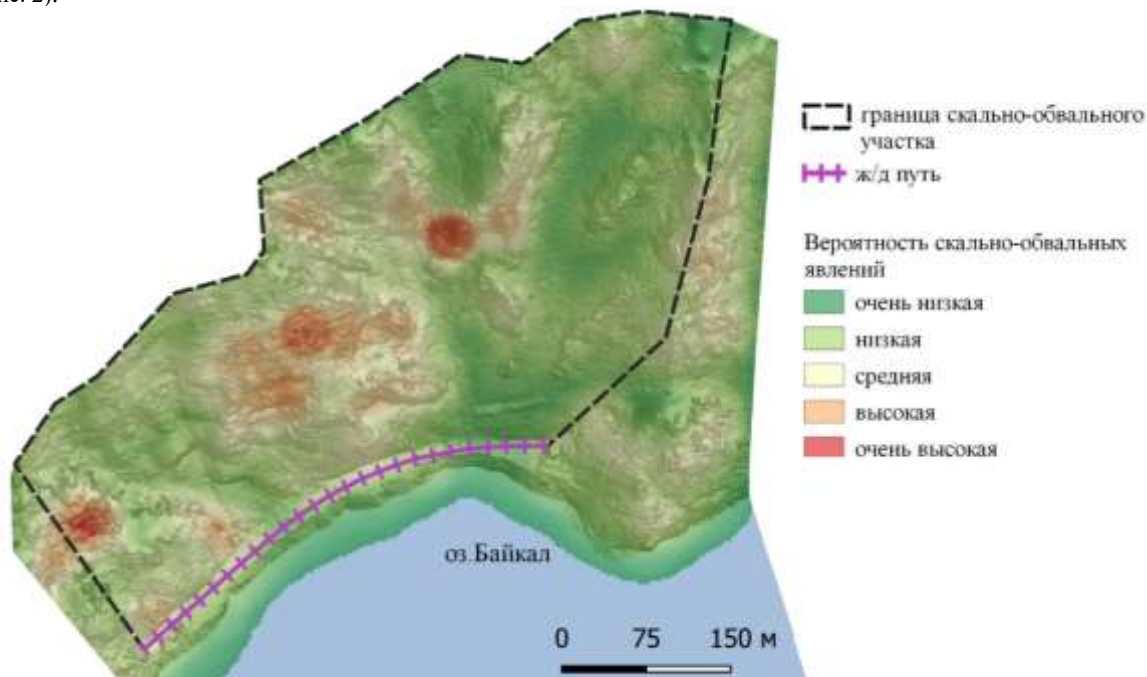


Рис. 2. Карта опасности склонов скально-обвального участка Кругобайкальской железной дороги

Таким образом, была разработана оперативная и экономически выгодная методика выделения зон, predisposed к разрушению. Обследование склонов Кругобайкальской железной дороги с использованием аэрофотограмметрической съемки и расчёта геоморфометрических параметров показало более полное представление о состоянии горного массива, чем пеший обзор местности. Также эффективность выделения участков можно повысить введением мониторинга зон, подверженных скально-обвальным процессам.

Литература

1. Губайдуллина Р. А. Особенности использования метода аэрофототопографической съемки при деформационном мониторинге // Тенденции развития науки и образования. – 2018. – №. 45-8. – С. 41-44.
2. Ерофеев В. В. и др. Разработка оптимальной методики БПЛА-фотограмметрии для обеспечения обследования и мониторинга оползневых процессов и мест возможного обрушения крутых склонов Кругобайкальской железной дороги // Научная молодёжь-Северо-Востоку России. – 2020. – С. 39-43.
3. Овчинникова Н. Г., Медведков Д. А. Применение беспилотных летательных аппаратов для ведения землеустройства, кадастра и градостроительства // Экономика и экология территориальных образований. – 2019. – №. 1. – С. 98-108.
4. Опекунова М. Ю., Вантеева Ю. В., Солодянкина С. В. Геоморфометрический анализ рельефа Приольхонья // Геодезия и картография. – 2021. – № 6. – С. 37–46.
5. Gantimurova, S. Parshin, A. Erofeev, V. GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping of the Circum-Baikal Railway in Russia Using UAV Data. Remote Sensing. – 2021. – Т. 13. – № 18.
6. Li X. et al. Research on Non-Landslide Selection Method for Landslide Hazard Mapping. – 2021.

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ДЗЗ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО

Суранов Н.А.

Научный руководитель доцент Романчиков А.Ю.

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

Переселение и интродукция чужеродных видов в новые места обитания являются одним из факторов утраты биологического разнообразия [12]. Инвазивные виды имеют тенденции к быстрому распространению и представляют угрозу для флоры и фауны. Также чужеродные представители могут оказывать негативное воздействие на здоровье людей и экономику страны или региона [4]. Инвазивные растения встречаются в основном в межселенных территориях, но бывают случаи распространения в пределах городских пространств [8, 9]. Россия в настоящее время уделяет особое внимание сохранению, защите и рациональному использованию земель [3], но на ее территории также встречаются неблагоприятные растения, одним из таких является борщевик Сосновский (*Heracleum sosnowskyi*). Это сорное растение было завезено с Кавказа в центральную часть России в 1940-е годы в качестве альтернативной кормовой культуры. Позже выяснилось, что растение токсично и при попадании его сока на кожу человека под воздействием ультрафиолетового излучения приводит к ожогам. Еще одной причиной отказа от борщевика стали экономическая и земельная реформа, проводившиеся в те годы [1].

В настоящее время борщевик занимает внушительные пространства во многих федеральных округах, но наиболее это проблема коснулась СЗФО и ЦФО. Согласно прогнозу ученых Сколковского института науки и технологий [13] к 2040–60 годам ареал распространения борщевика существенно расширится на фоне глобального потепления. Они использовали 3 наиболее популярные модели глобального потепления и построили карту возможного распространения борщевика (рис. 1).

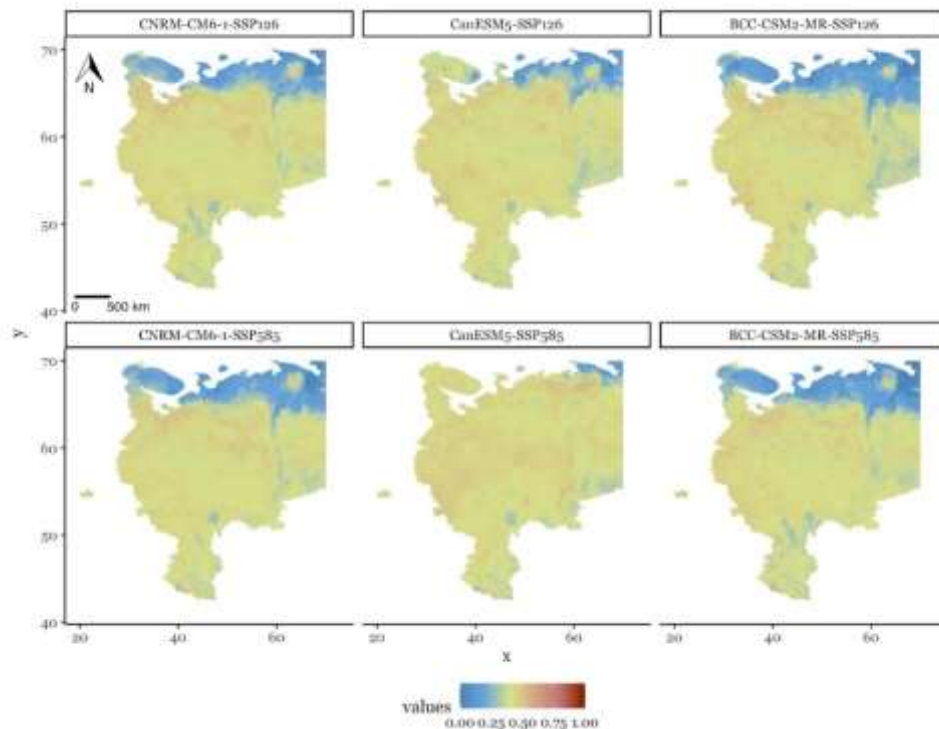


Рис. 1. Карты теоретического распространения борщевика в 2040-2060 гг. Столбцы соответствуют 3-м моделям глобального потепления, верхняя строка – оптимистичный прогноз сокращения атмосферных выбросов, нижняя – пессимистичный. Зеленоватый оттенок соответствует высокому риску распространения борщевика на данную территорию, синий – низкому [13]

По рисунку видно, что расширение ареала обитания борщевика прогнозируется в любом случае.

Из этого следует, что бороться с борщевиком необходимо начинать уже сейчас, но для этого нужно локализовать его в определенных границах, обнаружить текущие ареалы обитания. Еще до недавних пор активно использовались полевые методы обследования, но сейчас, ввиду развития технологий дистанционного сбора информации, они стали применяться заметно реже, так как являются довольно трудоемкими.

В Российской Федерации и во многих других развитых странах наиболее эффективным средством метода детектирования зарослей борщевика признано дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2] и применение аэрофотосъемки с использованием беспилотных воздушных судов (БВС) [5]. Спутниковые снимки позволяют получать данные более оперативно, но пространственного разрешения изображений не всегда может хватить для точного обнаружения границ объекта. Снимки, полученные с беспилотных воздушных судов,

наоборот, имеют высокое пространственное разрешение, но, ввиду наличия ограничения на длительность полета БВС, оперативность получения изображений заметно ниже [11].

В исследовании [6] применяются снимки со спутников Sentinel-2 с пространственным разрешением 10 м. Несмотря на то, что разрешение невысокое, крупные заросли борщевика удалось идентифицировать, применив нейронные сети как инструмент автоматической классификации (рис.2). Цветущий борщевик выглядит на снимке как светлые пятна. В другом анализе [10] применялись спутниковые снимки высокого разрешения WorldView-3 (30 см), что позволило обнаружить более мелкие участки зарастания борщевиком и построить картосхему распространения борщевика в границах земельного участка (рис. 3). Точность оценки составила 83 %.

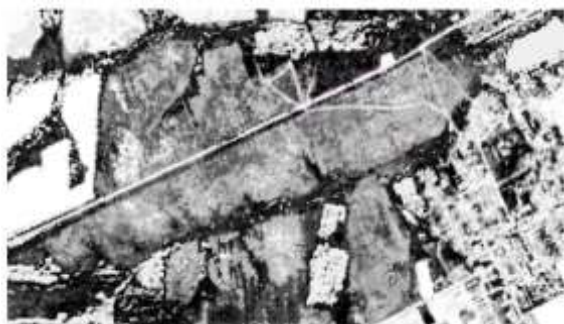


Рис. 2. Борщевик на классифицированном снимке [6]



Рис. 3. Картосхема распространения борщевика [10]

Также следует отметить, что был разработан спектральный индекс HSI (Heracleum Sosnowskyi Index), применяемый для обнаружения борщевика [7]. HSI представляет собой отношение ближнего инфракрасного канала к разнице по модулю зеленого и синего канала. Авторы утверждают, что совместное использование NDVI и HSI приведет к точному распознаванию борщевика на любой стадии вегетации.

Наиболее прогрессивный метод обнаружения разработали ученые из Сколтеха. В своем исследовании [14] они создали систему мониторинга, которая производит сегментацию изображения в реальном времени на борту беспилотного судна и идентифицирует борщевик. Их работа основана на применении полностью сверточных нейронных сетей, которые могут выделять интересующие объекты с точностью до пикселя (рис. 4).



Рис. 4. Слева – входное изображение, справа – результат работы FCNN [14]

Таким образом, можно говорить о том, что проблема расширения ареалов обитания борщевика Сосновского в России стоит особенно остро и необходимо предпринимать какие-либо действия для предотвращения последствий. Дальнейшее совершенствование алгоритмов идентификации борщевика по спутниковым и аэрофотоснимкам позволит получить более полное представление о проблеме и тщательно спланировать необходимые мероприятия по борьбе с ним. Данная задача является одной из важнейших в современном отечественном сельском хозяйстве, экологии и здравоохранении.

Литература

1. Богданов В. Л., Осипов А. Г., Гарманов В. В. Методика мониторинга засорения земель борщевиком Сосновского по данным дистанционного зондирования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (59). – С. 69-74.
2. Иванов А. В., Стриженов А. В., Супрун И. К. Методы дешифрирования геоэкологических условий территорий горнопромышленных комплексов на основании данных дистанционного зондирования земли // Геология и геофизика юга России. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 102-110.
3. Ковязин В. Ф., Киценко А. А., Реза Ш. С. О. Кадастровая оценка лесных земель с учетом степени развитости их инфраструктуры // Записки Горного института. – 2021. – Т. 249. – С. 449-462.
4. Нецветова, Е. В. Саловаров В. О. Борьба с инвазивными чужеродными видами в концепции Конвенции о биологическом разнообразии // Вестник ИрГСХА. – 2022. – № 112. – С. 121-136.
5. Ковязин В.Ф. и др. Оценка точности инвентаризации лесных земель с применением воздушного лазерного сканирования // Геодезия и картография. – 2022. – Т. 83. – № 6. – С. 54-63.
6. Рутман В. В. и др. Идентификация зарослей борщевика Сосновского по данным дистанционного зондирования земли // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – 2018. – С. 81-85.

7. Рыжиков Д. М. Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задачи контроля зон произрастания борщевика Сосновского // Информационно-управляющие системы. – 2017. – №. 6 (91). – С. 43-51.
8. Скачкова М. Е., Копалина К. М. Методическое обеспечение оценки уровня комфортности зеленых насаждений общего пользования // Природообустройство. – 2018. – №. 2. – С. 125-131.
9. Скачкова М. Е., Копалина К. М. Оценка уровня комфортности объектов озеленения урбанизированных территорий // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2020. – Т. 25. – №. 2. – С. 244-258.
10. Фомин Д. С., Чашин А. Н. Идентификация борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) по данным дистанционного зондирования Земли в Среднем Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 1 (75). – С. 68-70.
11. Chepyzhova A. V., Pravdina E. A., Lepikhina O. Y. Comparative evaluation of the effectiveness of the laser scanning and aerial photography systems using unmanned aerial vehicles // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2019. – Т. 1333. – №. 3. – С. 032064.
12. Duenas M. A. et al. The threat of invasive species to IUCN-listed critically endangered species: A systematic review // Global Ecology and Conservation. – 2021. – Т. 26. – С. e01476.
13. Koldasbayeva D. et al. Large-scale forecasting of *Heracleum sosnowskyi* habitat suitability under the climate change on publicly available data // Scientific reports. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 6128.
14. Menshchikov A. et al. Real-time detection of hogweed: UAV platform empowered by deep learning // IEEE Transactions on Computers. – 2021. – Т. 70. – №. 8. – С. 1175-1188.

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН МЕРКЕНСКОГО РАЙОНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПОСЛЕ ДЕТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

Тажиев С.Р.

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан

Современный этап развития Республики Казахстан характеризуется возрастанием роли подземных вод в сельском хозяйстве, как составного элемента государственной Программы развития регионов. На территории Жамбылской области большое количество месторождений подземных вод было разведано в советское время для развития сельского хозяйства.

По Меркенскому району было разведано два месторождения подземных вод для орошения земель (Меркенское и Аспаринское). В декабре 2016 г. по Меркенскому месторождению подземных была закончена разведка с целью переоценки запасов подземных вод.

По данным ранее выполненных работ на исследуемой территории было исследовано 189 самоизливающихся скважин (2010 г.) и 86 самоизливающихся скважин (2003 г.). Оценка потенциала самоизливающихся скважин Меркенского района для развития сельского хозяйства была проведена в августе 2021 г. по 182 обследованным скважинам в 12 сельских округах из 14 имеющихся в районе.

Выявлено 132 самоизливающихся скважин; в 22 скважинах уровень грунтовых вод находится ниже дневной поверхности на 0,1-10 м; в 23 скважинах ствол скважин забит камнями и посторонним материалом; в 5 скважинах установлен погружной насос. Из 132 самоизливающихся скважин 40 имеют дебит выше 10 дм³/с. Карта-схема с их расположением представлена на рисунке 1. Сведения о производительности скважин и административной приуроченности сведены в таблице 1.



**Рис. 1. Карта-схема фактического материала Меркенского района
с расположением 58 самоизливающихся скважин**

На основе анализа результатов детального обследования оценка потенциала фонтанной эксплуатации напорных подземных вод выполнена для Меркенского района.

По данным областного управления сельского хозяйства Жамбылской области на территории Меркенского района в 2021 г. было посеяно 103 540 га.

По данным Жамбылского филиала РГП на ПХВ «Казводхоз» Комитета по водным ресурсам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан на 2021 г. по Меркенскому району принята средняя оросительная норма за весь период вегетации по всем сельскохозяйственным культурам Меркенского района составляет 4 515 м³/га, при количестве поливов за весь период вегетации в количестве 7. Период вегетации составляет 5 мес. (150 дней):

Дебит 37 самоизливающихся скважин района составляет 536 дм³/с или 6,947 млн. м³ за вегетационный период. Учитывая среднюю оросительную норму за счет самоизливающихся скважин, есть возможность обеспечить полив сельскохозяйственных культур дополнительно на 220 га. Но при использовании капельного орошения можно увеличить площадь орошаемых земель в 10 раз до 2 200 га.

Практический интерес для района представляет восстановление 23 засоренных скважин. Предварительная оценка стоимости восстановительных работ приведена ниже.

При средней глубине скважин 250 м, суммарный метраж для очистки оценивается в 5 750 м. По данным ТОО «ГИСС» стоимость очистки 1 пог. м ствола скважины составляет 50% от стоимости бурения, т. е. при стоимости бурения 1 пог. м в 70 000 тенге стоимость очистки 1 пог. м составит 35 000 тенге. Общая стоимость самой очистки 23 скважин оценивается в 201,25 млн. тенге. Перегон техники на участок работ и с участка, а также переезд внутри участков работ достигает 800 км. Стоимость перегона бурового отряда 2 550 тенге на 1 км. Общая сумма затрат на перегон составит 2,04 млн. тенге. Суммарные затраты на восстановление 23 скважин оцениваются в 203,29 млн. тенге.

Таблица

Данные 40 скважин обладают наибольшим потенциалом для развития сельского хозяйства в Меркенском районе

Количество округов	Количество скважин	Приуроченность скважин	Суммарный дебит, л/с
1-9	37	Ойталский с/о, Суратский с/о, Сарымолдаевский с/о, Жанатоганский с/о, Андас батырский с/о, Кенесский с/о, Актоганский с/о, Т. Рыскуловский с/о, Акерменский с/о	536
Самоизливающиеся скважины с t воды выше 30 °С			
1-2	3	Андас батырский с/о, Кенесский с/о	34
Итого: 570 л/с, из них 34 л/с вода с t воды выше 30 °С с самоизливающихся гидрогеологических скважин №№ 65, 67, 74			

Текущее состояние отдельных самоизливающихся скважин дебитом выше 10 дм³/с представлено на рисунке 2.



Рис. 2. Состояние отдельных самоизливающихся скважин

Очень важное значение имеет качество данных подземных вод, которые соответствуют СанПИН приказ № 209 МНЭ от 16 марта 2015 г., кроме трех скважин с теплой водой. Также нужно рассмотреть проблему вторичного засоления почв за счет самоизливающихся гидрогеологических скважин. И нужно вести государственный мониторинг наблюдательной сети более качественно с замером уровней воды, дебита и отбора воды с дальнейшим исследованием на качество воды каждой скважины данной сети ежеквартально.

Также хотелось бы отметить, что качество подземных вод Меркенского района намного выше, чем в целом по другим регионам Казахстана.

Примечание: Коммерческое предложение № 216 от 24 июня 2021 г. на очистку скважин от ТОО «ГИСС»; данные областного управления сельского хозяйства Жамбылской области, Жамбылского филиала РГП на ПХВ «Казводхоз» Комитета по водным ресурсам Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан прилагаются к презентации статьи.

ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина» выполняет работы в рамках государственного заказа на реализацию научного и (или) научно-технического проекта по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований», специфике

154 «Оплата услуг по исследованиям». Договор № 213/36-21-23 от 15 апреля 2021 г. с ГУ «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан».

Название гранта «Оценка перспективной фонтанной (на самоизливе) эксплуатации подземных вод для устойчивого развития территорий Жамбылской области».

Срок реализации гранта 2021-2023 гг. Ответственный исполнитель – Тажиев С.Р.

Литература

1. Водные ресурсы Казахстана. Справочник. – Алматы: Ғылым, 2002. – 595 с.
2. Веселов В.В., Махмутов Т.Т., Смоляр В.А. и др. Справочник. Месторождения подземных вод Казахстана. Том I. Западный и Южный Казахстан. – Алматы, 2019. – 426 с.
3. Гидрогеология СССР. Том 36. Южный Казахстан. М., Недра, 1970. – 472 с.
4. Абсаметов М. К. и др. Подземные воды Казахстана-стратегический ресурс водной безопасности страны. – 2017.
5. Берикболов С. Б. Отчет. Обследование 500 самоизливающихся гидрогеологических скважин на территории Жамбылской области, в 5 книгах и 1 папке. – Шымкент, 2010
6. Смоляр В.А. Отчет. Обследование бесхозных самоизливающихся гидрогеологических скважин Южного Казахстана, книги 1, 3, 8 и 2 папка 2. – Алматы, 2003.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тукмачёв Д.В., Чихирева В.В.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Концепция геологического захоронения радиоактивных отходов опирается на использование как естественных барьеров, образованных горными породами, так и искусственных барьерных систем, изолирующих отходы от биосферы. При этом, важное значение имеет буферный материал, располагающийся между вмещающей горной породой и контейнером с радиоактивными отходами, поскольку именно он обеспечивает механическую изоляцию контейнеров для отходов, дополнительную удерживающую способность и термическую стабильность. В настоящее время буферный материал хранилищ всё чаще представлен бентонитовыми глинами, поскольку данные материалы характеризуются низкой проницаемостью и способностью удерживать радионуклиды путем физико-химической адсорбции [2].

Каждая структурная единица глинистого минерала состоит из тетраэдрических и октаэдрических пластин в соотношении 2:1, а в межслоевых промежутках находятся обменные катионы и молекулы воды. Тетраэдрические листы состоят из последовательности тетраэдров, соединенных общими атомами кислорода, тогда как октаэдрические листы содержат октаэдры, состоящие из четырех атомов кислорода и двух гидроксильных ионов. В зависимости от того, как сопоставляются тетраэдрические и октаэдрические листы, глины классифицируются на слоистые структуры. При поглощении воды глинистым минералом происходит расширение решетки, или внутрикристаллическое набухание [1, 4].

При оценке долгосрочных характеристик бентонита важное значение имеет минералогическая стабильность глин в различных условиях окружающей среды. Знание структурных характеристик буферного материала может иметь решающее значение для оценки их пригодности, поскольку трансформация минералогической структуры глин под воздействием облучения может значительно увеличить проницаемость горной породы, а вдоль плоскостей структурных неоднородностей может происходить значительная миграция флюидов. Именно поэтому для обеспечения безопасности и долгосрочной работы геологического хранилища радиоактивных отходов необходимо изучение минералогических свойств и реакции глин на динамические условия среды [3].

Целью данной работы является исследование минерального состава бентонитовых глин в естественном состоянии и после воздействия облучения.

Образцы бентонитовой глины были отобраны на месторождении 10-й хутор Республики Хакасия. Для электронно-микроскопического анализа выделено шесть образцов глин массой 10 мг. Исследование выполнено в Международном инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология» при отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Изучение микроминеральных форм и морфологии частиц глины проведено на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Bruker X@Flash 5010 для проведения рентгеноспектрального анализа. Препараты готовились следующим образом: на покровную бумагу наносилось небольшое количество образца, после встряхивания бумага плотно прижималась к клейкой углеродной ленте и удалялась. Препарат обдувался сжатым воздухом, после чего отправлялся на изучение.

Изучено шесть образцов: три исходной глины и три облученной. Облучение образцов производилось на реакторе с целью имитации воздействия на глины радиоактивного излучения в пункте захоронения РАО. Препараты исследованы в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении 20 кВ, для получения изображений использован детектор обратно-рассеянных электронов. В каждом препарате выделены по три участка для оценки морфологии и размеров частиц. Снимки выполнены при увеличениях x500, x1000 и x1500.

В исходной пробе 1 обнаружены следующие минералы: биотит, хлорит, калиевый полевой шпат, анортит, кислые плагиоклазы (альбит), монтмориллонит, окислы, гидроокислы и алюмосиликаты железа, сфалерит, барит, целестин, гипс, кальцит. Выявлены спорные минералы: металлическое железо, нержавеющая сталь. В облученной

пробе 1 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: кварц, каолинит, иллит, апатит, пирит и частицы угля.

В пробе 2 найдены оксиды, гидроксиды и сульфаты железа; кварц, калиевый полевой шпат, альбит, каолинит, монтмориллонит, мусковит-иллит, доломит, пирит, барит и рутил. В облученной пробе 2 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: фосфат редкоземельных элементов, апатит, псевдорутил, хлорит, кальцит и анортотлаз.

В пробе 3 выявлены: циркон (Y, Th, Sc), каолинит, монтмориллонит, биотит, плагиоклаз (альбит, олигоклаз, лабрадор), анортотлаз, апатит, кварц, фосфаты редкоземельных элементов, пирит, рутил. Спорные минералы: нержавеющая сталь. В облученной пробе 3 помимо приведенных ранее минералов, выявлены: анатаз, псевдорутил, оксиды (гидроксиды) железа, мусковит-иллит, барит, алумосиликат магния, силлиманит, доломит.

Обнаруженные в образцах после облучения новые минералы могут свидетельствовать о неоднородности проб. Сравнительный анализ морфологии и размеров частиц в образцах глины до и после облучения не показал существенных различий (Рис.).

Таким образом, минералогическая структура бентонитовых глин после воздействия радиоактивного излучения не претерпевает значительных изменений, которые могли бы снизить барьерные характеристики глины как буферного материала при изоляции радиоактивных отходов в пунктах захоронения. Однако для более детальной оценки безопасности применения бентонитовых глин в качестве инженерных барьеров необходимы дальнейшие исследования.

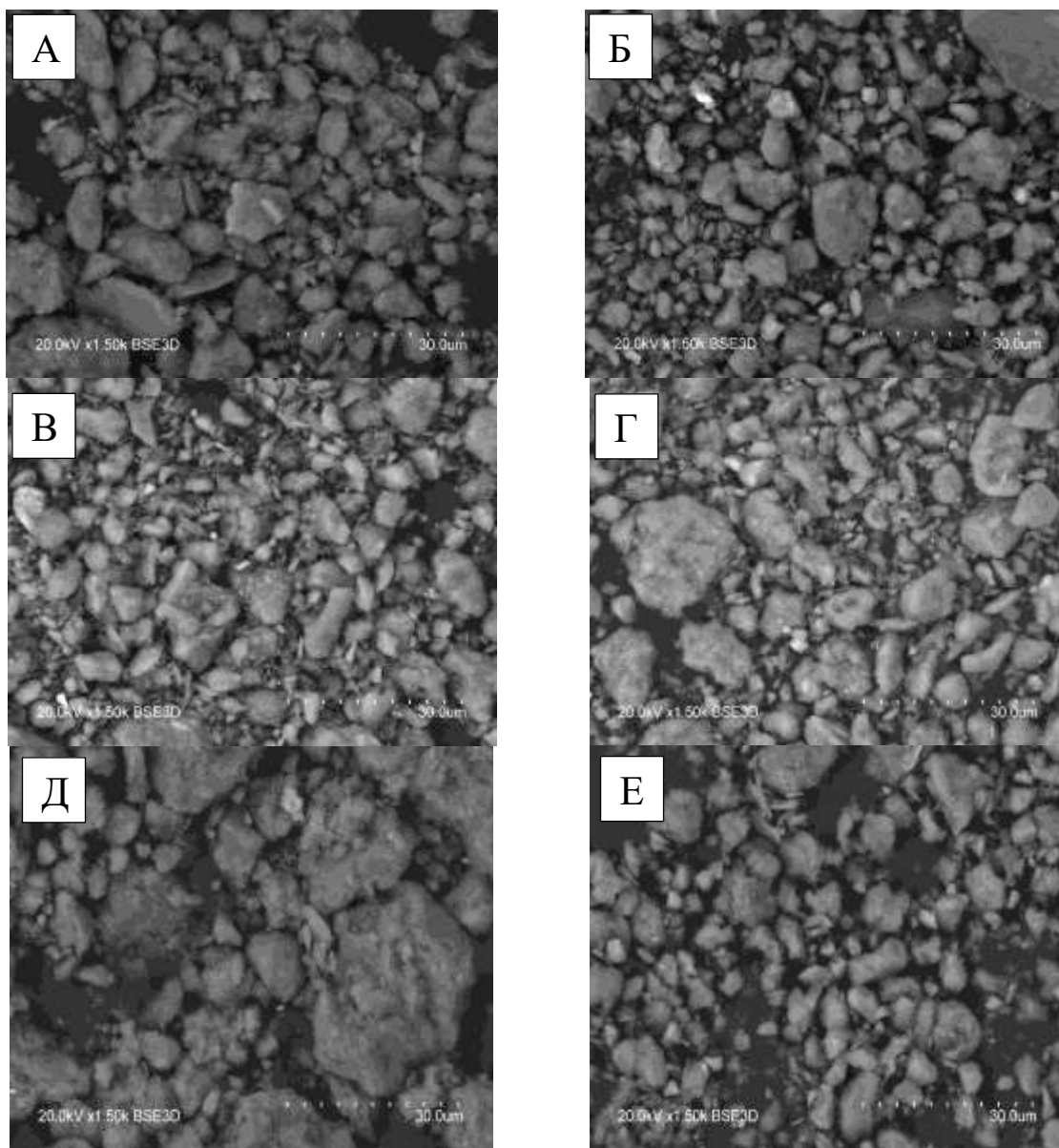


Рис. Снимки в обратно-рассеянных электронах. Морфология микроминералов в образцах глины: образец 1 до (А) и после (Б) облучения; образец 2 до (В) и после (Г) облучения; образец 3 до (Д) и после (Е) облучения

Работа поддержана Государственным Задаaniem РФ "Наука". Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Alzamel M., Fall M., Haruna S. Swelling ability and behaviour of bentonite-based materials for deep repository engineered barrier systems: Influence of physical, chemical and thermal factors // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 689-702.
2. Chang C. et al. Hydro-mechanical behavior of heated bentonite buffer for geologic disposal of high-level radioactive waste: A bench-scale X-ray computed tomography investigation // Applied Clay Science. – 2023. – Т. 232. – С. 106792.
3. Ohazuruike L., Lee K. J. A comprehensive review on clay swelling and illitization of smectite in natural subsurface formations and engineered barrier systems // Nuclear Engineering and Technology. – 2023.
4. Yoon S. et al. Contemplation of relative hydraulic conductivity for compacted bentonite in a high-level radioactive waste repository // Annals of Nuclear Energy. – 2021. – Т. 161. – С. 108439.

**ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ
В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Ченсизбаев Д.Б.

Научный руководитель Аденова Д.К.

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, г. Алматы, Казахстан

В общем смысле под промышленными водами принято понимать подземные воды, содержащие в повышенных количествах микрокомпоненты или их соединения в количествах, обеспечивающих по технико-экономическим показателям их рентабельную добычу и переработку. Такие воды имеются и на территории Республики Казахстан. При освоении такого гидроминерального сырья имеется реальная возможность создания инновационных химических производств для получения поваренной соли, йода (I), брома (Br), стронция (Sr), лития (Li), калия (K) и иных элементов, и соединений. Часть этих продуктов может быть использована непосредственно при добыче нефти, что значительно снизит ее себестоимость [3, 1].

Установлено, что запасы гидроминерального сырья сопоставимы по отдельным элементам с известными месторождениями твердых полезных ископаемых. Так, в природных водах содержится до 80 % брома, 78 % лития, 40 % рения, 35 % цезия, 24 % стронция от их общих запасов в земной коре. Оценивая микрокомпонентный состав различных типов подземных вод, следует отметить, что особого внимания из присутствующих металлов заслуживают, в основном, литий и стронций [11, 5, 6].

Несмотря на очевидную перспективность использования уникального вида природных ресурсов – попутных пластовых вод, как источника получения щелочных и щелочно-земельных металлов, вопросы его комплексного освоения пока не нашли должного развития. В первую очередь это связано с отсутствием эффективных технологий их переработки на территории Республики Казахстан [10, 8].

Насыщенность рассолов микрокомпонентами находится в тесной зависимости, как от генетической сущности самих рассолов, так и от литолого-структурных и геотермических особенностей вмещающих пород. Существуют химические элементы, которые возможно извлекать только из подземных вод [2].

Промышленные 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.

Районирование подземных промышленных вод является гидрогеологической основой для изучения региональных закономерностей их распространения. Научно обоснованное выделение обособленных районов необходимо также для выбора правильного методического подхода к региональной оценке прогнозных ресурсов и эксплуатационных запасов таких вод в связи с выявлением перспектив их практического использования.

На территории Казахстана выделены 4 провинции промышленных вод: Прикаспийская, Мангышлак-Устюртская, Шу-Сарысузская и Тенизская [9].

Территория Южного Казахстана, в пределах которой расположена Шу-Сарысузская впадина простирается в северо-западном направлении почти на 900 км, при ширине в поперечнике порядка 300 км. На севере и западе впадина ограничена Сарысу-Тенизским поднятием и горно-складчатыми сооружениями Улытау; на северо-востоке Шу-Илийскими горами; на юге и юго-западе хребтами Малый и Большой Каратау; на востоке и юго-востоке хр. Кендыктас и Киргизским Алатау [4]. Шу-Сарысузская провинция редкометальных вод пространственно совпадает с одноименной тектонической впадиной и артезианским бассейном Южного Казахстана. В ней выделяются три области редкометальных промышленных вод: Кокпансорская, Мойынкумская и Тасбулакская, занимающие одноименные тектонические впадины и прогибы. (рис. 1).

- Кокпансорская область промышленных вод представлена в основном рассолами, приуроченными к отложениям верхнего девона-нижнего карбона, залегающим на глубинах 570–3500 м. По данным химико-аналитических исследований, 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.

- Мойынкумская область промышленных вод приурочена к отложениям верхнего девона и нижнего карбона, залегающим на глубинах 870–2500 м. По данным химико-аналитических исследований, при испытании скважин на площадях Амангельды, Айрақты, Саякпай были получены притоки рассолов с минерализацией 130–230 г/л, дебиты скважин составил 0,02–0,3 л/с.

- Тасбулакская область промышленных вод слабо изучена по одиночным скважинам, вскрывшим на глубинах 2900–3500 м 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. В скважинах 1-П (пл. Кулькудук) и 1, 2 (пл. Шуйская) в различных интервалах получены притоки подземных рассолов, содержащих значительные концентрации редких элементов и галогенов.

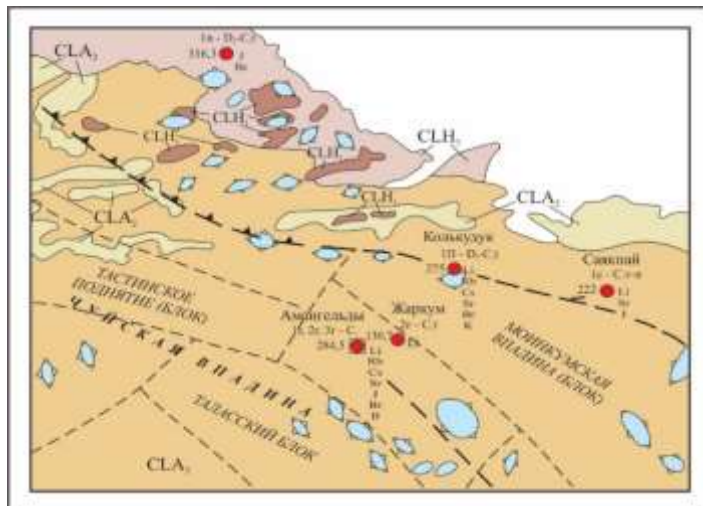


Рис. 1. Геолого-структурная карта Шу-Сарысуйской впадины

Исходя из общих условий и закономерностей распространения подземных минерализованных вод и рассолов, содержащих редкие элементы, а также с учетом опыта использования таких вод в качестве гидроминерального сырья установлены пределы концентраций элементов, при которых воды представляют промышленный интерес (мг/л): лития не менее 10, рубидия ≥ 3 , цезия $\geq 0,5$, стронция ≥ 300 , брома ≥ 200 , йода ≥ 10 , бора ≥ 100 [7].

В пределах Шу-Сарысуйской впадины промышленные воды были обнаружены в скважинах, вскрывающих отложения верхнего девона-нижнего карбона, в ходе химико-аналитического исследования были выявлены в составе воды такие элементы как, литий, рубидий, цезий, стронций, калий, йод, бром, бор. Подземные воды пермских и более молодых образований характеризуются весьма малыми концентрациями редких элементов и не представляют промышленного интереса.

Анализ и обобщение материалов ранее проведенных работ свидетельствуют, что пластовые воды имеют широкое распространение и могут рассматриваться в качестве источника гидроминерального сырья.

Для комплексной безотходной переработки таких рассолов (с извлечением всех или большинства полезных компонентов) необходимы специальные технологические схемы. В настоящее время российскими учеными разработан ряд технологических схем переработки хлоридных кальциевых рассолов Сибирской платформы с получением литиевых, магниевых, бромных продуктов и йода. Имеются принципиальные технологические возможности получения других продуктов, в том числе соединений бора, рубидия, цезия и стронция.

Литература

1. Абсаметов М. К., Завалей В. А., Муртазин Е. Ж. Перспективы использования гидроминерального сырья при разведке и добычи нефти // Геология и охрана недр. – 2010. – № 1 (34). – С. 64.
2. Антипов М.А., Бондаренко С.С., Стрепетов В.П., Каспаров С.М. Минеральное сырье. Бром и йод. М.: Геоинформмарк. - 1999. - 30 с.
3. Бондаренко С. С., Лубенский Л. А., Куликов Г. В. Геолого-экономическая оценка месторождений подземных промышленных вод. М.: Недра, 1988. – 203 с.
4. Даукеев С. Ж., Воцалевский Э. С., Ужкенов Б. С. и др. Глубинное строение и минеральные ресурсы Казахстана // Нефть и газ. – Алматы, 2002. – Т 3. – 248 с.
5. Дривер Дж. Геохимия природных вод. - М.: Мир, 1985. - 440 с.
6. Забродин Н. И., Нечаева А. А., Коробочкина Т. В. Содержание редких щелочных элементов в соляном сырье Советского Союза и перспективы их промышленного освоения // Редкие щелочные элементы. - Новосибирск: Сиб. отд. АН СССР, 1960. - С. 97-100.
7. Краткие методические указания по изучению территории СССР на промышленные редкометалльные воды. / ВСЕГИНГЕО. - 1972. - 15 с.
8. Муртазин Е. Ж., Кан С. М., Вялов В. Д., Калугин О. А., Сульдина О. В. Некоторые аспекты распространения промышленных подземных вод Казахстана и перспективы их использования/ Известия НАН РК, серия геологии и технических наук. -Алматы. – 2014. № 6. - С.49-54.
9. Смоляр В. А., Буров Б. В., Веселов В. В. и др. Водные ресурсы Казахстана.-Алматы: НИЦ «Гылым». - 2002.- 596 с.
10. Шадрюнова И. В. и др. Проблемы и перспективы освоения ресурсов гидроминерального сырья // Современные процессы комплексной и глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения 2015). – 2015. – С. 54-58.
11. Pacific Lithium Ltd, 2000, QLL accessed 4 April 2000 at URL: <http://www.Pacificlithium.com/technology/associations.html>

СОДЕРЖАНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИНАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10-Й ХУТОР

Чихирева В.В., Тукмачёв Д.В.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Развитие атомной энергетики ведет к накоплению большого количества радиоактивных отходов, что вызывает необходимость разработки эффективных и экологически безопасных методов их изоляции. В настоящее время принята концепция многобарьерного захоронения радиоактивных отходов, предполагающая сочетание природных защитных барьеров с искусственными, уменьшающими возможность миграции радионуклидов в биосферу. Природные защитные барьеры зачастую представлены монолитными горными породами, а искусственные – контейнерами для размещения отходов и буферным материалом, заполняющим пространство между контейнером и вмещающей горной породой. В настоящее время большинство концепций захоронения радиоактивных отходов предполагают использование в качестве буферного материала бентонитовые глины [1].

Использование глин в составе инженерных барьеров безопасности предполагает контроль показателей их качества. На сегодняшний момент существует несколько подходов к оценке качества, различия как перечень критериев качества, так и их показателей. В данной работе предполагается рассмотреть требования Шведской концепции захоронения радиоактивных отходов KBS-3 [2].

Целью данной работы является оценка качества бентонитовых глин месторождения 10-й Хутор согласно требованиям Шведской концепции захоронения радиоактивных отходов.

В качестве объекта исследования было использовано три образца бентонитовых глин, отобранных на месторождении 10-й Хутор, Республика Хакасия.

Минеральный состав исследуемых образцов глин определялся рентгенофазовым методом на дифрактометре BRUKER D2 PHASER. Принцип действия дифрактометров основан на дифракции рентгеновских лучей от атомных плоскостей кристаллической решетки исследуемого вещества. Содержание органического углерода определялось пиролизическим методом на установке «Rock-Eval 6 Turbo». В основе метода Rock-Eval лежит термическое моделирование эволюции нефтематеринской породы. Данный метод позволяет судить о количестве свободных углеводородов, содержащихся в поровом пространстве, и об остаточном генерационном потенциале органического вещества породы.

Результаты исследования состава глинистого материала представлены в таблице. В составе всех трех образцов содержание монтмориллонита различно, но везде превышает 50 %. Максимальное содержание монтмориллонита характерно для образца 134, в котором обнаружено почти 85 % монтмориллонита. Как известно, основными порообразующими компонентами бентонитовых глин являются минералы группы смектита, преимущественно монтмориллониты. Важными особенностями монтмориллонита, определяющими его барьерные свойства, являются способность к адсорбции различных ионов, пластичность, набухаемость и низкая водопроводимость, обусловленные строением его кристаллической решетки. Именно поэтому, содержание монтмориллонита в составе глин является одним из ключевых факторов приемлемости их использования в качестве буферного материала [1]. Так согласно KBS-3, лишь образец 134 соответствует требованиям, предъявляемым к барьерным материалам по содержанию монтмориллонита. Кроме этого, в требованиях KBS-3 указано, что содержание сульфидов не должно превышать 0,5 %. Во всех исследованных образцах не обнаружено указанной минеральной фазы, однако в образце 136 присутствуют отдельные микровключения пирита, выявленные при исследовании методом электронной микроскопии. Столь незначительное количество пирита в образце, безусловно, не влияет на его качество.

Органические компоненты в составе барьерных материалов могут служить пищей для бактерий, интенсифицирующих процесс коррозии контейнеров для размещения отходов. Процесс биокоррозии заключается в химическом воздействии на металл продуктов жизнедеятельности бактерий, что ведет к изменению кислотности среды и разрушению металла посредством его превращения в оксид. Таким образом, в условиях пункта захоронения радиоактивных отходов необходим контроль за содержанием органических компонентов в барьерных материалах [3]. В рассматриваемых образцах содержание органического углерода не превышает 0,13 %, что значительно ниже требований, указанных в KBS-3.

Таблица

Сравнение результатов исследования показателей качества глинистых материалов с требованиями концепции KBS-3

Содержание монтмориллонита			Содержание органического углерода		
Требования концепции KBS-3	Полученный результат		Требования концепции KBS-3	Полученный результат	
75-90 %	Образец 134	84,46 %	<1 %	Образец 134	0,12 %
	Образец 135	54,1 %		Образец 135	0,1 %
	Образец 136	64,33 %		Образец 136	0,13 %

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать следующий вывод: по содержанию монтмориллонита и органического углерода только образец 134 подходит для применения в качестве барьерного материала. Образцы 135 и 136 не имеют большого количества органического вещества, что не способствует развитию

микробиологических процессов, однако содержание монтмориллонита, отвечающего за барьерные свойства материала, не удовлетворяет требованиям KBS-3. За счёт пониженного содержания монтмориллонита, данные образцы не имеют физических свойств, необходимых для надёжной изоляции радиоактивных отходов.

Работа поддержана Государственным Заданием РФ «Наука». Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Крупская В. В. и др. Изоляционные свойства бентонитовых барьерных систем для захоронения радиоактивных отходов в Нижнеканском массиве // Радиоактивные отходы. – 2020. – №. 1. – С. 35-55.
2. Safi I. Radiation Effects on KBS-3 Barriers: SKB's work so far. – 2017.
3. Колесникова Н. Н. и др. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 1. – С. 170-174.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СНЕГОЗАНОСА В ПРОВЕТРИВАЕМОМ ПОДПОЛЬЕ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГНОЗНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Чуржакова Д.В.

Научный руководитель главный специалист АО «ТомскНИПИнефть» Филимонов А.А.
АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия

Одним из этапов проектирования зданий и сооружений в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов является выполнение прогнозных теплотехнических расчетов, в результате чего определяется температурное распределение в основании проектируемого сооружения на заданный временной промежуток. При задании расчетной модели учитывается высота снежного покрова, влияющая на поступление холода в зимний период в толщу грунта, но в нормативной документации не представлены методики задания снежного покрова для выполнения прогнозных теплотехнических расчетов сооружений с проветриваемым подпольем [1, 2].

Глобально все здания и сооружения с проветриваемым подпольем разделяются на 4 группы:

1. здания и сооружения с проветриваемым подпольем шириной менее 3 м;
2. здания и сооружения с проветриваемым подпольем с габаритными размерами в плане более 3 м;
3. надземные резервуары диаметром до 25 м;
4. надземные резервуары диаметром более 25 м.

В результате анализа существующих мнений были выделены 7 схем задания снеготаноса, предназначенных для конкретных групп сооружений. В работе рассматривается 2 группы с наибольшими конструктивными различиями и 5 соответствующих им схем задания снеготаноса. Вариативность использования разных методик сведена в матрицу расчетных моделей (табл. 1). Для каждой из рассматриваемых групп было выбрано опытное сооружение, не предусматривающее применение термостабилизации по проекту.

Таблица 1

Матрица расчетных моделей

Методики (схемы) задания снеготаноса	Рассматриваемые сооружения		
	Сооружения с проветриваемым подпольем с размерами в плане более 3 м	Резервуары диаметром до 25 м	
НПО «Фундаментстройаркос»			
Внутри подполья высота снеготаноса 0,5· м. Вблизи 2-х м от периметра сооружения (за его пределами) высота снеготаноса 2·Х м	PM1-1	PM2-1	
АО «ТомскНИПИнефть»			
Внутри подполья площадь сооружения разделяется на 3 зоны масштабированием периметра относительно центральной точки сооружения в плане на 1/3, 2/3, 3/3, с приложением снеготаноса высотой	0,5·Х м, 0,75·Х м, Х м соответственно	PM1-2	-
	0,25·Х м, 0,5·Х м, 0,75·Х м соответственно	-	PM2-2
Другие источники			
Внутри подполья высота снеготаноса 0,2·Х м	PM1-3	PM2-3	
Внутри подполья (под сооружением) на расстояние 1 м от периметра сооружения высота снеготаноса Х м. На остальной площади внутри подполья высота снеготаноса 0,2·Х м	PM1-4	-	

X – нормативная высота снежного покрова, м

При исследовании сооружений с габаритными размерами более 3 м рассматривалось здание длиной 35 м, шириной 15 м и высотой подполья 1,8 м. Для него были разработаны 4 идентичные расчётные модели

(PM1-1, PM1-2, PM1-3, PM1-4) с различными схемами снеготаноса. Под влиянием тренда глобального потепления, теплового влияния от здания и теплоизолирующего действия снегового покрова в пределах боковой поверхности свай на глубине от 3 до 11 метров, разница результатов расчетов (табл. 2) на одинаковой глубине составила от 0,6 до 1,8 °С. Ниже 11 м результаты имеют высокую сходимость.

В качестве опытного сооружения для группы резервуаров диаметром до 25 м был выбран резервуар диаметром в плане 15,18 м и высотой подполья 1,2 м. Для него также были разработаны 3 расчетные модели (PM2-1, PM2-2, PM2-3). Результаты прогнозных теплотехнических расчетов (табл. 2) определялись в центральной части резервуара и на периферии. В следствии чего было отслелено, что при постоянном снеготаносе под всем сооружением, температурное распределение отличается и принимает большее значение на периферии. Разница результатов расчетов на одинаковых глубинах для моделей резервуара составила от 0,5 до 1,2 °С.

Для всех групп расчетов было характерно, что высота снежного покрова напрямую влияет на результаты теплотехнических расчетов (чем она больше, тем выше температуры грунта в основании сооружения), а также, что при выполнении расчетов влияние на результат оказывает не только снеготанос, расположенный в пределах точки съема данных, но и «соседствующий» с ним. На глубине ниже 11 м изменения температур грунтов основания для всех моделей незначительны, основные различия от методик накапливаются в зоне погружения свай.

Данные температурных наблюдений на объектах, расположенных в тех же климатических условиях, что и исследуемые, и натурные наблюдения расчетных сооружений, позволяют сделать вывод, что понижение эквивалентных температур без дополнительных мероприятий по термостабилизации не характерно и противоречит реальному изменению температур грунтов в период эксплуатации. Таким образом, для сооружений с проветриваемым подпольем с габаритными размерами в плане более 3 м наиболее реалистичными оказались расчетные методики НПО «Фундаментстройаркос» и АО «ТомскНИПИнефть» – PM1-1 и PM1-2, для резервуара диаметром до 25 м наиболее реалистичными также являются методики НПО «Фундаментстройаркос» и АО «ТомскНИПИнефть» – PM2-1 и PM2-2, имеющие минимальные расхождения.

Таблица 2

Результаты прогнозного теплотехнического расчета на 15.09.2045 г.

Глубина замера, м	Расчетные температуры грунтов основания, °С									
	Модель задания снеготаноса для расчета									
	сооружений с проветриваемым подпольем с габаритными размерами в плане более 3 м				надземных резервуаров диаметром до 25 м					
					Центр сооружения			Периферия сооружения		
	PM1-1	PM1-2	PM1-3	PM1-4	PM2-1	PM2-2	PM2-3	PM2-1	PM2-2	PM2-3
0	6,1	6,2	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1
-1	4,2	5,0	3,8	3,8	3,9	3,9	3,8	4,0	3,9	3,8
-2	0,9	2,6	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	0,5	-0,1	-0,2
-3	-0,4	0,6	-1,2	-0,9	-0,8	-0,9	-1,5	-0,5	-0,5	-1,2
-4	-0,4	-0,1	-1,6	-1,1	-0,9	-1,0	-2,1	-0,5	-0,5	-1,6
-5	-0,4	-0,2	-1,6	-1,1	-0,8	-0,9	-2,1	-0,5	-0,5	-1,6
-6	-0,4	-0,3	-1,4	-1,0	-0,7	-0,8	-1,9	-0,5	-0,5	-1,4
-7	-0,5	-0,3	-1,2	-0,9	-0,6	-0,7	-1,6	-0,5	-0,5	-1,2
-8	-0,5	-0,4	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-1,3	-0,5	-0,5	-1,0
-9	-0,5	-0,4	-1,0	-0,8	-0,5	-0,6	-1,2	-0,4	-0,5	-0,9
-10	-0,5	-0,4	-1,0	-0,8	-0,5	-0,5	-1,0	-0,4	-0,5	-0,9
-11	-0,5	-0,4	-0,9	-0,8	-0,5	-0,5	-0,9	-0,4	-0,4	-0,8
-12	-0,5	-0,5	-0,9	-0,7	-0,5	-0,5	-0,8	-0,4	-0,4	-0,7
-13	-0,5	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4	-0,5	-0,8	-0,4	-0,4	-0,7
-14	-0,6	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4	-0,4	-0,7	-0,4	-0,4	-0,6
-15	-0,6	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4	-0,4	-0,7	-0,4	-0,4	-0,6
-16	-0,6	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-0,6
-17	-0,6	-0,5	-0,7	-0,7	-0,4	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-0,5
-18	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5
Te, °С	-0,5	-0,3	-1,3	-0,9	-0,7	-0,8	-1,7	-0,5	-0,5	-1,3
H, %	50	100	20	20	50	25	50	50	75	20

Te – эквивалентная температура по боковой поверхности свай, °С;

H – высота снега в точке съема результатов, в % от нормативного значения.

Литература

1. РСН 67-87. Инженерные изыскания для строительства. Составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами. – М.: Госстрой РСФСР, 1988. – 73 с.
2. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88. – М.: Стандартинформ, 2021. – 110 с.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛАГЕРНОГО САДА (Г.ТОМСК)

Шахмайкин Н.А.

Научный руководитель доцент Пасечник Е.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время БПЛА активно применяются для различных целей. Это объясняется возможностью быстро, точно и в кратчайшие сроки получить необходимую информацию. Для исследования опасных экзогенно-геологических процессов БПЛА применяются чаще всего для мониторинга и получения одномоментных характеристик [6].

На территории г. Томска развиты различные опасные геологические процессы. Причины, факторы, условия и закономерности, влияющие на их развитие, достаточно подробно изучены многими учеными и специалистами ВСЕГИНГЕО, ТПУ, ТГАСУ, Гипрокоммунстроя и Томскгеомониторинга [1].

Цель работы: Исследование опасных экзогенно-геологических процессов на территории Лагерного сада г. Томска по результатам съемки с помощью Беспилотного летательного аппарата.

При сравнении снимков за 2016 и 2021 год, были выбраны 6 мест развития опасных экзогенно-геологических процессов, разной интенсивности: оползень сдвига, эрозии овражные, оползни вязкопластичные. А также участок заболоченной территории, образовавшийся за счет поломки системы улавливания и сброса разгружающихся подземных вод [3].

С помощью приложения SASPlanet, были загружены аэрокосмоснимки территории склона Лагерного сада, необходимые для привязки территории. Первоначально планировалось, что аэрокосмоснимки, не будут значительно уступать в качестве, что позволит производить сравнение с снимками полученными через БПЛА, однако качество аэрокосмоснимков оказалось 50 см / пиксель, при 5 см/ пиксель у беспилотника, что делает не целесообразным их сравнение. Кроме того, большинство аэрокосмоснимков были получены в летний период, когда растительность затрудняет выполнение анализа. Таким образом на первоначальном этапе БПЛА, показал себя как единственный возможный вариант, для исследования территории с помощью аэрофотосъемки.

Далее в программе ArcMap, производились действия согласно схеме, представленной на рисунке 1.



Рис. 1. Схема проведения эксперимента

Результаты, полученные в ходе проделанной работы представлены в таблице.

Таблица

Исследуемые опасные экзогенно-геологические процессы на территории Лагерного сада

№	Название процесса	Наличие на 2016 год	Географические координаты (градусы, минуты и секунды)	Площадь охваченной территории, м ²		Статус на 2023 год
				2016 год	2021 год	
1	Оползень сдвига	+	56.452276,84.949358	802	803	локализованный
2	Эрозия овражная, оползень вязкопластичный	–	56.451635,84.957199	0	2507	активный
3	Эрозия овражная	+	56.450945,84.955958	1622	2880	активный
4	Эрозия овражная	+	56.44817,84.963948	3500	3600	активный
5	Оползень	+	56.452003,84.955356	810	810	локализованный
6	Эрозия овражная	+	56.452747,84.95134	3000	3000	локализованный
7	Заболачивание	+	56.450672,84.955594	415	588	активный

За 5 лет на участке № 7 площадь заболачивания увеличилась на 173 кв метра, причиной этому является, сток по склону, минуя дренажные траншеи, что также формирует промоины на склоне, а также отсутствие дренажа под асфальтовыми дорогами, которые перекрывают естественный сток для разгрузки в р. Томь (рис.2.).



Рис. 2. Пример развития опасных экзогенно-геологических процессов на территории склона Лагерного сада

Участок № 2, который появился лишь 5 лет назад, на 2023 год представляет наибольшую опасность, поскольку развивается наиболее интенсивно и непредсказуемо.

Сравнительный анализ полученных результатов, позволяет сделать вывод, что полученные при помощи БПЛА материалы значительно превосходят по качеству космоснимки и облегчают работы по исследованию территории. За последние 5 лет, водная эрозия, особенно в период весеннего таяния снега и во время сильных ливней, стала главной проблемой склона Лагерного сада, что является причиной активных опасных экзогенно-геологических процессов. Согласно СП 116.13330.2012 для борьбы с опасными экзогенно-геологическими процессами требуется: «На защищаемых склонах должен быть организован беспрепятственный сток поверхностных вод. Не допускается застаивание вод на бессточных участках и попадание на склон вод с присклоновой территории». Создание вдоль асфальтированных дорожек системы отвода поверхностного стока, а также перехвата подземных вод, значительно замедлило развитие опасных экзогенно-геологических процессов, так 1, 5 и 6 участки на момент 2023 года локализованы. В местах, где созданная система засорена или разрушена, мы наблюдаем развитие негативных явлений на склоне.

Литература

1. Леонова, А. В. Прогноз развития инженерно-геологических процессов на территории г. Томска: автореф. дис. ... канд. наук. 25.00.08 /Леонова Анна Владимировна. – Томск, 2021. – 24 с.
2. Оползневые процессы на территории Лагерного Сада. г. Томск. // Томск: Информационный сайт о состоянии геологической среды территории Сибирского Федерального округа. АО «Томскгеомониторинг», 2011-2018. – Режим доступа: <http://www.tgm.ru>.
1. Осинцева Н. В. Природные условия развития овражной эрозии на территории г. Томска // География и природопользование Сибири: сб. ст. Барнаул: Изд-во Алтайск. гос. ун-та. – 2002. – С. 126-137.
2. Рутман М. Г. Закономерности развития опасных природных и техно-природных процессов на территории города Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. – 2003.
3. Рутман М. Г. Закономерности развития опасных природных и техно-природных процессов на территории города Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем. – 2003.
4. Шеко А. И. и др. Методические рекомендации по организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов // М.: ВСЕГИНГЕО. – 1997.
5. Шеко А. И., Постоев Г. П., Кюнтцель В. В. Оползни и сели // Под ред. Центра международных проектов ГКНТ. М. – 1984. – Т. 1. – С. 250.

ЯВЛЕНИЯ ЯДОВИТОЙ ПЕНЫ ИЛИ ВСПЕНИВАНИЯ В РЕКЕ ЯМУНА (ДЕЛИ, ИНДИЯ)

Ядав Б.

Научный руководитель доцент Токаренко О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация: Вспенивание – явление, наблюдаемое во многих реках мира, в том числе в реке Ямуна в Индии. Вспенивание происходит, когда пузырьки воздуха смешиваются с водой, образуя пену, которая покрывает поверхность реки. Эта пена может быть вызвана различными факторами, в том числе выбросом загрязняющих веществ, высоким уровнем органических веществ и изменениями температуры или уровня pH [5]. В этой статье мы обсудим науку о пенообразовании в реке Ямуна, его причинах и последствиях.

Река Ямуна, одна из крупнейших рек Индии, испытывает тревожное явление ядовитой пены и пены. Вспенивание вызвано загрязнением в результате деятельности человека, и это представляет серьезную проблему для людей и окружающей среды, поскольку представляет опасность для здоровья человека и влияет на водную жизнь.

Вспенивание реки Ямуна вызвано сложным взаимодействием физических, химических и биологических процессов. Это зависит от многих факторов, включая сброс в реку загрязняющих веществ, таких как моющие средства, удобрения и сточные воды. Эти загрязнители могут создавать слой пены на поверхности воды, который может блокировать солнечный свет и уменьшать количество кислорода, попадающего в водные растения и животных. Одной из основных причин пенообразования является высокая концентрация органических веществ в воде. Органическое вещество поступает из неочищенных сточных вод и промышленных отходов, которые сбрасываются в реку из городов Дели, Агра и Матхура. Отходы содержат большое количество азота и фосфора, что приводит к росту водорослей и других водных растений. Когда эти растения умирают, они выделяют органические вещества, которые разрушаются бактериями, образуя такие газы, как метан и сероводород. Затем газы попадают в воду и вызывают образование пены. Изменения температуры и уровня pH также могут вызвать пенообразование в реках, равно как и попадание воздуха в воду из-за турбулентного течения. Есть и физическая причина пенообразования в Дели, когда вода падает с высоты на плотину Охла, после чего образуется пузырь [2, 6–9].



Рис. 1. Изображение пены на реке Ямуна, Дели [6]

Сама пена не токсична, но может содержать вредные вещества, такие как тяжелые металлы, пестициды и другие химические вещества, присутствующие в реке. Пена также может поглощать загрязняющие вещества из воздуха и становиться еще более опасной [4].

Еще одним важным фактором пенообразования является наличие в реке фосфатов и поверхностно-активных веществ [9]. Поверхностно-активные вещества – это химические вещества, которые уменьшают поверхностное натяжение воды, облегчая попадание воздуха в воду и образование пузырьков. Поверхностно-активные вещества содержатся во многих бытовых и промышленных продуктах, таких как моющие средства, мыло и шампуни. Когда эти продукты смываются рекой, они способствуют образованию пены.

Явление пены или вспенивания наиболее заметно на участках реки, проходящих через городские районы, особенно в Охла, Дели. Было замечено, что пена покрывает большую часть поверхности реки, а иногда даже выплескивается на улицы.

В дополнение к этим воздействиям на окружающую среду пенообразование в реке Ямуна оказывает много негативного воздействия на водную жизнь и здоровье населения. Пена может покрывать большие участки поверхности реки, блокируя доступ солнечного света к подводным растениям и снижая уровень кислорода в воде. Это может нанести вред водным обитателям и привести к гибели рыб и других водных организмов. Пена может вызвать проблемы с дыханием у людей, которые вступают с ней в контакт, а также может привести к раздражению кожи и другим проблемам со здоровьем. Пена также может содержать бактерии, вредные химические вещества и тяжелые металлы, что может привести к ряду проблем со здоровьем у людей, которые пьют воду или используют ее для других целей [4].

Есть несколько возможных решений проблемы пенообразования в реке Ямуна. Первый шаг – уменьшить количество загрязняющих веществ, попадающих в реку. Этого можно достичь, построив больше заводов и сооружений по очистке сточных вод в Дели, регулируя сброс промышленных отходов властями и улучшая методы очистки сточных вод в промышленности и муниципалитетах, которые сбрасывают воду в реку. Это может помочь удалить загрязняющие вещества и органические вещества из воды до того, как она попадет в реку, уменьшая количество пены, образующейся на поверхности. Кроме того, могут быть введены правила, ограничивающие использование моющих средств и удобрений в сельскохозяйственной практике, которые могут способствовать увеличению количества органических веществ в реке.

Другое потенциальное решение – использовать естественные методы очистки воды. Водно-болотные угодья и другие природные системы могут использоваться для очистки сточных и промышленных отходов перед их попаданием в реку [3].

Другой подход заключается в увеличении потока воды в реке Ямуна или использовании метода аэрации путем установки механических устройств, таких как фонтаны, которые могут помочь разрушить пену и повысить уровень кислорода [1].

Химическая и биологическая очистка также может помочь, например, такие химические вещества, как полиакриламид и хлорид железа, могут использоваться для обработки пены. Эти химические вещества помогают коагулировать частицы пены. Определенные микроорганизмы могут помочь разрушить пену. Например, добавление таких бактерий в воду может помочь переваривать органические вещества и уменьшить количество пены, облегчая их удаление. Пену можно физически удалить с помощью такого оборудования, как скиммеры, пылесосы или насосы. Важно отметить, что наиболее эффективный метод лечения будет зависеть от конкретной причины появления пены в реке. Комбинация методов также может быть необходима для эффективного лечения [1].

В дополнение к этим мерам необходимы информирование и просвещение широкой общественности. Люди должны понимать влияние своих действий на окружающую среду и нести ответственность за свои отходы. Просвещение людей о важности содержания реки Ямуна в чистоте и потенциальных рисках для здоровья от загрязнения может иметь большое значение для решения этой проблемы.

В заключение следует отметить, что явление ядовитой пены или пенообразования в реке Ямуна представляет собой серьезную проблему, оказывающую негативное воздействие на водные экосистемы и здоровье человека и требующую немедленного внимания. Правительство, общественность и другие заинтересованные стороны должны работать вместе, чтобы уменьшить загрязнение, улучшить качество воды и защитить окружающую среду. Совместными усилиями, используя передовые технологии и повышая осведомленность общественности, мы можем защитить окружающую среду и здоровье населения и сделать так, чтобы река Ямуна оставалась жизненно важным источником воды для будущих поколений.

Литература

1. Md Anwar H., Chowdhury R. Remediation of polluted river water by biological, chemical, ecological and engineering processes //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 17. – С. 7017.
2. Mohan C., Robinson J. Environmental impacts of industrial waste and wastewater treatments // Science of Environment. – Т. 19. – №. 2-3. – С. 111.
3. National Research Council et al. Wetlands: Characteristics and boundaries. – National Academies Press, 1995.
4. Ruzicka K. et al. Cause and effect relationship between foam formation and treated wastewater effluents in a transboundary river //Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. – 2009. – Т. 34. – №. 8-9. – С. 565-573.
5. Schilling K., Zessner M. Foam in the aquatic environment // Water research. – 2011. – Т. 45. – №. 15. – С. 4355-4366.
6. Официальный сайт GKToday [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gktoday.in/>
7. Официальный сайт Insights IAS. – Режим доступа: <https://www.insightsonindia.com>
8. Официальный сайт JournalsOfIndia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journalsofindia.com>
9. Ядав Б. Новые данные о химическом составе реки Ямуна (Дели, Индия) // 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, Томск, 4-8 апреля 2022 г. Т. 1. – Томский политехнический университет, 2022. – Т. 1. – С. 221-224.

ВВЕДЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ И БОЛОТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ВЕТЛАНТОВ В ВОДОСБОРЕ ОЗЕРА ПОЯН (КИТАЙ) И ОБСКОГО БОЛОТА (РОССИЯ))

Ян Хэн

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Условия ветлантов в водосборе озера Поян (Китай)

Озеро Поян – крупнейшее пресноводное озеро в моей стране, расположенное на южном берегу слияния среднего и нижнего течения реки Янцзы, а также самое большое сообщающееся с рекой озеро в бассейне реки Янцзы. Реки Ганьцзян, реки Фухэ, реки Синьцзян, реки Жаохэ и реки Сюшуй впадают в озеро Поян, а после регуляции и хранения впадают в реку Янцзы из устья озера. Площадь водосбора водной системы озера Поян составляет 162 200 км², что составляет около 9 % площади бассейна реки Янцзы, а среднегодовой сток составляет 149,4 млрд м³, что составляет 16,7 % годового стока рек Янцзы (бассейн реки Янцзы). Это важный источник пресной

воды в Китае. Являясь типичным представителем озер в среднем и нижнем течении реки Янцзы, озеро Поян играет важную роль в сохранении источников воды, регулировании паводков на реке Янцзы, регулировании климата, деградации загрязнителей, обеспечении среды обитания для организмов и т. д. [1].

В акватории и уровне воды озера Поян наблюдаются очень значительные сезонные изменения, площадь акватории во влажный сезон может достигать 3000 км², а площадь акватории в сухой сезон составляет менее 1000 км². Эта гидрологическая характеристика озера Поян влияет на такие природные процессы, как физическая, химическая, биологическая экология, изменения ресурсов и окружающей среды в районе озера. Когда гидрологические условия озера резко изменятся во времени и пространстве, это напрямую приведет к изменениям физического и химического баланса озера, структуры экосистемы, ресурсов и окружающей среды. В последние годы, с быстрым развитием социальной экономики, изменениями в землепользовании и строительством крупномасштабных проектов по охране водных ресурсов, характеристики подстилающей поверхности бассейна озера Поян изменились, что повлияло на процесс круговорота воды в водоразделе, и дальнейшее влияние на водообмен между озером Поян и окружающей водной системой, взаимосвязь и водный баланс озера Поян, изменения в осадках в бассейне, вызванные глобальным потеплением, еще более усугубили изменения в соотношении водного баланса в бассейне озера Поян [2].

Видно, как проводить динамический мониторинг и анализ гидрологии и водной экологии в районе озера Поян, обоснованно определять количество водных ресурсов в озере Поян и научно оценивать влияние деятельности человека на гидрологию и водные ресурсы в Район озера Поян имеет большое значение для устойчивого развития экономического и экологического района озера Поян.

Ситуация в бассейне реки Обь (Россия)

Бассейн реки Обь расположен между 47°–68° северной широты и 63°–87° восточной долготы. Она относится к Западно-Сибирской равнине России, а уклон реки крайне мал, с перепадом всего 1–10 см на километр. Река вялая, русло извилистое, в широкой пойме петляет. Рельеф бассейна реки Обь можно разделить на две части: Западно-Сибирскую равнину, на которую приходится 85 % всей площади бассейна, и Горный Алтай, на долю которого приходится около 15 %. На левобережье Оби приходится 2/3 всей площади бассейна. Водораздел проходит по Западно-Сибирской низменности, разделяя притоки Оби и Енисея, а затем по конечной моренной гряде отделяет Обь от бассейнов рек Пур и Надым. Уральские горы являются водоразделом на западе между бассейнами рек Оби и Печоры, Камы и Урала [3].

Около 85 % бассейна реки Обь распределено по Западно-Сибирской равнине, а остальная часть приходится на Тургайскую террасу на юге и холмы на самом севере Казахстана, а также на Кузнецкие горы, Салаирские горы и горы Саурии на юго-восток, а за ними Алтайские горы.

В долине Оби короткое теплое лето и долгая холодная зима. Средняя температура января колеблется от -28 °C на Карском побережье до -16 °C в верховьях Иртыша. Там же температура июля выше 4 °C и 20 °C соответственно.

Поскольку бассейн реки Обь расположен в Западно-Сибирском регионе России, он находится далеко от Атлантического океана и примыкает к Восточной Сибири. Поэтому климат бассейна является типичным континентальным климатом. Зима холодная и продолжительная, а средняя температура января ниже -20°C. Лето относительно теплое, средняя температура июля 22 °C на юге. На севере из-за снижения тепла солнечной радиации средняя температура июля составляет всего около 9-10 °C.

Осадки в основном выпадают летом, среднегодовая сумма осадков на севере менее 400 мм, в таежной лесной полосе 508-610 мм, в степи 305-406 мм. Годовое количество осадков на западном склоне Горного Алтая может достигать 1575 мм [4].

Резюме ситуации

Обского болота и ветлантов в водосборе озера Поян являются репрезентативными ветлантами Северной и Восточной Азии. Значимость исследования огромна, а исследовательский потенциал не мал.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ № 23-27-00039 от 24.01.2023 г.

Литература

1. Bulcock H. N., Jewitt G. P. W. Spatial mapping of leaf area index using hyperspectral remote sensing for hydrological applications with a particular focus on canopy interception // Hydrology and Earth System Sciences. – 2010. – Т. 14. – №. 2. – С. 383-392.
2. Gusev E. M. et al. Physically based modeling of the long-term dynamics of water balance and snow water storage components in the Ob-Irtysh river basin // Water Resources. – 2019. – Т. 46. – С. 493-503.
3. Hu D. et al. Impacts of climate change and human activities on runoff changes in the Ob River Basin of the Arctic region from 1980 to 2017 // Theoretical and Applied Climatology. – 2022. – Т. 148. – №. 3-4. – С. 1663-1674.
4. Савичев О. Г. Гидрохимический сток в бассейне Средней Оби // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2007. – Т. 310. – №. 1. – С. 29-34.

С Е К Ц И Я 5

ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН - ПОЛИГОН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Фархутдинов И.М.¹, Злобина А.Н.²

¹Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

²Уфимский университет науки и технологии, г. Уфа, Россия

Исследованиям в области медицинской геологии на территории Республики Башкортостан благоприятствует расположение населенных пунктов региона в самых разнообразных хорошо изученных геологических зонах. Благодаря широкому диапазону геологических структур и горных пород, обуславливающему разнообразие микроэлементного профиля биосферы, территория республики представляет собой уникальный научный полигон для изучения биологической роли геологических факторов.

В Республике Башкортостан первые исследования роли микроэлементов среды проживания были проведены в 1960-е годы. Я.Н. Аскарова показала значимость спектра микроэлементов в развитии зоба и связь его распространенности с рельефом местности. Г.А. Кольцова выявила влияние почвообразующих пород на содержание йода в почве и заболеваемость зобом. В.И. Зак указал на высокую частоту зоба в зоне распространения континентальных пород на южных отрогах Уральских гор и отсутствие эндемии в населенных пунктах, приуроченных к морским отложениям Прикаспийской низменности [1, 6, 7].

В дальнейшем значимость микроэлементов местности проживания в развитии различных заболеваний была установлена в целом ряде исследований, в которых микроэлементный состав природной среды традиционно изучался по содержанию химических веществ в почве, растениях, кормах, воде и продуктах питания. Отдельные работы были посвящены изучению связи заболеваемости с микроэлементным составом горных пород [2-5, 8, 9].

Впервые влияние геологических формаций в Башкортостане на состояние здоровья населения на примере онкопатологии было изучено в начале 1990-х годов С.Г. Фаттахутдиновым, рассматривавшим породы верхнепермского возраста как формации повышенного риска, что связано с высоким содержанием (в десятки и сотни раз выше кларковых) целого ряда металлов в данных отложениях [10].

В 2000-е годы при непосредственном научном руководстве академика Академии наук Республики Башкортостан М.А. Камалетдинова было впервые выполнено комплексное исследование региональных особенностей микроэлементного статуса населения в зависимости от геолого-геоморфологических условий местности и его влияние на состояние здоровья жителей. По результатам исследования была разработана авторская методика микроэлементного картирования территорий и осуществлено первое биогеохимическое районирование Башкортостана. Выявленные зоны позволяют прогнозировать особенности микроэлементного профиля населения и определять направления его коррекции. Последующие исследования показали влияние геологической среды на распространенность рассеянного склероза, сахарного диабета, онкопатологии [11-20].

По данным исследования накипи питьевых вод (515 проб из 262 населенных пунктов Республики Башкортостан) и волос детей (182 пробы из 37 населенных пунктов Республики Башкортостан) установлены различия в пространственном распространении химических элементов в зависимости от геологического строения территории. Также установлена высокая корреляционная связь содержания некоторых элементов, например, радиоактивных в волосах жителей республики от концентрации данных элементов в питьевой воде.

Изучение геологической среды имеет фундаментальное значение, поскольку именно в горных породах изначально сосредоточены все микроэлементы, которые в дальнейшем, мигрируя, создают естественное микроэлементное своеобразие местности. Изучение этих данных служит базисом для выяснения роли других структурных частей биогеохимической цепи. Республика Башкортостан, западная часть которой находится в пределах Восточно-Европейской платформы, а восточная часть – в горной местности Южного Урала, является перспективной территорией для геоэкологических, геохимических и медико-геологических исследований.

Отбор и анализ волос детей, и последующая обработка данных выполнена в рамках реализации гранта Российского научного фонда (проект № 22-27-00748).

Литература

1. Аскарова Я.Н. Региональные особенности содержания и соотношения некоторых микроэлементов (йода, меди, свинца и марганца) во внешней среде и их значение в развитии зобной эндемии в Башкирии: Автореф. ...дисс. д-ра мед. наук. – Л., 1969. – 28 с.
2. Байбурина Т.А. Роль некоторых геохимических факторов внешней среды в распространенности кариеса зубов на территории БАССР: Автореф. дисс. ...канд. мед. наук. – Уфа, 1974. – 18 с.
3. Белан Л.Н. Медико-биологические особенности горнорудных районов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 5. – С. 112-117.
4. Борисова, Н.А., Нигматуллин Р.Х. Неврологическая болезненность // Проблемы экологии: принципы их решения на примере Южного Урала/под ред. Старовой НВ. – М.: Наука, 2003. – С.117–136.

5. Гущин П.Я., Шайнуров Ф.В. Проблемы ветеринарной медицины в республике и перспективы их решения в 2000–2005 гг. // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства Республики Башкортостан. – Уфа: БГАУ, 2000. – С. 275–315.
6. Зак В.И. Особенности распространения, этиологии и патогенеза эндемического зоба на южных отрогах Уральских гор и эффективные меры его профилактики: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. – Уфа, 1973. – 49 с.
7. Кольцова, Г.А. Йод в почвах Башкирского Предуралья. Автореф. канд. дисс. – Уфа, 1970, – 30 с.
8. Плеханова Т.И., Кудашкина Н.В., Черных И.В. Использование лекарственных растений и препаратов из них для экотоксикологической помощи населению // Проблемы экологии: Принципы их решения на примере Южного Урала. – М.: Наука, 2003. – С. 171–189.
9. Старова Н.В., Борисова Н.А., Путенихин В.П. Зависимость некоторых заболеваний от элементного состава биологических сред // Проблемы экологии: Принципы их решения на примере Южного Урала. – М.: Наука, 2003. – С. 162–170.
10. Фаттахутдинов С.Г. Роль геологических формаций в формировании неблагоприятной геоэкологической ситуации, обуславливающей повышенную заболеваемость населения раком // Ежегодник-1993: Информационные материалы УНЦ РАН. – Уфа, 1994. – С. 82–85.
11. Фархутдинова Л.М. Зоб как биогеохимическая проблема // Доклады Академии Наук. – 2004. – Т. 396, № 5. – С. 705–706.
12. Фархутдинова Л.М. Региональные особенности микроэлементного статуса в развитии тиреоидной и соматической патологии: дис. ... д-ра мед. наук. Челябин. гос. мед. Академия. – Челябинск, 2007. – 240 с.
13. Фархутдинова Л.М. Роль микроэлементов в развитии патологии щитовидной железы // Врач. – 2006. – № 3. – С. 43–44.
14. Фархутдинова Л.М., Байбурина Г.Г., Фархутдинов И.М. Сахарный диабет: проблемы, достижения, перспективы // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2010. – Т. 15. – № 3. – С. 32–39.
15. Фархутдинов И.М., Фархутдинова Л.М. Влияние геологических факторов на развитие сахарного диабета на примере Республики Башкортостан // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. – 2014. – № 20. – С. 85–88.
16. Фархутдинов И.М., Фархутдинова Л.М. Геоэкологические аспекты проблемы сахарного диабета 2-го типа // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2016. – Т. 21. – № 1 (81). – С. 38–45.
17. Фархутдинов И.М., Фархутдинова Л.М., Суфияров Р.С. Региональные геологические факторы и сахарный диабет // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 3. – С. 38–46.
18. Фархутдинов И.М., Фархутдинова Л.М., Белан Л.Н., Суфияров Р.С., Ахметшин Р.Р. Геоэкологические аспекты распространенности онкопатологии на примере Республики Башкортостан // Уральский экологический вестник. – 2016. – № 3. – С. 7–11.
19. Farkhutdinov I., Farkhutdinova L., Zlobina A., Farkhutdinov A., Volfson I., Matveenko I. Historical aspects of medical geology // Earth Sciences History. – 2020. – V. 39. – № 1. – P. 172–183.
20. Farkhutdinov I., Soktoev, B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Zhang Ch., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European Platform and the Southern Urals // Chemosphere. – 2021. – V. 282. – Article number 131106.

МИГРАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ВОДА – ОРГАНО-СОДЕРЖАЩЕЕ ВЕЩЕСТВО» ИЗ ОРЕОЛОВ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мягкая И.Н.

Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Каждый регион имеет свой специфический набор источников загрязнения окружающей среды. Естественное влияние обусловлено наличием рудопроявлений и месторождений и приурочено к повышенному геохимическому фону. Техногенное влияние приводит к неблагоприятным последствиям за счет не только источников загрязнения, типичных для урбанизированных территорий (выбросы транспорта, котельных, заводов и др.), но и горнодобывающей деятельности с неликвидированными отходами переработки руд. Последние имеют особый вклад в загрязнение – формируются масштабные ореолы рассеяния из-за механического и химического распространения вещества. Изменение окислительно-восстановительных условий среды и присутствие/отсутствие геохимических барьеров приводят к накоплению и/или миграции элементов. Хвостохранилища являются не только техногенными объектами, но и источниками недоизвлеченных полезных ископаемых, и могут выступать в качестве прототипа будущих месторождений; установлено аномальное концентрирование элементов органо-содержащим веществом в потоке рассеяния хвостохранилища [10]. Формы нахождения (ФН) элементов являются основным источником информации о их возможном поведении в окружающей среде [12], дают представления о их биодоступности, используются как индикаторы поведения, в том числе при формировании месторождений [1-2]. В твердом веществе для исследований ФН используют методики ступенчатого выщелачивания [12], атомно-абсорбционной спектроскопии с термодесорбцией [4, 7, 8], электронной микроскопии [10, 13] и др. В водах ФН изучают на основании методик фильтрации и установлено, что элементы мигрируют в истинно растворенной с коллоидами (dc) и взвешенной (susр) формах [15]. Цель работы – выявить формы миграции элементов в системе «вода – органо-содержащее вещество» из ореолов месторождений, включающих ореолы рассеяния хвостохранилищ.

Исследования проводились на объектах, расположенных в горнопромышленных районах, где производилась добыча Au и Hg, в пределах Кузнецко-Алтайского ртутного пояса Алтай-Саянской ртутной провинции: а) участок Курайской ртутной зоны (территория Акташского горно-металлургического предприятия ртутьсодержащих руд и его ореол рассеяния, п. Акташ); б) участок Салаирской ртутной зоны (территория Ново-Урского месторождения Au-полиметаллических руд с его хвостохранилищем и ореолом рассеяния, п. Урск). Изучались: поверхностные воды

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ЛЕСОТУНДРЕ НА СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ПОЧВАХ

Филимоненко Е.А., Ватутин Г.Д., Приходько Н.В.

Научный руководитель профессор Соромотин А.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Высокая токсичность ртути (Hg) и ее соединений делает Hg естественным опасным элементом для компонентов природной среды. Hg, выброшенная из природных и антропогенных источников в умеренных широтах, переносится атмосферными потоками в полярные регионы, где до 70 % ее содержания поглощается растениями. Впоследствии органические остатки растений, с ассимилированной в них Hg, попадают в почвы и делают их ключевым глобальным резервуаром Hg в наземных экосистемах.

За последние 35 лет более 10 % территории лесотундры Западной Сибири трансформировано природными пожарами [2]. Пожары являются источником реэmissions ртути в атмосферу из почв и растительного покрова [3]. В лесотундре пожары характеризуются высокой скоростью продвижения, что обуславливает их наибольшее воздействие на приповерхностный почвенный горизонт и снижение пирогенного эффекта в более глубоких горизонтах почв. Целью нашего исследования было провести оценку содержания Hg в органическом и верхнем минеральном горизонтах почв лесотундры, трансформированных пожаром. Научная гипотеза заключалась в том, что содержания Hg в почвах, трансформированных пожаром, снижены по сравнению с контрольными за счет пирогенных потерь Hg, ассоциированной в почвах с органическим веществом.

Объектами исследования были выбраны два участка на территории Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа. Район исследования относится к зоне экотона между лесотундрой, представленной лиственничными редколесьями на юге и ерничково-мохово-лишайниковой гипоарктической тундрой на севере. В растительном покрове территории исследования доминируют ягельные лишайники (в основном *Cladonia stellaris* и *Cladonia rangiferina*), покрывающие около 60 % поверхности почвы, кустарники, такие как *Betula nana* (около 25 % покрытия), и карликовые кустарники, такие как *Vaccinium uliginosum* (около 10 % покрытия). Травы и осоки, а также бриофиты менее обильны, но могут доминировать в увлажненных понижениях рельефа. В основном открытый ландшафт редко усеян лиственницей (*Larix sibirica*). На постпирогенных территориях растительный покров разрежен, лишайники представлены отмершими и выгоревшими слоевищами, покрывающими значительную часть территории. Восстановление мохово-лишайникового покрова идет медленно. Сфагнумы и кладонии представлены спорадически небольшими «очагами», кустарничковая растительность практически полностью выгорает, однако в растительном покрове присутствуют молодые особи кустарничков *Salix sp* и *Betula nana*. В разнотравье доминируют злаки и кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium*).

На каждом из двух участков исследования были заложены парные локации: пирогенно трансформированные, на которых пожар был 3-8 лет назад до проведения исследований, и контрольные, на которых пожаров не было в течение последних 50 лет. Пробы почв отбирались из органического (O) и верхнего минерального (A_h) горизонтов в пяти пространственных повторностях для каждой локации. Все отобранные пробы почв были высушены при комнатной температуре, просеяны через сито с размером ячейки 2 мм и гомогенизированы на вибрационной мельнице MM 500 Control (Retsch). Аналитическое определение содержаний ртути в подготовленных образцах почв было проведено в Лаборатории экологических исследований ЦКП «Рациональное природопользование и физико-химические исследования» Тюменского государственного университета (ТюмГУ) методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «РА-915М» с пиролизической приставкой «РП-91» и с использованием ПО РАПИД (МВИ М-03-09-2013). Содержания в почвах органического углерода (C_{орг}) определяли методом сухого сжигания на элементном анализаторе Vario Pyro Cube Analyzer (Elementar, Германия) в Центре изотопной биогеохимии ТюмГУ.

Содержание Hg в органическом и верхнем минеральном горизонтах почвы тесно коррелирует с содержанием органического углерода (Рис. 1).

Органическое вещество почвы, являясь важным геохимическим барьером для Hg, связывает и иммобилизует ионы ртути на карбоксильных, гидроксильных и карбонильных группах [1]. Тепловая энергия пожаров разрывает химические связи Hg-C, высвобождая Hg и генерируя ее поток в атмосферу.

Наиболее сильное воздействие пожара, приводящее к реэmissions ртути, наблюдалось при сильном пирогенном воздействии на органический горизонт почв. При этом высвобождение Hg из почвы с больших глубин проявлено меньше, поскольку тепловой эффект пожара ограничен по глубине. Органический горизонт почв на негоревших участках содержит в 5,8 раза больше Hg (150±34 нг/г), чем верхний горизонт минеральной почвы (26±2 нг/г). Пожары вызывают потери Hg из органического горизонта (до -36 %) и верхней минеральной почвы (до -24 %) (рис. 2).

Соотношение между содержанием Hg в органическом горизонте и верхней минеральной почве снижается до 4,3 раз на постпирогенных территориях. Поскольку Hg в почве иммобилизуется не только органическим веществом, но и оксидами железа, сульфатами и глинистыми минералами, общие потери C_{орг} (~ 12 %) в результате пожаров выше, чем потери Hg (~ 8 %).

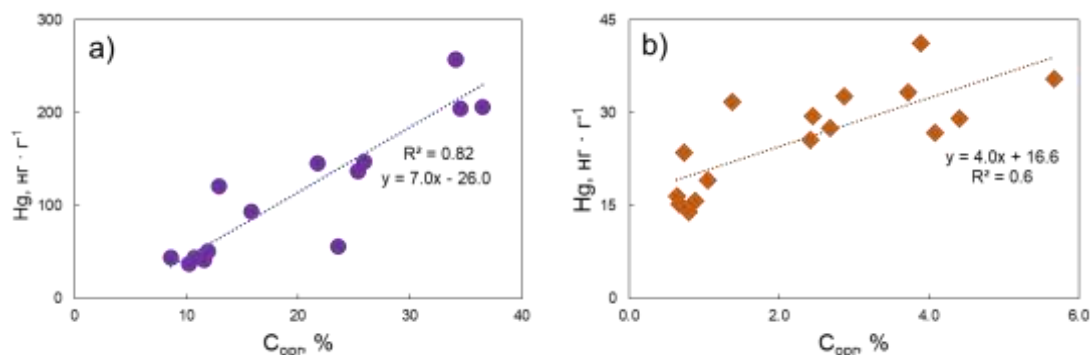


Рис. 1. Регрессионные зависимости между содержанием Hg и органическим углеродом (C_{орг}) в органическом (а) и верхнем минеральном (б) горизонтах почв лесотундры не подверженной пожарам

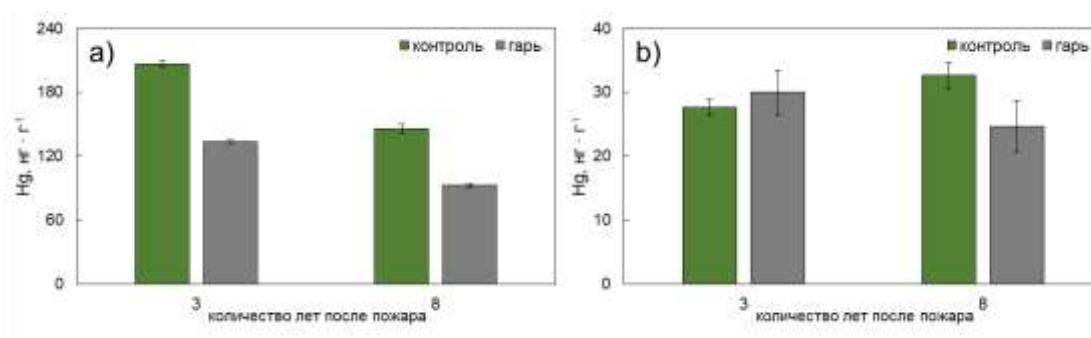


Рис. 2. Влияние пожаров в лесотундре на содержание Hg в органическом (а) и верхнем минеральном (б) горизонтах почв

Увеличение частоты природных пожаров в результате глобальных климатических изменений [3] смещает баланс потоков Hg в системе «атмосфера-растение/органическое вещество почвы» в сторону атмосферы и приводит к более длительному присутствию Hg в газовой фазе и ее более широкому распространению, что имеет важное значение для характеристики глобального цикла Hg.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Тюменской области в рамках проекта Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра № 89-ДОН (1) и проекта CarboRus (075-15-2021-610).

Литература

1. Василевич Р. С. и др. Комплексообразование ионов ртути (II) с гуминовыми кислотами тундровых почв // Почвоведение. – 2014. – №. 3. – С. 283-283.
2. Moskovchenko D. V. et al. Spatiotemporal analysis of wildfires in the forest tundra of Western Siberia // Contemporary problems of ecology. – 2020. – Т. 13. – С. 193-203.
3. Pereira P. et al. (ed.). Fire effects on soil properties. – Csiro Publishing, 2019.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (2014–2022 ГГ.) В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В Г. КАРАГАНДА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН) ПО ДАННЫМ СНЕГОВОЙ СЪЕМКИ

Адилбаева Т.Е.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. Загрязнение атмосферы в значительной степени связано с развитием теплоэнергетики, около 38–40 % мирового спроса на энергию удовлетворяется за счет электростанций, работающих на угле [5]. Уголь содержит различные микроэлементы, включая тяжёлые металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы и рассматривается как один из основных источников антропогенного поступления в атмосферу микроэлементов, содержащихся в твёрдых частицах [2].

Объект исследования. В качестве объекта для исследований выбрана крупная теплоэлектростанция (ТЭЦ), расположенная в Центральном Казахстане (г. Караганда), поскольку там сжигается высокозольный экибастузский уголь, что может приводить к увеличению антропогенных выбросов твердых частиц на урбанизированную территорию.

Целью данного исследования является мониторинг (2014–2022 гг.) пылевой нагрузки и микроэлементов, содержащихся в твердых частицах и распространяемых в окрестностях теплоэлектростанции г. Караганда, с использованием снегового покрова.

Методика исследований. Планирование расположения точек отбора, отбор проб и пробоподготовка проводили по методике согласно опубликованным работам [4, 7, 6]. Пробоподготовка предполагает отдельный анализ снеготалой воды, полученной при оттаивании, и твердого осадка, который состоит из твердых частиц, осаждаемых из атмосферы на снеговой покров.

Отбор и анализ проб снегового покрова в окрестностях ТЭЦ проводились с 2014 г. по 2017 г., с 2020 г. по 2021 г. Пробы были отобраны в 7 направлениях от ТЭЦ (северо-восточном, северо-западном, северном, восточном, южном, юго-восточном и юго-западном) на расстоянии 0,5; 0,7; 1,6; 2,2; 3,2 и 4,5 км от труб. Фоновая территория была выбрана на расстоянии 55–80 км от г. Караганда. Всего отобрано и подготовлено 101 проба снегового покрова за период мониторинга.

Элементный состав твердого осадка снега определяли в аккредитованных лабораториях Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» ТПУ. Инструментальным нейтронно-активационным анализом определяли содержания 27 химических элементов в пробах на ядерном реакторе ТПУ (аналитики: А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская). Концентрация Hg измерена методом атомно-абсорбционной спектроскопии (консультанты: к.х.н., доцент отделения геологии Осипова Н.А., к.г.-м.н. Филимонов Е.А.). Минерально-вещественный состав проб осуществлялся согласно запатентованной методике (патент №229737 [5]). Изучение микрочастиц в пробах выполнено на сканирующем электронном микроскопе в лаборатории «ИЛИП КОРМС» Карагандинского государственного технического университета. Обработка данных включала расчет эколого-геохимических показателей в соответствии с работами [4, 7, 6].

Результаты. Пылевая нагрузка в окрестностях ТЭЦ в период с 2014 г. по 2022 г. изменяется от 26 до 1751, при среднем 427 и фоне 47 мг/(м²сут.). Согласно градации, представленной в работе [1], пылевая нагрузка соответствует среднему и умеренно-опасному уровню загрязнения. С 2014 г. по 2022 г. определено статистически значимое снижение уровня пылевой нагрузки от 1,5 до 5 раз (рис.). Выявлено уменьшение пылевой нагрузки по мере удаления от ТЭЦ в северо-восточном направлении основного массопереноса загрязняющих веществ (рис.). Самые высокие уровни пылевой нагрузки (169–1032 мг/(м²сут.)) локализованы до 0,7 км от ТЭЦ, эти показатели статистически значимо снижаются до 4 раз на расстоянии 1,6–4,5 км (118–276 мг/(м²сут.)). Это может быть связано, с одной стороны, с влиянием открытого угольного склада, близко расположенного от точек мониторинга, и процессами вымывания мелких твердых частиц ледяной крупой в трубе теплоэлектростанции, которые могут способствовать осаждению выбросов на близких расстояниях. С другой стороны, установлена статистически достоверная взаимосвязь между пылевой нагрузкой и температурой в зимние сезоны.

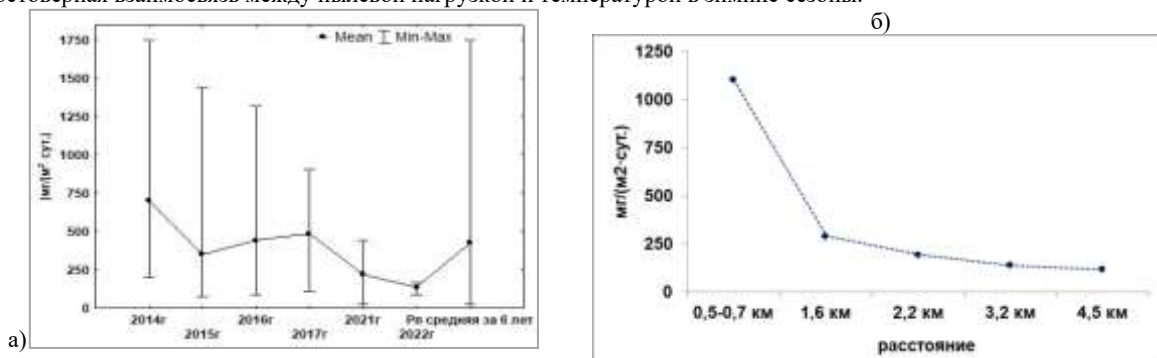


Рис. Пылевая нагрузка в районе расположения ТЭЦ по данным снеговой съемки:

а) динамика с 2014 г. по 2022г.

б) распределение в северо-восточном направлении (среднее значение за 2014–2022 гг.)

ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ СЛАБО- И СИЛЬНОУРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Акимова С.С.

Научные руководители профессор Язиков Е.Г., доцент Жорняк Л.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Почвы – это уникальный компонент природной среды, который аккумулирует в себе сведения о многочисленных изменениях состояния окружающей среды за длительный период времени. Исследования почв является неотъемлемой частью большинства работ экологической направленности. Именно изучение почв способствует определению уровня загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Каппаметрический анализ – один из эффективных способов определения загрязнения тяжелыми металлами, за счет сопряженности большинства из них с минералами наподобие магнетита [4, 5]. В данной работе приведены исследования показателя магнитной восприимчивости почв и почвогунтов Ширинского района Республики Хакасия и промышленного района г. Новосибирск.

Принцип работы SatisGeo KM-7 заложен в частотном способе измерения магнитной восприимчивости, то есть прибор измеряет ЭДС, которую наводит проба в регистрирующих катушках внутри самого каппаметра. Используемая в работе методика по определению показателя магнитной восприимчивости защищена патентом РФ № 2133487 [7].

Ширинский район – одна из административных единиц Республики Хакасия, с географической точки зрения принадлежащая к территории 3 крупных орографических структур: Чебаково-Балахтинская впадина, Батеновский кряж, горы Кузнецкого Алатау. В строении района принимают участие докембрийские и фанерозойские породные ассоциации [8].

Почвы отбирались согласно ГОСТ Р 58595-2019 [2, 8]. Почвы отбирались в пределах обособленного подразделения «Центр учебно-геологических практик» ТПУ (ОП ЦУГП ТПУ) и сопряженных с ним территориях (рис. 1).



Рис. 1. Карта пробоботбора в Ширинском районе (Источник: GoogleEarth, масштаб 1:10000)

Кировский район – один из 9 районов г. Новосибирск, расположенный на левом берегу р. Оби. Кировский район составляет индустриальную основу города. Промышленность района представлена 3831 предприятием, среди которых 33 относятся к крупным и средним. Территория города расположена вблизи северо-западного крыла Колывань-Томской складчатой зоны, представленной толщами периода девона-карбона, с включениями различных интрузивных тел. Стратиграфические отложения, характерные для района: желтовато-серые и серо-зеленые глинистые сланцы [1, 3, 6].

Пробоботбор почвогунтов осуществлялся посредством площадной съемки в Кировском районе близ производственных объектов и складов в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 [3, 7] (рис. 2).



Рис. 2. Карта отбора проб почв на территории г. Новосибирск (Источник: Яндекс.Карты, масштаб 1:100)

По результатам работы определены значения показателя магнитной восприимчивости на территории отдельных участков Ширинского района (Республика Хакасия), промышленных зон Кировского района г. Новосибирск (таблица).

Таблица

Объемная магнитная восприимчивость в пробах почв разных фракций

	Ширинский район, респ. Хакасия	Кировский район, г. Новосибирск
Число проб	12	19
Фон	28,6	71,3
Общая проба		
$m_{\text{сред}}$	$464,9 \pm 20,4$	$116,5 \pm 23,7$
$m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}$	$888 \div 28,6$	$425,7 \div 22,0$
Фракция <1 мм		
$m_{\text{сред}}$	$455,5 \pm 16,2$	$98,8 \pm 18,1$
$m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}$	$894,3 \div 36,6$	$336,7 \div 15,7$
Фракция >1 мм		
$m_{\text{сред}}$	$380,4 \pm 30,3$	$101,4 \pm 31,14$
$m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}$	$870 \div 13,6$	$572,7 \div 11,7$

Примечание: $m_{\text{сред}}$, $m_{\text{макс}}$, $m_{\text{мин}}$ – среднее, максимальное, минимальное объемное ($\times 10^{-5}$ единиц СИ).

Сравнительная диаграмма средних значений показателя магнитной восприимчивости указывает на то, что для почв Ширинского района показатель магнитной восприимчивости в разы выше, чем в г. Новосибирск, что связано с геологическим строением (рис. 3). В Новосибирске зоны с повышенным показателем (отличным от расчетного фона) магнитной восприимчивости выделяются вблизи железной дороги, Новосибирского приборостроительного завода ($341,7$, $425,7 \times 10^{-5}$ единиц СИ, соответственно). Данный факт напрямую связан с деятельностью на этих объектах.

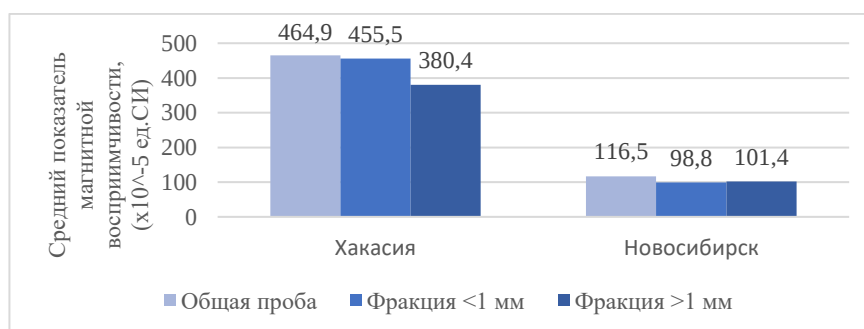


Рис. 3. Сравнительная диаграмма показателя магнитной восприимчивости на изученных территориях

Исходя из представленных результатов можно сделать вывод, что распределение показателя магнитной восприимчивости крайне неравномерно и данный метод оценки загрязненности почв эффективен для использования в почвогрунтах с известными почвоподстилающими породами. Немаловажную роль в формировании показателя магнитной восприимчивости играет материнская порода почвы.

Литература

- Бейром С.Г. Изменение природных условий в Средней Оби после создания Новосибирской ГЭС / С.Г. Бейром, Н.В. Вострякова, В.М. Широков; под ред. В. С. Мезенцева. — Новосибирск: Наука, 1973. — 144 с.
- ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб»
- Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Л. В. Жорняк; Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. Е. Г. Язиков. — Томск, 2009. — 22 с.
- Язиков, Н.А. Осипова, А.В. Таловская, К.Ю. Осипов // Оптика атмосферы и океана. — 2021. — Т. 34. — № 6. — С. 434-439.
- Язиков Е. Г. и др. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне воздействия предприятий угледобычи // Оптика атмосферы и океана. — 2021. — Т. 34. — №. 6. — С. 434-439.
- Васильев А. А., Лобанова Е. С. Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми // Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. — 2015. — Т. 243. — С. 2.
- Официальный сайт г. Новосибирска, URL: <https://novo-sibirsk.ru/about/numbers/>
- Язиков Е. Г., Миков О. А. Способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель). — 1999.
- Рихванов Л. П. и др. Путеводитель по району геоэкологической практики в Хакасии. — 2004.
- 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. — Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. — 264 с.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЫХОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Алентьев Ю.Ю.¹, Кокорев О.Н.², Жилина Е.Н.³

Научный руководитель профессор Лисёнков А.Б.¹

¹Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
г. Москва, Россия

²Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, филиал «Северский»,
г. Северск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Целью работы является подготовка исходной модели для проведения информационного анализа и оценке распространения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) в эксплуатационных горизонтах пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (ПГЗ ЖРО), по данным полученным в рамках мониторинга состояния недр и подземных сооружений.

Работы по мониторингу состояния недр и подземных сооружений (геотехнологический мониторинг) проводятся в целях подтверждения локализации ЖРО в установленных прогнозных границах и подтверждения технически исправного состояния подземных сооружений. Получаемые результаты мониторинга состояния недр и подземных сооружений используются в качестве исходных данных для верификации разработанных и применяемых для обоснования долговременной безопасности ПГЗ ЖРО моделей и при необходимости оптимизации режимов захоронения ЖРО [3, 7]. Мониторинг состояния недр и подземных сооружений ПГЗ ЖРО представляет собой систему наблюдений за физико-химическими процессами, происходящими в пласте-коллекторе при глубинном захоронении ЖРО с последующей обработкой результатов измерений. Оценка безопасности основана на сопоставлении текущих параметров нагнетания ЖРО в эксплуатационные горизонты (объем, расход, давление, приемистость и т.п.) с полученными фактическими данными о состоянии недр и подземных сооружений по результатам проведения гидродинамических, гидрогеохимических и геофизических исследований в наблюдательных и нагнетательных скважинах [6].

Авторы разработали методику формирования интегрального выходного показателя с целью проведения информационного анализа оценки изменения контура распространения ЖРО и области их влияния на состав подземных вод. В качестве объекта исследования были выбраны эксплуатационные и буферные горизонты ПГЗ ЖРО Федерального государственного унитарного предприятия «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО») филиал «Северский», Томская область, г. Северск. Система мониторинга состояния недр и подземных сооружений ПГЗ ЖРО ФГУП «НО РАО» филиала «Северский» действует с начала пуска полигона в эксплуатацию в 1963 г. Захоронение отходов выполняется через специально оборудованные нагнетательные скважины в нижние горизонты чехла Западно-Сибирской плиты, сложенного песчано-глинистой толщей мезо-кайнозойского возраста общей мощностью до 470 м. Эксплуатационный горизонт, в который ведется закачка соответствует нижнему маастрихту-нижнему кампану, верхней и средней подсвиты сымской свиты [3, 4].

В данной работе рассмотрена концептуальная схема информационного анализа с формированием исходной модели (рисунок 1) [1, 2, 5]. Формирования исходной модели (на рисунке 1 выделено красным цветом), начинается с формирования информационной модели, где на начальном этапе производится выбор показателей (признаков) для оценки состояния исследуемого объекта и методика формирования интегрального выходного показателя (выбор показателей).



Рис. 1. Концептуальная схема информационного анализа

Для анализа в качестве признаков принимаются следующие показатели: температура; минерализация; pH; содержания натрия, хлора, аммонийного иона, нитратов и сульфатов. Поскольку при закачке радиоактивных отходов (РАО) для исследуемой территории происходит загрязнения (поступления в пласт коллектор) не только радиоактивных изотопов, но и целого ряда других компонентов. То для оценки влияния закачки ЖРО в данном случае целесообразно использовать интегральный выходной показатель.

Интегральный выходной показатель (Y) определяется на основе качественной и количественной оценки потенциальных загрязняющих компонентов. В качестве показателей, входящих в интегральный выходной показатель на основе анализа фоновых материалов, были выбраны: нитраты; ПАВ (поверхностно активные вещества); алюминий; цезий; стронций; суммарная альфа радиоактивность; суммарная бета

радиоактивность; уран; плутоний, тритий. Выбранные параметры будут оцениваться относительно естественных (фоновых) содержаний на рассматриваемой территории (в рассматриваемом водоносном горизонте) и исходя из класса опасности (по СанПиН 2.1.3684 и 1.2.3685-21). Авторами было выделено четыре группы/условные ранги (Р), показанные в таблице 1. Диапазон условных рангов оценивается из соотношения концентрации рассматриваемых показателей в исследуемой области (скважине) к фоновому содержанию данных компонентов в водоносном горизонте.

Таблица 1

Диапазоны условных рангов

Диапазоны условных рангов	Группа/ условный ранг (Р)
до $\pm 10\%$ фонового содержания	1
от $\pm 10\%$ до $\pm 25\%$ фонового содержания	2
от $\pm 25\%$ до $\pm 50\%$ фонового содержания	3
более $\pm 50\%$ фонового содержания	4

Далее на основе коэффициента (К) полученного исходя из авторской экспертной оценки и класса опасности (таблица 2), производится расчет интегрального выходного показателя по формуле (1):

$$Y = \sum_{n=1}^i K_n * P_n + \dots + K_i * P_i \quad (1),$$

где $n-i$ - оцениваемые показатели; К - коэффициент для оцениваемого показателя, Р - условный ранг для оцениваемого показателя.

Таблица 2

Значения коэффициентов для различных классов опасности

Коэффициент (К)	Класс опасности по СанПиН 1.2.3685-21
1	1
0,9	2
0,75	3
0,50	4

В работе показана методика расчета интегрального выходного показателя, который в дальнейшем будет использоваться при проведении информационного анализа для оценки гидрогеоэкологических условий района захоронения жидких радиоактивных отходов.

Литература

1. Белоусова А. П. и др. Экологическая гидрогеология. – 2006.
2. Гоппа В.Д. Введение в алгебраическую теорию информации. – М.: Наука, 1995. – 112 с.
3. Жилина Е.Н., Кокорев О.Н., Самосудова А.В., Носков М.Д. Геоэкологические исследования и организация системы мониторинга при строительстве и эксплуатации приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 классов опасности // Всероссийская конференция с международным участием «Геохимия окружающей среды» – ГеОС-2022: Сб. тезисов, 23-26 августа 2022 г., г. Москва. М.: ИМГРЭ, 2022. – С. 86–87.
1. Кокорев О.Н., Спешников С.П. Анализ системы геотехнологического мониторинга пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» // Всероссийская конференция с международным участием «Геохимия окружающей среды» - ГеОС-2022: Сб. тезисов, 23-26 августа 2022 г., г. Москва. М.: ИМГРЭ, 2022. – С. 87–88.
2. Лисенков А. Б., Алентьев Ю. Ю. Использование информационного анализа для оценки загрязнения подземных вод четвертичных отложений в Истринском районе // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2016. – №. 1. – С. 39-46.
3. Малышков С.Ю. и др. Оценка влияния нагнетания жидких радиоактивных отходов на изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород. // Разведка и охрана недр. – 2023. – № 4. – С. 43–48.
4. Пронь И. А. и др. Подход к мониторингу состояния недр и подземных сооружений и результаты мониторинга пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. – 2018. – №. 4. – С. 42-48.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЯ В Г. МОСКВА И Г. ЧЕЛЯБИНСК

Антонова В.М.^{1,2}

Научные руководители доцент Таловская А.В.¹, с.н.с. Губанова Д.П.²

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

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, 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 [2], к числу которых относятся самый большой мегаполис Европы – г. Москва и один из мощных промышленных городов РФ – г. Челябинск. Последний расположен на восточных склонах Уральских гор, на реке Миасс. К основным предприятиям города, функционирующим на настоящий момент, можно отнести электрометаллургический комбинат, цинковый завод, трубопрокатный завод и металлургический комбинат, а также предприятия энергетической отрасли.

Одним из основных индикаторов антропогенного загрязнения воздуха крупного промышленного центра является состав атмосферного аэрозоля. В настоящей работе рассмотрены результаты сравнительного анализа химического состава приземного аэрозоля в Челябинске и Москве по данным элементного анализа аэрозольных проб и проб твердого осадка снега и снеготалой воды. В Челябинске пробы снежного покрова были отобраны в январе 2022 года в зоне влияния металлургического завода и теплоэлектростанции. Пробоотбор производился через каждые 500–600 метров, с удалением от границы предприятия, с учетом преобладающего направления ветра с юга на север. Также фоновые пробы были отобраны на расстоянии 40 км от черты города в южном направлении. Отбор и подготовка проб осуществлялись по методическим рекомендациям ИМГРЭ и МГУ [6, 8]. Пробы снега растапливались при комнатной температуре и далее раствор фильтровался через бумажные фильтры типа «синяя» лента. Поскольку наибольшее индикационное значение имеют количество и химический состав твердых частиц в снеге, то их содержание определялось только в твердом осадке снега, который содержит аэрозоли, осевшие из атмосферы в снеговой покров. Элементный анализ твердого осадка снега проводился масс-спектрометрическим методом с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в ХАЦ «Плазма» (г. Томск).

Одним из показателей уровня аномальности содержаний элементов является коэффициент концентрации (K_c), который рассчитывается как отношение содержания элемента в твердом осадке снега к его фоновому содержанию [6, 8]. Если K_c больше 1,5 – это указывает на локальный источник загрязнения. Ниже приведены графики (рис.), иллюстрирующие коэффициент концентрации в твердом осадке снега для проб, отобранных в зонах влияния предприятий г. Челябинск. На графиках также указан суммарный показатель загрязнения (Z_c). Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывается суммарный показатель загрязнения – Z_c [6, 8]. Суммарный показатель загрязнения для ТЭЦ равен 76,3, который указывает на среднюю степень загрязнения и умеренно опасный уровень заболеваемости [8]. Суммарный показатель загрязнения для ЧМК равен 62 – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости.

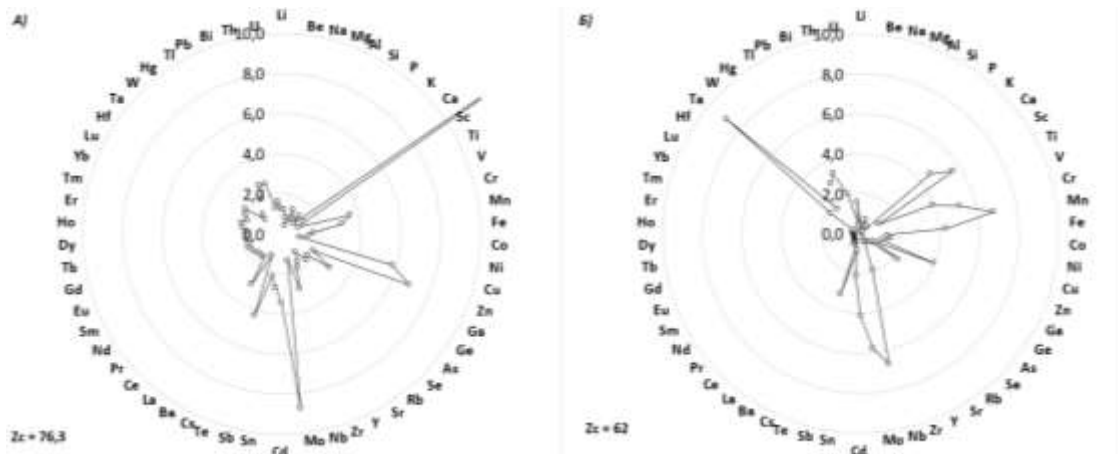


Рис. Графики коэффициентов концентрации в твердом осадке снега из районов расположения теплоэлектростанции (А) и металлургического комбината (Б)

Из рис. видно, что высокий K_c (концентрация элемента от 6 до 18 раз превышает фоновое значение) для проб, отобранных в зоне влияния ТЭЦ, характерен для таких элементов, как Zn, Mo и Sc. Для проб, отобранных в зоне влияния металлургического комбината высокий коэффициент концентрации имеют Mn, Nb и Ta. С помощью кластерного анализа, проведенного по методу Варда (значимый уровень корреляции принят равным 0,12), можно увидеть с какими элементами ассоциированы те из них, которые имеют высокий коэффициент концентрации. Для проб твердого осадка снега, отобранных в зоне влияния ТЭЦ, цинк и молибден входят в следующую ассоциацию элементов: Sb-Cd-Pb-Mn-Zn-Sn-Cu-Bi-W-Mo-Fe-Cr, а скандий связан с Zr-Co-Sc-Be. В зоне влияния металлургического комбината элементы с высоким K_c ассоциированы следующим образом: марганец связан с германием, тантал с ванадием, а ниобий входит в ассоциацию Hf-Zr-Nb-Y-Ca.

По результатам сравнения двух выборок тестами Колмогорова-Смирнова определено, что высокие концентрации лития, берилла, натрия, алюминия, кремния, калия, меди, галлия, мышьяка, рубидия, стронция, иттрия, бария, сурьмы и тория характерны для проб, отобранных в зоне влияния ТЭЦ, тогда как кальция, ванадия, железа, ниобия, тантала – в зоне влияния металлургического комбината.

Зимой 2020 года в рамках исследования от ЮУрГУ в пяти районах Челябинска также были отобраны пробы аэрозольных частиц, которые анализировались на сканирующем электронном микроскопе. Одна из точек находилась в жилом районе, восточнее металлургического комбината, там, по результатам исследования, отмечены Fe-, Zn-, Mn-Fe-содержащие частицы, которые также найдены и нами в твердом осадке снегового покрова. В публикации отмечают, что Mn-Fe-содержащие частицы относятся к техногенным, источником которых является производство ферросплавов. Цветная металлургия является источником Zn-содержащих частиц [4].

Для сопоставления уровня антропогенной нагрузки в развитом индустриальном центре Южного Урала и в крупнейшем в Европе Московском мегаполисе были привлечены данные комплексного эксперимента по изучению изменчивости физико-химических параметров приземного аэрозоля, реализуемого в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН [1], в Центральном административном округе города, а также сведения о составе снегового покрова в Восточном административном округе (ВАО) Москвы [3, 6]. Центральный округ Москвы отличается повышенным автомобильным трафиком, и небольшим количеством промышленных предприятий [7]. Основным источником выбросов в атмосферу города является автотранспорт. Основной вклад в выбросы стационарных источников Москвы вносят предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды (65 %) и обрабатывающие производства (29 %) [7]. В свою очередь, Восточный округ Москвы занимает второе место по количеству стационарных источников загрязнения после Юго-Восточного – около 3700 и 4700, соответственно [7]. Также Восточный округ является источником загрязняющих воздушный бассейн мегаполиса промышленных выбросов, так как на его территории расположены десятки крупных предприятий различного профиля. Таким образом, Восточный округ Москвы представляет интерес для сравнения с Челябинском, как крупный промышленный район, а ЦАО, как район, подвергающийся сильному влиянию автотранспорта, что характерно и для Челябинска.

Исследованы данные элементного анализа аэрозольных проб и проб снеготалой воды, отобранных в Институте физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН зимой 2021 г. По результатам анализа данных с помощью теста Колмогорова-Смирнова установлено, что снеготалая вода отличается достоверно значимо высоким уровнем накопления всех рассматриваемых элементов. Выявленные различия в уровнях накопления элементов в снеготалой воде и аэрозоля свидетельствуют о разных факторах и механизмах накопления изучаемого спектра элементов.

В таблице представлены коэффициенты концентрации химических элементов в снеговом покрове двух интересующих нас районов Москвы. Как видно из таблицы, в Восточном округе наибольший К_c имеет молибден, источником которого может служить теплоэнергетика, согласно [3], что подтверждается и данными по г. Челябинск, где пробы, отобранные в районе ТЭЦ, также имеют повышенный К_c по молибдену. В свою очередь, в ЦАО Москвы наблюдается значительное превышение над фоном концентраций свинца, молибдена, кадмия, ниобия, как и в данных по г. Челябинск, в районе металлургического комбината. При этом по другим элементам совпадений с данными по г. Москва не наблюдается, что может указывать на специфику материалов исследуемых объектов промышленности г. Челябинска.

Таблица

Коэффициенты концентрации элементов в снеговом покрове в различных районах г. Москва

К _c для ВАО Москвы [6] (твердый осадок снега), 2010 г.				
меньше 1,5	от 1,5 до 3	от 3 до 6	от 6 до 18	больше 18
Ti Be Pb Mn Cu Zn	Bi Co Cd Ni Sr Cr Fe V	Sn W As Sb	Ag	Mo
К _c для ЦАО (снеготалая вода), 2021 г.				
меньше 1,5	от 1,5 до 6	от 6 до 18	-	-
Se Br Ag Ta	B P Cr Ga Ge Pb Be Nb Mo Te Cs Hf K	Co As Rb Cd Tm Lu Re Tl Bi S Ni Cu Y Th Pr	-	-

Исследование состава аэрозолей и снеготалой воды в ЦАО г. Москвы выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-27-00063).

Литература

- Gubanova D.P., Vinogradova A.A., Iordanskii M.A., Skorokhod A.I. // Atmosphere. – 2022. – V. 13, No 4. P. 574–599.
- Gubanova D. P. et al. Variability of near-surface aerosol composition in Moscow in 2020–2021: Episodes of extreme air pollution of different genesis // Atmosphere. – 2022. – T. 13. – №. 4. – С. 574.
- Li Y. et al. Evaluating urban sustainability potential based on material flow analysis of inputs and outputs: A case study in Jinchang City, China // Resources, Conservation and Recycling. – 2016. – T. 110. – С. 87-98.
- Vasilevich M. I., Beznosikod V. A., Kondratenok B. M. Chemical composition of snow cover in the taiga zone of the Komi Republic // Water resources. – 2011. – T. 38. – С. 530-542.
- Бондаренко К. А. и др. Изучение частиц рм, собранных на территории Челябинска, 10методом сканирующей электронной микроскопии //Металлогения древних и современных океанов Учредители: Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН. – 2022. – Т. 28. – С. 219-222.
- Касимов Н. С. и др. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. – 2016.
- Касимов Н. С. и др. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2012. – №. 4. – С. 14-24.
- Кульбачевский А. О. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году» // М.: ДПиООС. – 2012. – С. 37.
- Сает Ю. Е. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – С. 335.

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Арбузова Е.А., Филимоненко Е.А., Упорова М.А., Ибраева К.

Научный руководитель профессор Кузяков Я.В.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

В наземных экосистемах наибольшим резервуаром углерода (С) являются почвы. Количество и качество органического вещества (ОВ) в сочетании с его стабильностью характеризуют запасы С в почвах. Механизмами стабилизации С в почвах являются его выборочная консервация, пространственная недоступность для микробного разложения и стабилизация в результате взаимодействия с минералами (например, оксидами железа и алюминия) [3]. Механизм стабилизации органического вещества через образование органоминеральных комплексов регулируется составом минеральных компонентов почв и, в общем случае, становится значимее с увеличением глубины почвы. Научная гипотеза исследования состоит в том, что с увеличением глубины почвы возрастает стабильность ОВ и снижается его доступность для микробного разложения.

Исследование стабильности ОВ почв с применением методов термического анализа (ТА) основано на том, что более устойчивые соединения имеют большую термическую стойкость и разрушаются при более высоких температурах [4, 5]. Взаимосвязь между термическими и химическими свойствами стабильности веществ позволяют изучать прочность внутренних и внешних химических связей ОВ [4].

Для проверки гипотезы и оценки стабильности ОВ дерново-подзолистых почв были отобраны пробы на двух лесных участках – (1) в Нижнетавдинском районе Тюменской области (57°31'39.70" С, 65°44'31.51" В) и (2) в Тавдинском городском округе Свердловской области (57°49'12.25" С, 65°37'34.37" В) с глубин 0–5 см, 5–10 см, 10–20 см, 20–30 см, 30–40 см, 40–70 см и 70–100 см. Все отобранные пробы почв были высушены при комнатной температуре, просеяны через сито с размером ячейки 2 мм и гомогенизированы на вибрационной мельнице MM 500 Control (Retsch). Для термогравиметрического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДТГ-ДСК) на приборе TGA/DSC 3+ (Mettler Toledo, Германия) использовали термическую программу нагрева от 30 до 600 °С со скоростью 10 °С в минуту в окислительной атмосфере. Содержания в почвах органического С ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$) определяли методом сухого сжигания на элементном анализаторе Vario Pyro Cube Analyzer (Elementar, Германия). Для определения скорости микробного дыхания (MR) были проведены измерения потоков CO_2 из почв (LI-830 Analyzer, LI-Cor, USA) при их инкубировании при температуре 20 °С и влажности 70 % от наименьшей водоудерживающей способности. Все лабораторно-аналитические исследования почв проводили в Центре изотопной биогеохимии и Лаборатории почвоведения и изотопной биогеохимии Тюменского государственного университета. Обработка результатов ДТГ-ДСК включала расчеты содержания ОВ почв как величины термических потерь массы образцов [3] в интервале от 200 до 600 °С с выделением содержаний лабильного ОВ, термическая деструкция которого происходит при 200–400 °С, и содержаний стабильного пула ОВ, разрушающегося при 400–600 °С; и расчеты температуры потери 50 % содержания ОВ (T_{50TG}).

Между $C_{орг}$, $N_{общ}$ и содержанием ПОВ установлены линейные зависимости (рис. 1): $ПОВ = 1,7 \cdot C_{орг} + 1,6$ ($R^2 = 0,98$) и $ПОВ = 27 \cdot N_{общ} + 1,6$ ($R^2 = 0,95$).

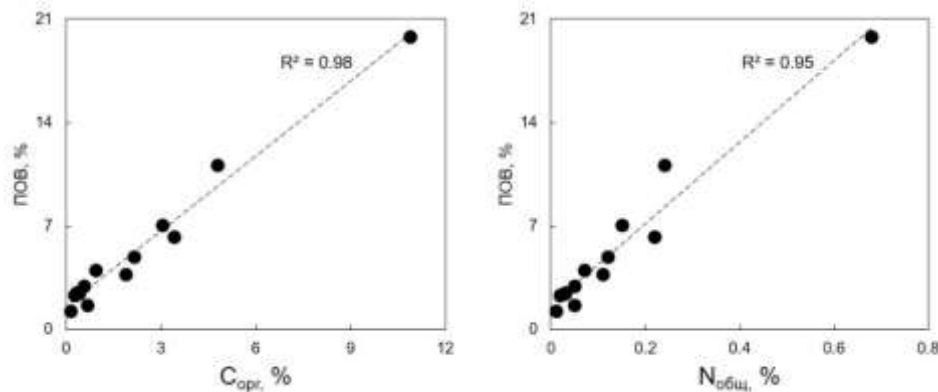


Рис. 1. Регрессионные зависимости между содержаниями органического углерода ($C_{орг}$), общего азота ($N_{общ}$) и почвенным органическим веществом (ПОВ)

С увеличением глубины почвы доля лабильного пула в составе почвенного ОВ снижается, а доля стабильного увеличивается (рис. 2). Стабильность ОВ почвы оценивали через соотношение между пулами ОВ с низкой и высокой стабильностью [4]. Величина стабильности почвенного ОВ, выраженная через отношение содержания лабильного ОВ (с низкой стабильностью) к стабильному (с высокой стабильностью), обозначена как коэффициент стабильности – $K_{стабильности}$. Значения $K_{стабильности}$ больше 1.0 соответствуют преобладанию в составе почвенного ОВ лабильного пула, а значения меньше 1.0 – стабильного пула. Для глубин 0–20, 0–30 см характерно преобладание лабильного пула в составе почвенного ОВ ($K_{стабильности} = 1.3$ –2.6), для почв на глубине от 20–30 см до 100 см – стабильного пула ($K_{стабильности} = 0.6$ –0.9).

Температура, при которой достигается потеря 50 % содержащегося в почве ОВ, является индикатором его стабильности [1]. Для исследованных дерново-подзолистых почв установлена линейная зависимость

T_{50TG} от величины стабильности почвенного ОВ ($K_{\text{стабильности}}$) (рис. 3). С ростом стабильности ОВ на 0.1 единицы, T_{50TG} возрастает на 7.2 °C ($R^2 = 0.98$).

Увеличение в составе ОВ почвы доли стабильного пула приводит к снижению его доступности для микробного разложения и соответственно снижению скорости микробного дыхания (рис. 3). Зависимость микробного дыхания от стабильности почвенного ОВ является экспоненциальной и описывается уравнением: $MR = 3,38 \cdot e^{-2,5K_{\text{стабильности}}}$ ($R^2 = 0.74$). Отношение микробного дыхания к содержанию органического углерода ($MR/C_{\text{орг}}$) характеризует доступность ОВ почвы к разложению [2]. С увеличением глубины почвенного горизонта доступность ОВ к микробному разложению снижается и отношение $MR/C_{\text{орг}}$ уменьшается с 0.38 на глубине 0–30 см до 0.24 в 30–100 см.

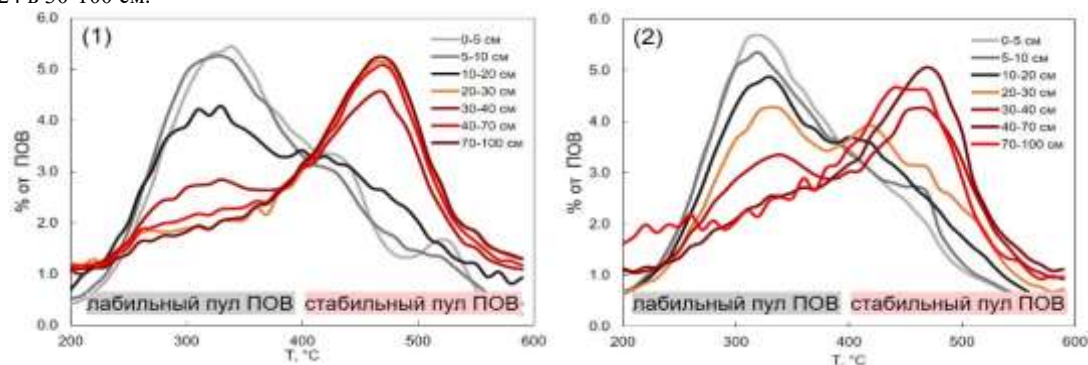


Рис. 2. Разложение почвенного органического вещества (ПОВ) в зависимости от температуры и глубины почвы (1 – дерново-подзолистая почва Нижнетавадинского района Тюменской области; 2 – дерново-подзолистая почва Тавдинского городского округа Свердловской области)

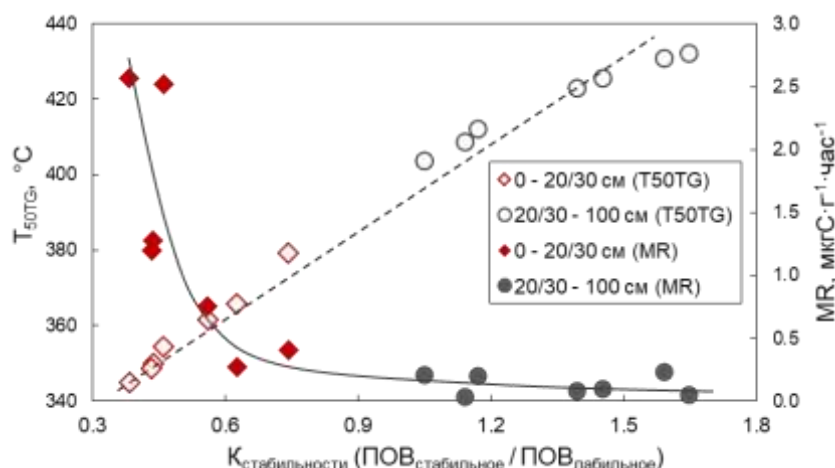


Рис. 3. Зависимости температуры потерь 50 % содержащегося в почве органического вещества (T_{50TG}) и скорости микробного дыхания (MR) от стабильности ПОВ

Установленные достоверные зависимости между параметрами термической стабильности почвенного ОВ и показателями его биологической стабильности подтверждают применимость методов термического анализа (ДТГ-ДСК) для оценки стабильности ПОВ дерново-подзолистых почв. Доказано, что с увеличением глубины почвы возрастает стабильность ОВ и снижается его доступность для микробного разложения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00370 <https://rscf.ru/project/23-24-00370/>.

Литература

1. Kurganova I. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems // Geoderma. – 2019. – Т. 354. – С. 113882.
2. Kurganova I. N. et al. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the postagrogenic evolution // Eurasian Soil Science. – 2021. – Т. 54. – С. 337-351.
3. Lützow M. et al. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions—a review // European journal of soil science. – 2006. – Т. 57. – №. 4. – С. 426-445.
4. Plante A. F., Fernández J. M., Leifeld J. Application of thermal analysis techniques in soil science // Geoderma. – 2009. – Т. 153. – №. 1-2. – С. 1-10.
5. Tokarski D. et al. Contribution of organic amendments to soil organic matter detected by thermogravimetry // Journal of plant nutrition and soil science. – 2018. – Т. 181. – №. 5. – С. 664-674.

**БИОРЕСУРСНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОРОДА ТОМСКА И ПРИЛЕГАЮЩИХ
ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ахназарова З.А.

Научный руководитель доцент Хвощевская А.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Природные водоемы в виде озер как элементы экосистемы способны к частичному самовосстановлению. Благодаря внутренним биологическим, химическим и физическим процессам водные экосистемы могут нейтрализовывать или смягчать отрицательное воздействие антропогенных и естественных факторов. Но любое отрицательное воздействие имеет пределы допустимости, превышение которых может привести к различным структурным и функциональным изменениям водных экосистем, а после чего к их дальнейшей деградации и впоследствии к гибели, после чего водный объект станет непригодным для водопользования [4]. В этой связи актуально определение потенциала водоема к самовосстановлению. Оценка экологического состояния водного объекта и его ресурсного состояния возможна с помощью применения метода биотестирования, позволяющего установить нарушение отдельных функций реагирующих на происходящие в водной среде изменения гидробионтов, которые населяют водные экосистемы и являются отличными индикаторами их состояния.

Целью настоящих исследований является определение биоресурсности вод водоемов, используемых в рекреационных целях, на территории г. Томск и прилегающих районов.

В основу работы положены данные исследования химического состава и токсичности вод трех озер, проведенные в период 2021-2022 гг. сотрудниками Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета. Всего было исследовано 12 проб. Озера находятся в пределах городской (Университетское) и сельскохозяйственной территорий (Позднеевское, Губинское) и используются населением в рекреационных целях (купание, рыбная ловля, экскурсионные мероприятия и пр.).

Особенности химического состава вод озер определялись по содержанию в них основных макрокомпонентов – анионов CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- и катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , ряда микрокомпонентов, соединений группы азота – NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , а также обобщенные показатели – минерализация, общая жесткость, перманганатная окисляемость, удельная электрическая проводимость, pH.

Биоресурсность вод водоемов устанавливалась через определение их токсичности по величине индекса токсичности I (%) с последующим установлением интенсивности нарушения водной экосистемы (ИН, у.е) и состояния жизнеспособности гидробионта на основе критериев биоресурсности [1]. В качестве тест-объекта была использована одноклеточная водоросль *Chlorella vulgaris*. Контролируемым показателем выступает изменение оптической плотности культуры [2]. Критерием токсичности тест-объекта выступает изменение скорости роста биомассы *Chlorella vulgaris*: снижение темпа роста на 20 % и более, то есть ингибирование роста, или увеличение темпа роста на 30 % и более, то есть стимуляция роста, в опытной среде в сравнении с контрольной средой [5]. Характеристика роста тест-объекта основана на критериях биоресурсности водных экосистем, выведенных Гостевой И.А. [1]. *Chlorella vulgaris* обладает высокой чувствительностью даже к незначительному количеству загрязнений в воде, а также активно участвует в процессе альголизации водоёмов [3; 4]. С помощью пробит-анализа были осуществлены расчеты значения безвредной кратности разведения исследуемой воды (БКР).

В качестве объектов исследования использовались поверхностные воды озер. В деревне Позднеево озеро (далее Позднеевское) представляет собой пруд, перегородженный дамбой. В прошлом рядом с озером находилась ферма крупного рогатого скота. Из фермы стоки с нечистотами попадали в пруд, что и привело к нарушению его системы самоочищения. На сегодняшний день данное хозяйство закрыто, а в 2018 году провели меры по полной экологической очистке водоема с целью его реабилитации. В озеро Губинское попадали сточные воды от производства молочного завода и фермы крупного рогатого скота. Озеро Университетское же располагается в городской черте в пределах рекреационного участка и подвержено антропогенной нагрузке.

Проведенные исследования химического состава вод показали, что воды всех трех озер по классификации О.А. Алейкина относятся к пресным гидрокарбонатным кальциевым с минерализацией в пределах от 673 (оз. Позднеевское) до 779 мг/л (оз. Университетское). По величине pH воды оз. Университетское являются слабощелочными, Позднеевское – щелочными, а воды оз. Губинское – нейтральными. По степени общей жесткости воды оз. Позднеевское и Губинское относятся к мягким (0,3 мг-экв/л), а в оз. Университетское наблюдается средняя жесткость (7,0 мг-экв/л). По анионному составу воды характеризуются преобладанием гидрокарбонат-иона, а по катионному – иона кальция, что присуще природным подземным водам Томского района и г. Томск, в частности.

Среди микроэлементов в значимых количествах в водах всех водоемов присутствуют литий, бор, кремний, цинк, стронций, барий, марганец, рубидий. Но превышений предельно допустимых значений не отмечается. За исключением содержания марганца, количество которого в оз. Университетское и Губинское превышает ПДК в 4 и 6 раз, соответственно, а также кремния, установленное на уровне 0,5 ПДК. Этот факт свидетельствует о присутствии в источниках питания озер подземной составляющей.

Для определения острой токсичности вод исследуемых озер проводились анализы после их разбавления в ряд кратный трем согласно методике [2]. Данные, которые были получены в результате исследований, представлены в таблице. Зависимость I (%) от величины разбавления показана на рисунке. Как видно из диаграммы, представленной на рисунке, при разбавлении вод оз. Позднеево в 3, 9, 27 и 81 раз величина I (%) не сильно меняется и находится в области отрицательных величин, которые не превышают 10 %. Это может быть обусловлено незначительной стимуляцией роста тест-объекта *Chlorella vulgaris*. Причем I (%) исходной пробы составлял $38,7 \pm 1,6$ %, что в 2 раза превышает критерий токсичности, составляющий 20 %. На основании этого воды озера относятся к слаботоксичным, а БКР составляет 1,29 единиц. Воды озера в д. Губино являются токсичными. Это определяется их I (%), который

составляет 30 % [2] и превышен при разведении в 27 раз. В исходной пробе I (%) составляет $2,3 \pm 0,4$ %, а кратность разведения 8,9. При этом БКР составляет 8,91 единиц. Воды озера Университетское приравниваются к среднетоксичным при БКР 6,09 единиц. После разбавления вод в 81 раз величина I (%) составила 14,24 %.

Использование данных по критериям токсичности [1] вод позволило установить, что биоресурсное состояние вод исследуемых водоемов преимущественно неудовлетворительное, что вероятно связано со значительным нарушением звеньев трофической цепи.

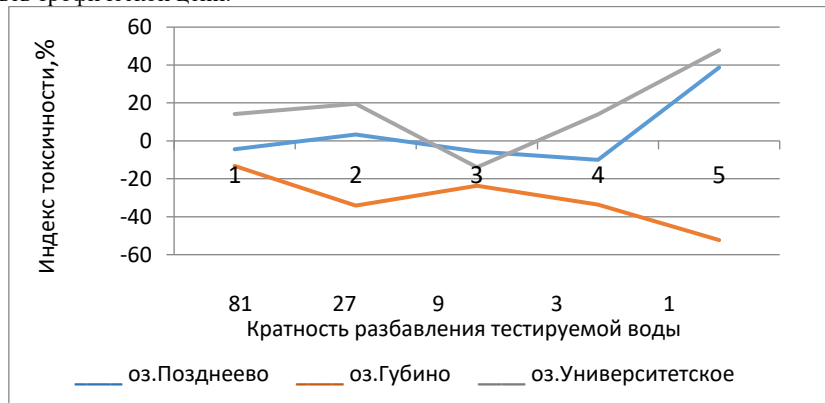


Рис. Динамика изменения индекса токсичности вод озёр в зависимости от кратности их разбавления

Таблица

Токсичность вод озёр

Наименование водоем	I, %	БКР, раз	Токсичность вод	ИН, у.е.	Биоресурсное состояние водной экосистемы
Позднеевское	38,7	1,29	Слаботоксичная	0,4 (Средняя)	Неудовлетворительное
Губинское	-52,30	8,91	Токсичная	0,5 (Высокая)	Критическое
Университетское	35,36	6,09	Среднетоксичная	0,4 (Средняя)	Неудовлетворительное

Следовательно, представленные выше данные характеризуют состояние уровня самовосстановления у водоемов как невысокий. Соответственно можно оценивать биоресурсное состояние вод оз. Университетское и Позднеевское как неудовлетворительное, а Губинское как критическое. Но, несмотря на объём нарушения трофической цепи у вод исследованных водоемов (незначительный), воспроизводство ее звеньев снижено.

Предположительно это может быть связано с нарушениями в трофической цепи таких гидробионтов, как «водоросли – низшие ракообразные – рыбы». В целом, на трофическую цепь влияют изменения плотности и количества биомассы *Chlorella vulgaris*. Данный показатель может привести к заметной эвтрофикации водоёма, что уже наблюдается на озере в деревне Позднеево.

Таким образом, проведенные исследования показали, что биоресурсность данных водоемов невысокая и сопровождается интенсивностью нарушения трофической системы озёр, что оценивается как средняя. Однако, в водах исследованных водоемов все-таки имеется возможность к самовосстановлению. Для этого необходимо лишь снизить антропогенное воздействие на водоемы, что в будущем даст возможность без опасения использовать эти водные ресурсы в рекреационных целях.

Литература

1. Гостева И. А., Хвощевская А. А. Критерии оценки биоресурсности природных водоемов в условиях антропогенной нагрузки на примере озер томского района // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. – 2022. – С. 41-45.
2. Мелихов В. В. и др. Биологическая мелиорация пресноводных водоемов // Деловая слава России. – 2008. – №. 6. – С. 28.
3. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления: ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.10-04, Т 16.1:2.3:3.7-04. – Москва, 2014. – 36 с.
4. Петросян М. Г. Определение способности самовосстановления гидрохимического режима р. Раздан за 2006-2011 гг // Вода: химия и экология. – 2013. – №. 6. – С. 114-118.
5. Торопов А. Ю., Фролова М. В., Московец М. В. Суспензия хлореллы-направленное воздействие на экосистему водоема // Орошаемое земледелие. – 2020. – №. 1. – С. 46-49.

СВИНЕЦ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Баенгуев Б.А., Белоголова Г.А.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

Свинец считается одним из наиболее распространенных и токсичных элементов для живых организмов и обычным загрязнителем урбанизированных территорий. Попадая в окружающую среду, свинец накапливается преимущественно в верхних гумусовых горизонтах почв, затем он поступает в растения, вовлекаясь в пищевую цепь. В естественных условиях Pb содержится во всех растениях, однако его метаболическая роль до сих пор остается неясной. Повышенные содержания свинца в растениях оказывают негативное действие, нарушая основные физиологические процессы: подавляется процесс фотосинтеза, ингибируется дыхание и замедляется рост растений.

Основными источниками загрязнения окружающей среды свинцом считают автомобильный транспорт и предприятия горно-металлургического комплекса. Одним из таких предприятий являлся Ангарский металлургический завод (АМЗ) в г. Свирск (Южное Прибайкалье), работавший в 1934–1949 гг. в целях оборонной промышленности и занимавшийся выпуском веществ на основе триоксида мышьяка. На данный момент мало что известно об особенностях загрязнения почв и растений свинцом, особенно после ликвидации АМЗ, завершённой в 2015 г. Цель проведенных исследований заключалась в изучении распределения и трансформации свинца в системе «почва-растение» в условиях техногенного загрязнения после ликвидации АМЗ.

Объектом данного исследования являлись техногенно трансформированные почвы и растения, произрастающие на территории бывшего АМЗ г. Свирск. Отбор проб почв и растений проводили летом 2019 г. Было отобрано 70 проб почв на приблизительно равном удалении друг от друга, а также сопряженные с ними растения. Для определения биодоступности свинца для растений был выбран пырей ползучий (*Elytrigia repens*), так как он произрастал повсеместно на изучаемой территории.

На исследуемой территории условно выделены три зоны: участок № 1 – территория бывших мышьяковых отвалов, участок № 2 – территория, где непосредственно располагались строения АМЗ, участок № 3 – окрестности участков 1 и 2.

Химический анализ образцов растений был выполнен методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на волновом рентгеновском спектрометре S4 Pioneer. Для определения содержания свинца и форм его соединений в пробах почв использовали атомно-абсорбционный метод. Измерения проводились на спектрометрах моделей 403 и 503 производства Perkin Elmer. На основе полученных данных была построена карта-схема распределения содержаний свинца в почве (рис.).

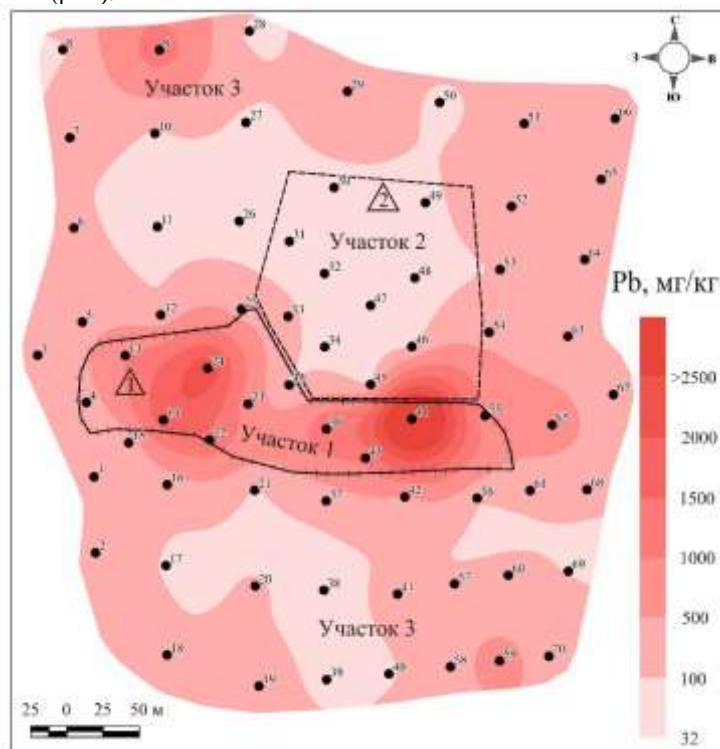


Рис. Схема распределения концентраций свинца, мг/кг. Участок 1 – зона бывших отвалов, 2 – бывшая территория здания завода, 3 – территория, расположенная за пределами участков 1, 2

Было установлено, что во всех изучаемых точках валовое содержание свинца в почве превышает значение ОДК (32 мг/кг) [6]. Наибольшее загрязнение почв свинцом приходилось на первый участок, максимальные концентрации Pb составляли 4910 мг/кг. Наименее загрязненная территория – участок 2, где располагалось бывшее здание АМЗ, среднее содержание Pb в почве составляет 117 мг/кг.

Для изучения форм соединений Pb использовали метод последовательной экстракции [4] с модификацией. Изучение форм соединений свинца в почве показало, что Pb имеет слабую миграционную способность на территории участка 1, наибольшей подвижностью он обладает в зоне участка 2, где ранее производилась возгонка сульфидных руд. Для остальной территории, не затронутой рекультивацией, также характерна более высокая подвижность свинца в почве в сравнении с участком 1 [2]. Для оценки поглощения свинца растениями рассчитывались транслокационный индекс (ТИ) и транслокационный фактор (ТФ) [3]. Транслокационный индекс рассчитывается как отношение концентрации Pb в надземной части растения к его концентрации в корне. Транслокационный фактор определяется как отношение концентрации Pb в растении (надземная часть, корень) к его концентрации в почве.

По результатам исследований все 3 участка характеризуются различными содержаниями свинца в почве, корнях и вегетативных органах растений, что показано в таблице. Обычное содержание свинца в травах составляет 2,1 мг/кг [1], средние содержания свинца в *Elytrigia repens* в естественных условиях на разных типах почвы варьируют в пределах 0,38-0,62 мг/кг [5]. ПДК свинца в лекарственных растениях составляет 6 мг/кг, наиболее близкие по значению содержания Pb в растениях наблюдаются для образцов, отобранных на территории участка 2. Средние содержания свинца в надземной части пырея ползучего здесь составляют 7 мг/кг. Максимальное свинцовое загрязнение приходится на зону влияния бывшего отвала (участок 1), здесь средние концентрации свинца в надземной части растений достигают 18 мг/кг, а среднее содержание в корнях – 139 мг/кг (таблица). Содержание Pb в большинстве отобранных проб превышает значение ПДК свинца для лекарственных растений и значительно выше обычного содержания в травах.

Таблица

Характеристика содержаний Pb в почве и растениях (на сухое вещество), мг/кг

№ участка	Количество проб	Пределы содержаний		Среднее содержание	Транслокационный фактор	Транслокационный индекс
		Максимум	Минимум			
1	10* / 4** 10***	48 / 235 2175	3 / 98 160	18 / 139 899	0,03* / 0,15**	0,169
2	6 / 6 6	9 / 23 78	4 / 10 35	7 / 16 52	0,15 / 0,36	0,51
3	14 / 5 14	18 / 62 1610	4 / 14 46	9 / 44 306	0,07 / 0,25	0,153

Примечание: над чертой * содержание Pb в побеге растения, ** содержание Pb в корнях растения, под чертой *** содержание Pb в почве.

Для оценки поступления свинца из корней в надземную часть использовали транслокационный индекс. Как правило, значение транслокационного индекса <1, так как основная часть свинца накапливается в корнях растений, и лишь небольшая доля Pb поступает в побег растения. Средние значения ТИ для участков 1 и 3 составляют 0,169 и 0,153 соответственно (табл.), что говорит о достаточно низком поступлении свинца из корня в побег растения. Высокий уровень транслокационного индекса для растений на втором участке свидетельствует о значительном перемещении Pb из корней в побег растения, что обычно нетипично для свинца. Возможно, это зависит от концентрации свинца в почве и более подвижной его формы нахождения на данном участке, так как здесь производилась возгонка сульфидных руд, а также влияния воздушного переноса свинца с пылью.

Наибольшее поступление свинца из почвы в корень и надземную часть растения отмечается на участке 2 с минимальным свинцовым загрязнением, здесь среднее значение ТФ для корней составляет 0,36. Самые низкие значения ТФ приходятся на участок 1 – зону бывших отвалов. Это связано с формами нахождения свинца на данной территории, так как Pb наиболее подвижен на участке 2, где была проведена ранее рекультивация территории, а на участке 1 свинец находится в наиболее закрепленных формах, частично в минеральных фракциях, поэтому менее доступен для поглощения растениями. Установлено, что большую роль в аккумуляции Pb в растениях играет его подвижность в почве.

Литература

1. Pendias A., Szteke B. Trace elements in abiotic and biotic environments. – Taylor & Francis, 2015. – С. 468.
2. Баенгуев Б. А. и др. Распределение содержания свинца и формы его соединений в техногенной почве г. Свирска (Южное Прибайкалье) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 8. – С. 205-214.
3. Бортникова С. Б. и др. Результаты экспериментов по фиторемедиации сульфидных отходов хвостохранилищ овсом посевным (*Avena sativa*) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – №. 11. – С. 7-23.
1. Кашин В. К. Содержание микроэлементов в пырее в западном Забайкалье // Агрохимия. – 2020. – №. 3. – С. 55-61.
2. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. – Минск: Наука и техника, 1990. – 88 с.
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М: ЦЕНТРАГ, 2022. – 736 с.

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ CS-137 НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОГО РАЙОНА, ПОДВЕРГШЕГОСЯ ВЫПАДЕНИЮ РАДИОНУКЛИДОВ

Бектенов Д.Е., Субботина К.А.

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Испытания ядерного оружия в середине XX века (Семипалатинский испытательный ядерный полигон - СИЯП), аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году, Фукусиме-1 (2011 год), аварии на предприятиях ядерно-топливного цикла, в том числе авария на Сибирском химическом комбинате (СХК) в 1993 году являются источниками техногенных радионуклидов ^{137}Cs [4]. Наиболее распространенным техногенным радионуклидом на территории Томского района в результате аварии 1993 года на СХК является ^{137}Cs (Рисунок 1). Целью данного исследования является анализ содержания ^{137}Cs в почвах Томского района по сравнению с данными за 1995 г.

Пробоотбор проводился на территории д. Георгиевка, находящейся в 38 км в северо-восточном направлении от города Северск. Основным источником загрязнения данной территории является СХК, который приводит к локальному географическому распространению техногенных радионуклидов [2, 5].

Отбор проб проводился на площади 2000 га. Для исследования было отобрано 15 образцов почв в различных частях деревни методом «конверта», суть которого заключается в том, что отбор проводится в порядке четыре точки по углам и одна точка в центре (рис. 2). В каждой точке было проведено три отбора проб по горизонтам 0–20 см, 20–40 см, 40–60 см. Отбор проб проводился согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 от верхнего слоя земли до глубины 50–60 см. Примерная масса проб составляет 0,5-1 кг, подготовка проб проходила в 20 корпусе ТПУ, сушка проб осуществлялась в комнатной температуре.

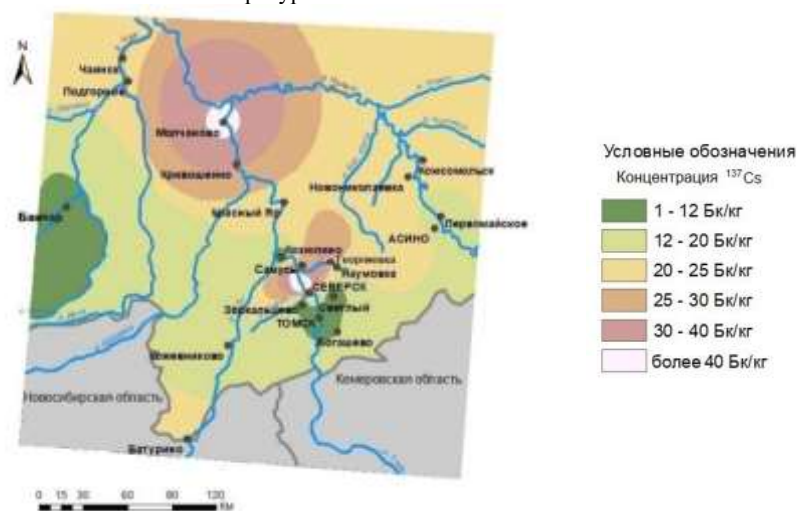


Рис. 1. Карта-схема пространственного распространения ^{137}Cs в почвах юго-востока Томской области



Рис. 2. Карта отбора проб село Георгиевка

В ходе предварительной обработки пробы почвы вскрывался пакет с доставленной лабораторной пробой, извлекалась этикетка и данные о пробе заносились в журнал. Затем отобранная проба взвешивалась и освобождалась от мелких камней. Далее проба просеивалась через сито (2 мм). В завершение изготавливался счетный образец путем

помещения части пробы в измерительный контейнер. Затем счетный образец повторно взвешивался, и информация о массе заносилась в журнал. Измерение спектра производилось в следующем порядке.

В программной среде «Genie-2000» запускался набор данных. Набор спектра выполнялся по заданным условиям измерения: времени и настроенной геометрии. По окончании измерения проводились обработка спектра и расчет активностей. Измерения проводились на спектрометрическом комплексе производством фирмы Canberra.

Проведенный анализ проб показал снижение содержания цезия-137 в пробах: удельная активность цезия варьирует от 0 до 45,73 Бк/кг. Исследование отобранных проб почв показало, что несмотря на то, что прошло почти 30 лет после аварии на СХК, содержание цезия-137 в почве еще наблюдается. Его активность местами достигает 10 Бк/кг, что позволяет сделать вывод, что содержание цезия-137 снижается, т.к. средняя удельная активность в 1995 году составляла 45 Бк/кг (рисунок 3).

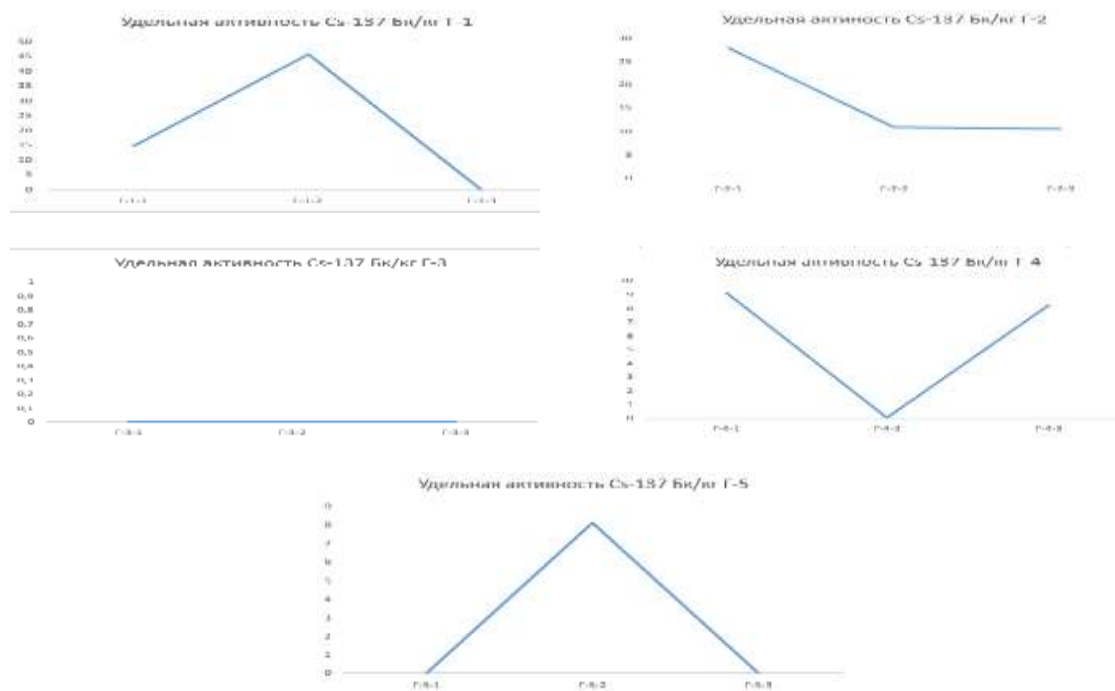


Рис. 3. Удельная активность цезия-137 в изученных пробах почв

Исследование отобранных проб почв показало то, что цезий-137 накапливается в горизонте 20–40 см, это можно аргументировать тем, что в данном районе преобладают супесчаные почвы.

При изучении литературных данных можно прийти к выводу, что загрязнение почвы техногенными радионуклидами на территории Томского района носит неравномерный характер, это объясняется многолетними исследованиями, которые показывают неравномерность накопления Cs-137 и других радионуклидов [1].

Несмотря на то, что прошло почти 30 лет после аварии на СХК, содержание цезия-137 в почве еще наблюдается. Хотя его и активность местами достигает 10 Бк/кг, можно сделать вывод, что последствия аварии еще до настоящего времени оказывают влияние на местных жителей.

Литература

1. Assinder D. et al. Radioisotopes of thirteen elements in intertidal coastal and estuarine sediments in the Irish Sea // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. – 1993. – Т. 170. – №. 2. – С. 333-346.
2. Адам А. М., Зубков Ю. Г. Радиационная обстановка на территории Томской области // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – №. S1. – С. 2-15.
3. ГОСТ 17.4.3.01.2017 Общие требования отбора проб.
4. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиозоологии. – 1997.
5. Шура Л. П. и др. Сравнительная оценка выпадения радионуклидов на территории томского района (Россия) и национального парка Меркантур (Франция) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2006. – Т. 309. – №. 3. – С. 76-80.

РТУТЬ В УЛИЧНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА

Беспалова А.И.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Развитие промышленности в настоящее время значительно влияет на экологическую обстановку городов [3]. Уличная пыль, представляя собой твердые частицы, имеющие сложный химический и вещественный состав и оседающие из атмосферного воздуха, является актуальным компонентом окружающей среды для оценки геоэкологического состояния городов в летнее время года [3]. Исследования уличной пыли в России менее распространены, чем в зарубежных городах, а также направлены на элементный анализ.

Ртуть – токсичный загрязнитель окружающей среды, по степени воздействия на организм человека относится к 1-му классу опасности [5]. Данный элемент обладает высокой степенью биоаккумуляции, в окружающую среду поступает через естественные и антропогенные источники. В организм человека может попасть путем вдыхания мелкодисперсной уличной пыли, содержащей комплекс химических элементов [1].

Томск является многопрофильным промышленным городом, в состав инфраструктуры которого входят предприятия топливно-энергетического комплекса, нефтехимическая отрасль, машиностроение и др.

Целью работы является изучение пространственного распределения ртути в уличной пыли на территории г. Томска.

Отбор и подготовка проб уличной пыли осуществлялась автором согласно литературным публикациям [3]. Пункты отбора проб располагались с использованием площадной системы наблюдений (масштаб 1:100000) с учетом ранее проведенных снего-и литогеохимических съёмок на территории города [7]. В процессе отбора площадная сеть стучалась в районах расположения промышленных предприятий. Общее количество отобранных и обработанных проб уличной пыли составило 45.

Анализ проб автором выполнен в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» на базе отделения геологии (ОГ) ТПУ. Определение содержания ртути в пробах происходило методом атомно-абсорбционной спектроскопии на ртутном анализаторе «РА-915+» с пиролизной приставкой «ПИРО-915+» (при консультации к.х.н., доцента ОГ ТПУ Осиповой Н.А.). Изучение минерально-вещественного состава осуществлялось с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике (патент № 2229737) сотрудников каф. ГЭГХ (в н.в. отделение геологии) [9], рентгеновского дифрактометра (Bruker Phaser D2, консультант: к.г.-м.н., доцент ОГ ТПУ Соктоев Б.Р.) и сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N с ЭДС приставкой Bruker XFlash 4010 (консультант: к.г.-м.н., старший преподаватель ОГ ТПУ Ильенко С.С.).

Для оценки степени обогащения уличной пыли ртутью рассчитывали коэффициенты обогащения (K_e) относительно кларка земной коры [3]: $K_e = (C_{Hg}/C_{Sc})_{\text{проба}} / (C_{Hg}/C_{Sc})_{\text{земн.кора}}$, где C_{Hg} и C_{Sc} – содержание ртути и скандия как реперного элемента соответственно в пробе или в земной коре (кларк земной коры для Hg – 0,065 мг/кг, Sc – 15 мг/кг по Н.А. Григорьеву). Также производился расчет K_e относительно среднего содержания ртути (0,4 мг/кг) в почвогрунтах города [4], т.к. в летнее время они формируют состав уличной пыли. Значения K_e более 1 указывают на антропогенные источники поступления химических элементов, а K_e менее 1 – на литогенную природу элементов.

Определено, что пробы уличной пыли на территории г. Томска в основном мало обогащены ртутью согласно $K_e (<1)$, относительно кларка земной коры, но в 8 раз больше обогащены относительно состава почвогрунтов. Однако наблюдаются локальные точки обогащения ртутью (K_e от 1,9 до 42,5 ед.), что объясняется антропогенным поступлением элемента в окружающую среду. Относительно почвогрунтов обогащение ртути намного уменьшается, некоторые локальные точки с высоким обогащением сохраняются (K_e 3,8 и 5,2 ед.). Одними из источников поступления ртути в окружающую среду являются сжигания природного газа и угля [5].

Изучение пространственного распределения ртути на территории позволило выделить геохимические ореолы ртути с концентрациями от 30 до 151,8 нг/г в южной части города (в Кировском районе), где обогащение ртутью относительно кларка земной коры достигает 3,5 раза, а также в центральной части города, в районе расположения ГРЭС-2 (Советский район) и в северо-восточной части (Октябрьский район) города. Наиболее контрастный ореол ртути, в котором концентрация ртути 30–90 нг/г наблюдается в Советском районе, приуроченный к району расположения старого золотвала. Контрастные ореолы ртути в почвогрунтах города также ранее были обнаружены в этом районе [5].

Сопоставление содержания ртути в пробах г. Томска с другими природными средами города показало уменьшение накопления ртути в уличной пыли, например, по сравнению с почвогрунтами в 3,3 раза, а с твердым осадком снежного покрова в 6,3 раза (таблица). В то же время сравнение полученных результатов с содержанием ртути в уличной пыли в других российских и зарубежных городах показывает относительно невысокое содержание ртути в уличной пыли г. Томска. Например, концентрация ртути в уличной пыли г. Томска в 5,8 раз меньше, чем в пыли г. Москва (160 нг/г) [2], в 7,6 раз меньше чем в г. Чжучжоу, Китай (210 нг/г) [2].

При анализе минерально-вещественного состава уличной пыли обнаружены природные (42 %) и техногенные частицы (58 %). К природным частицам отнесены частицы полевых шпатов, кварца, карбонатов, слюды и др. [7]. Из техногенных частиц обнаружены микросферы алюмосиликатного состава, металлические микросферы, угольные частицы, сажа, шлак, кирпичная крошка, синтетические волокна. Отличительной особенностью состава уличной пыли являются такие техногенные частицы, как частицы асфальта, шин и стекла.

Таблица

Среднее содержание ртути в уличной пыли и природных средах на территории г. Томска

Природная среда/ автор	Уличная пыль (данные автора)	Почвогрунты [4]	Атмосферный воздух [2]	Твердый осадок снегового покрова [5]	Листья тополя [6]
Содержание Hg, нг/г	27,6 ± 3,4	91,3	200–800 (нг/м³)	173 ± 10	<25

Сравнение пространственного распределения ртути с распределением техногенных частиц в уличной пыли г. Томска позволило определить общие черты (рис.). Выявленные ореолы приурочены к районам расположения предприятий теплоэнергетики, стройиндустрии и частного сектора. В обнаруженных ореолах обнаружены продукты сжигания топлива (33 %), частицы строительных материалов (8 %), Al-Si микросферы (8 %), шлаковые частицы (10 %).

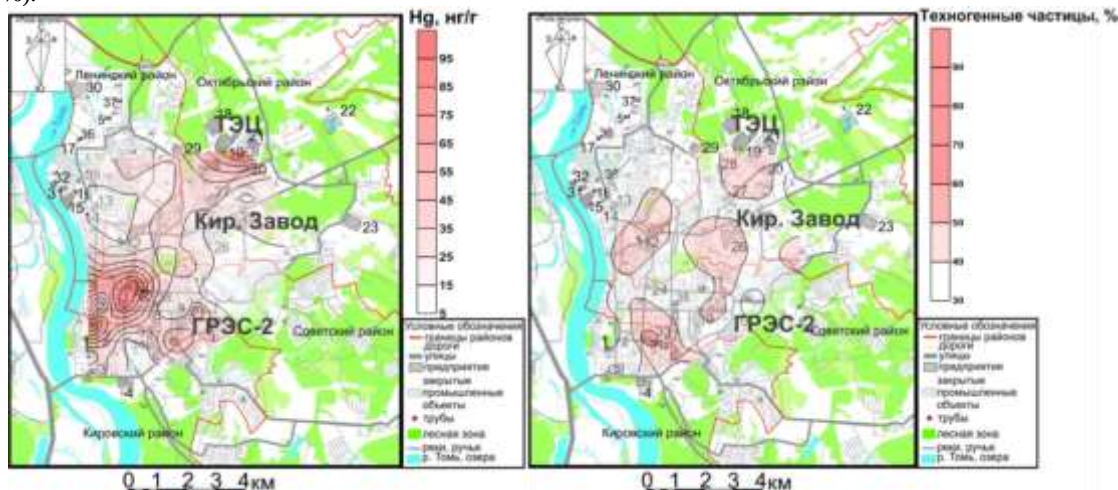


Рис. Карты-схемы пространственного распределения ртути (слева) и техногенных частиц (справа) в уличной пыли на территории г. Томска

Изучение методом сканирующей электронной микроскопии показало в пробах уличной пыли наличие тяжелых металлов (оксиды железа, свинца, вольфрама и др.), лантан-цериевые частицы, размер которых составил от 1 до 5 мкм. Однако микрочастиц, содержащих ртуть, обнаружено не было.

Таким образом, изучение уличной пыли г. Томска позволило обнаружить геохимические ореолы ртути, антропогенные источники поступления элемента в окружающую среду на основе изучения состава уличной пыли в летний период года.

Литература

1. Joint W. H. O. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. – World Health Organization. Regional Office for Europe, 2007. – 130 p.
2. Yang Z. et al. Assessment of Heavy Metals Contamination in Near-Surface Dust // Polish Journal of Environmental Studies. – 2015. – Т. 24. – №. 4.
3. Касимов Н. С. и др. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. – 2016.
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. Рихванов Л. П., Осипова Н. А., Петрова Л. А. Ртуть в почвах Томского региона // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. – 2010. – С. 200-202.
6. Таловская А. В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей: дис. – 2008.
7. Таловская А. В. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова): дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Таловская Анна Валерьевна. –Томск, 2022. – 373 с.
8. Юсупов Д. В. и др. Ртуть в листьях тополя на урбанизированных территориях Юга Сибири и Дальнего Востока // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – №. 12. – С. 56-62.
9. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Таловская А. В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами. – 2004.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОРГАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПОЧВ

Волкова Н.А.

Научный руководитель профессор Серебренникова О.В.

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия

Одним из компонентов загрязняющих веществ являются нефтяные углеводороды, которые поступают в объекты окружающей среды как при ежедневной работе предприятий нефтяной промышленности, так и при аварийных ситуациях. Последствия носят различный характер, влияя на все экосистемы [1]. Большому воздействию подвержены водные объекты, которые располагаются на территории объектов нефтяной промышленности. Попадая в водную среду, нефтяные органические вещества частично остаются в толще воды и сорбируются в донных отложениях. Донные отложения являются достаточно информативным объектом исследования, по которому возможно оценить уровень загрязнения водных объектов [3].

На территории Красноярского края произошел разлив дизельного топлива из разгерметизированного резервуара, в результате которого пострадали водные объекты и береговая часть почв. Были проведены работы по устранению последствий, организованы экспедиционные работы. Целью данной работы является оценка влияния разлива дизельного топлива на органический состав объектов окружающей среды.

Донные отложения и поверхностный слой почв береговой зоны были отобраны по мере удаленности от места разлива и проанализированы с помощью метода хромато-масс-спектрометрии на приборе DFS фирмы «Thermo Scientific» (Германия). Полученные результаты показали большой диапазон концентрации всех идентифицированных соединений. В почвенных образцах содержание углеводородов варьирует в диапазоне от 0,39 до 24,9 мкг/г, в донных отложениях от 0,14 до 10,5 мкг/г, которое представлено на рис. 1. Максимальная концентрация зафиксирована в 20 км от разлива дизельного топлива в районе временного водотока у края поймы основного русла реки (образцы 5ДО и 5П).

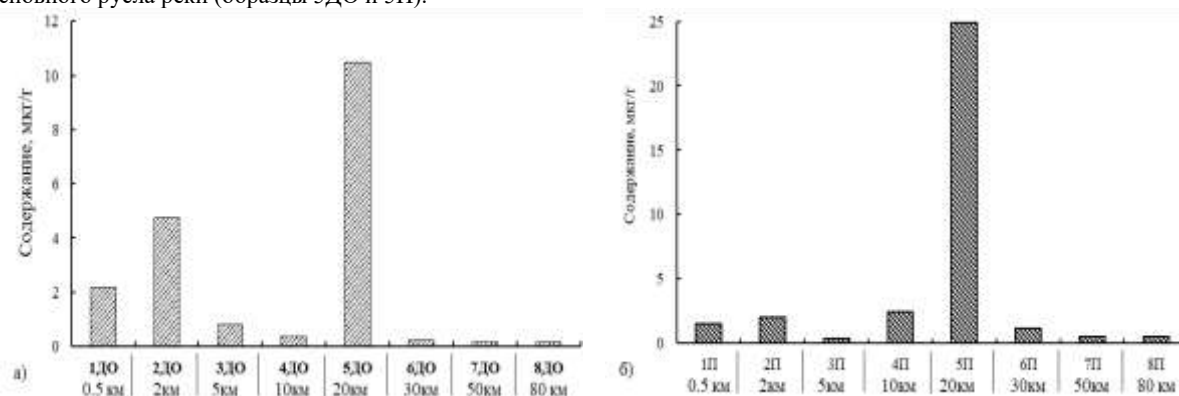


Рис. 1. Суммарное содержание идентифицированных соединений в образцах:
а) в донных отложениях б) в почве

Алкилбензолы и триметилалкилбензолы C13-C16, C18-C21 с длинным алкильным заместителем изопреноидного строения, редко встречающиеся в дизельном топливе; н-алканы C11-C33; нафталин, фенантрен и их метилзамещенные соединения; сесквитерпаны C15 (дриманы) и C16 (гомодриманы) с преобладанием гомодриманов; полициклические нафты, включающие стераны C27-C29 и гопаны C27, C29-C33 является характерными особенностями состава исходного дизельного топлива, по которым возможно оценить степень антропогенной нагрузки на природные объекты.

На долю н-алканов в образцах в среднем приходится 50 % от всех идентифицируемых соединений. Из распределения н-алканов выявлено, что в образцах, отобранных от 0,5 до 20 км от разлива, присутствуют следы дизельного топлива, о котором можно судить по доминированию гомологов C13-C17, на более удаленном расстоянии от разлива преобладают нечетные н-алканы ряда C23-C33, характерные для растительности [4]. Рассчитанный индекс CPI, характеризующий степень преобразования органического вещества, согласуется с распределением н-алканов.

Основными маркерными соединениями разлившегося дизельного топлива являются арилизопреноиды- триметилалкилбензолы. Данные соединения состава C13-C21 были идентифицированы практически во всех исследованных образцах, распределение представлено на рис. 2. Высокое содержание выявлено у края поймы реки (образцы 5ДО и 5П), которое составляет 3,83 и 1,67 мкг/г, соответственно. На расстоянии от 30 до 80 км от разлива наблюдается низкая концентрация данных соединений в 6П (0,03 мкг/г) и 8ДО (0,0003 мкг/г), в остальных образцах этой области триметилалкилбензолы не выявлены.

Суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов в донных образцах варьируется от 0,02 до 0,68 мкг/г, в почве от 0,02 до 1,86 мкг/г. В составе полициклических ароматических углеводородов доминирует нафталины, несколько меньше фенантрены, которые указывают на нефтяной генезис [2]. В отличие от дизельного топлива, в составе донных отложений и почв были идентифицированы в меньшем количестве антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, бенз(а)пирен, которые в основном образуются при пиролизических процессах.

Высокое содержание зафиксировано в образцах, отобранных в 20 км от разлива (5ДО и 5П), в месте временного водотока у поймы реки.

Содержание стеранов в почве выше в 1,5–2,5 раза, чем гопанов. В среднем в почве содержится 0,06 мкг/г стеранов и 0,04 мкг/г гопанов, при этом в донных отложениях 0,03 мкг/г стеранов и 0,02 мкг/г гопанов. Высокая концентрация выявлена в почвах в 0,5–2 км от разлива, возможно, это связано с особенностями состава почв, а также с просачиванием части дизельного топлива и аккумуляции тяжелой составляющей в почве. При этом в донных отложениях высокое содержание стеранов и гопанов сконцентрировано 20 км от разлива, что возможно связано с гидрологическими особенностями местности.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что в результате техногенной аварии компоненты дизельного топлива распространились и сконцентрировались на расстоянии в 20 км от разлива, на более удаленном расстоянии значительного загрязнения не было выявлено.

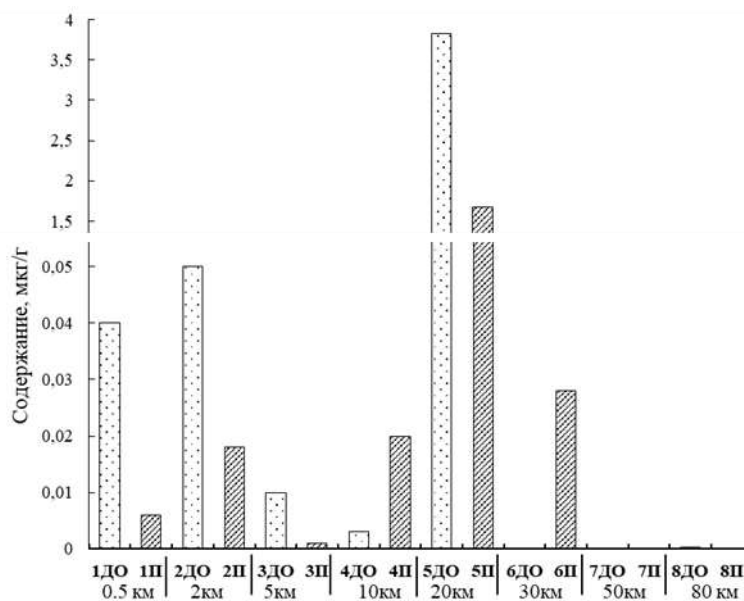


Рис. 2. Распределение триметилалкилбензолов в донных отложениях и почве

Работа выполнена по программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук ИХН СО РАН (НИОКТР 121031500046-7)

Литература

1. Булаткина Е. Г., Андрианов В. А., Гулеватая О. А. Нефтяные углеводороды в снежном покрове ландшафтов низовий Волги // Геология, география и глобальная энергия. – 2013. – №. 1. – С. 137-145.
2. Глязнецова Ю. С., Немировская И. А., Флинт М. В. Изучение последствий аварийного разлива дизельного топлива в Норильске // ДАН. – 2021. – Т. 501. – №. 1. – С. 113-118.
3. Русских И. В. и др. Идентификация загрязняющих компонентов в реке Оби в районах нефтедобычи // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2020. – Т. 13. – №. 2. – С. 157-166.
4. Peters K. E., Moldowan J. M., Walters C. C. The Biomarker Guide by KE Peters, CC Walters and JM Moldowan. – Cambridge University Press, 2005.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА

Гончаров Г.А.

Научный руководитель доцент Соктоев Б.Р.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Урбанизированная территория является классическим примером сильного техногенного воздействия, проявляющегося в том числе в высоких уровнях загрязнения окружающей среды [9]. Данное явление обусловлено воздействием ряда факторов, таких как: высокая концентрация промышленных объектов, быстрый прирост численности населения и автотранспортных средств, недостаточно высокий уровень реализации энергосберегающих и малоотходных технологий и другие социально-экологические факторы. Совокупное воздействие этих факторов отражается не только на качестве окружающей среды, но и на здоровье граждан, проживающих в городской местности [3].

Геохимические исследования позволяют оценить состояние почвенного покрова на территории городов, поскольку почвы являются хорошей индикаторной средой из-за депонирующих свойств: почвенный покров способен

накапливать в себе загрязняющие вещества в течение долгого времени, однако при долгом негативном воздействии он теряет способность к самоочищению.

На территории города Уфа, столице Республики Башкортостан, сконцентрированы более 960 предприятий различных отраслей промышленности, ведущими из них являются химическая, моторостроительная, фармацевтическая, нефтехимическая. Большинство промышленных объектов города находятся в его северной части, где расположены крупнейшие нефтеперерабатывающие заводы и Уфимское моторостроительное производственное объединение (УМПО). Мощность переработки нефтепромышленного комплекса составляет более 23 млн тонн нефти в год. Более половины выбросов всех стационарных источников в городе приходится на данные предприятия.

Цель работы – оценить влияние промышленных предприятий города на элементный состав почвенного покрова и определение индикаторных показателей.

Отбор проб почвенного покрова на территории города проводился в августе 2021 и 2022 гг. Опробование проходило вблизи промышленных предприятий и жилых районов по равномерной площадной сети, шаг взятия проб составлял 2,5х2,5 км. Всего отобрано 104 пробы почвенного покрова. Содержание 28 химических элементов было определено с использованием метода инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» им. Л.П. Рихванова на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ (аналитики – А.Ф. Судыко, Л.Ф. Богутская). Геохимическая специализация почвенного покрова выявлена на основе коэффициента концентрации, который рассчитывался по формуле: $K_c = C/C_f$, где C – содержание элемента в пробе, C_f – фоновое содержание элемента, в качестве фонового показателя взяты усредненные данные для урбанизированных территорий по всему миру [1]. Далее на основе коэффициентов концентрации были построены геохимические ряды накопления химических элементов в целом для всего города и для зон влияния промышленных предприятий.

Результаты показывают, что в почвенном покрове на территории Уфы все изучаемые химические элементы аккумулируются с разной степенью. Ведущую позицию во всех геохимических рядах занимает Cr, являющийся элементом 1 класса опасности и обладающий канцерогенными свойствами. Значение коэффициента вариации (43 %) и особенности пространственного распределения (рис.) указывают на отсутствие приоритетного источника его поступления в окружающую среду.

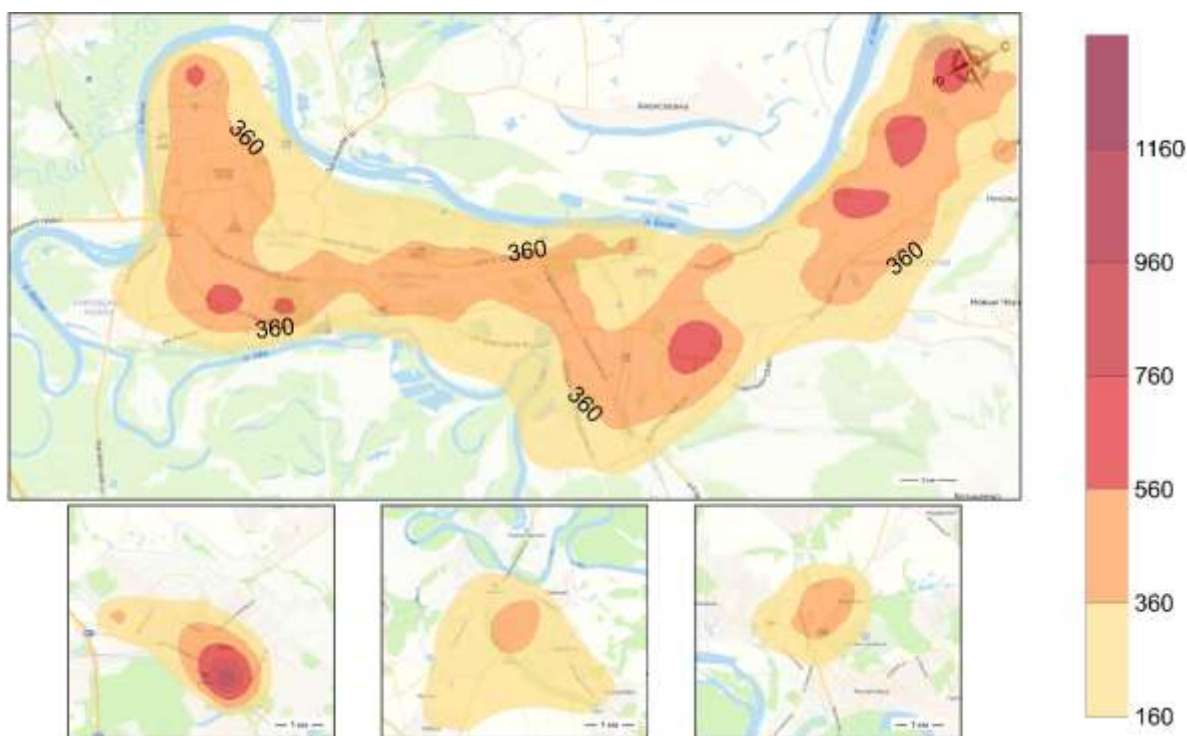


Рис. Карта-схема пространственного распределения Cr в почвенном покрове на территории г. Уфа, мг/кг

Вероятными источниками его поступления в окружающую среду могут являться выбросы стационарных источников, в технологическом процессе которых задействован Cr [6], а также автомобильный транспорт [7]. Среднее содержание Cr в почвах оценивается в 59,5 мг/кг [8], ПДК для хрома в валовой форме в России не установлена, однако в США этот показатель оценивается в 200 мг/кг и в нашем исследовании он превышен в 100 из 104 проб, отобранных на территории города.

Анализ геохимических рядов накопления химических элементов (таблица) позволяет сделать следующий вывод: для каждого района города можно выделить предприятие, которое является основным источником выбросов загрязняющих веществ.

Таблица

Геохимические ряды накопления химических элементов в почвенном покрове промышленных районов г. Уфа

Район	Геохимический ряд
Город Уфа (общее)	Cr _{5,7} -Zn _{1,5} -Co _{1,5} -Sb _{1,3} -Tb _{1,0}
Нефтехимический комплекс	Cr _{5,6} -Zn _{1,5} -Co _{1,4} -Sb _{1,2} - As_{1,0}
Уфимское моторостроительное производственное объединение	Cr _{5,6} -Sb _{1,8} -Zn _{1,6} -Co _{1,4}
Затонская ТЭЦ	Cr _{5,5} -Zn _{1,5} -Co _{1,4} -Sb _{1,1} - Br_{1,0}-Sc_{1,0}
ООО «Кроношпан Башкортостан»	Cr _{4,4} -Co _{1,8} - Tb_{1,7} -Zn _{1,5} - Nd_{1,3}-Sm_{1,3}-Lu_{1,2}-Rb_{1,1}-Hf_{1,1}-La_{1,1}-Ce_{1,1}-Yb_{1,1}-Sc_{1,1} -Sb _{1,1} - Br_{1,0}
Южная часть города (селитебная территория)	Cr _{6,0} -Zn _{1,5} -Co _{1,4} -Sb _{1,3} -Tb _{1,2} - As_{1,2}

Примечание: жирным курсивом выделены специфические элементы для каждого района города

Геохимическая специализация на Cr, Sb, Zn, Co выявлена на западной окраине Калининского района, вокруг цехов УМПО. Для всей территории Орджоникидзевского района и южной части города в почвенном покрове характерны повышенные концентрации мышьяка. Источником его поступления в основном служит сжигание твердого топлива [2]. Литературные данные показывают, что мышьяк является индикаторным химическим элементом для нефтехимической отрасли [8]. Для района расположения Затонской ТЭЦ – крупнейшей ТЭЦ города – характерно повышенное накопление Sc и Br. Специфичный спектр химических элементов (Rb, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf) выявлен на территории микрорайона Шакша, где ведёт свою деятельность ООО «Кроношпан Башкортостан».

Таким образом, в почвенном покрове на территории г. Уфа накапливаются химические элементы, характерные для выбросов предприятий, расположенных в непосредственной близости от мест сбора проб. Геохимические ряды, составленные для некоторых районов города, указывают на накопление ряда химических элементов, которые ранее не отмечались в составе выбросов от изучаемых промышленных объектов. Выявленные особенности требуют более тщательного изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010).

Литература

1. Kabata-Pandias A., Kabata-Pandias A., Pandias H. Trace elements in soils and plants. – CRC Press, Incorporated, 1984. №. S1. – С. 110-117.
2. Бухгалтер Э. Б. и др. Распределение продукта сгорания минерального топлива-мышьяка в окружающей среде // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2009. – №. 4. – С. 20-23.
3. Григорьев А. И. и др. Здоровье населения России. Влияние окружающей среды в условиях изменяющегося климата. – 2014.
4. Интерфакс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/325190/>.
5. Котова Д. А., Мансурова Г. Р., Калашник Н. А. Биоиндикация загрязнения почвы в районе предприятия «кроношпан Башкортостан» // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2020. –
6. Лазарева М. С., Яубасарова И. Я., Иванова О. В. Основные источники загрязнения экологической среды города Уфа и их влияния на человека // Nauka-rastudent. ru. – 2016. – №. 1. – С. 12-12.
7. Нигматзянова А. А., Целищев Д. В. Загруженность транспортной сети города Уфы // Мавлютовские чтения: материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: РИК УГАТУ, 2020. – С. 257-259. Нигматзянова А. А., Целищев Д. В. Загруженность транспортной сети города Уфы // Мавлютовские чтения. – 2020. – С. 52-52.
8. Рахматуллина Л. Р. и др. Опыт реализации эколого-гигиенической оценки риска здоровью населения на отдельных территориях Республики Башкортостан, полученных в ходе реализации Федерального проекта «Чистая вода» // Медицина труда и экология человека. – 2022. – №. 3. – С. 160-163.
9. Щербина Е., Власов Д., Данилина Н. Устойчивое развитие поселений и урбанизированных территорий. – Litres, 2022.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД

Дуплищева А.В.¹, Горячев А.А.²Научный руководитель доцент Кнауб Р.В.¹¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия²Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Загрязнение атмосферного воздуха минеральными пылевыми частицами является актуальной проблемой, приводящей к нарушению функционирования экологических систем и ухудшению здоровья населения [4]. Частицы $PM_{2.5}$ и PM_{10} воздействуют на дыхательную систему, вызывая или обостряя респираторные заболевания. Значение ПДК_{м.р.} для частиц пыли $PM_{2.5}$ составляет 0,16 мг/м³, PM_{10} – 0,3 мг/м³. Повышенное внимание состоянию атмосферного воздуха должно уделяться в горнопромышленных районах, где в процессе добычи и обогащения полезных ископаемых происходит серьезное увеличение техногенной нагрузки. В частности, пыление хвостовых отвалов отходов обогащения руд оказывает негативное влияние на воздушный и водный бассейны, почвы, экосистемы прилегающих территорий и здоровье населения, проживающего в непосредственной близости. Особенно негативно такое воздействие проявляется в климатических условиях Крайнего Севера, так как арктические экосистемы чувствительны к внешним воздействиям и зачастую необратимо деградируют [3]. Суммарная площадь хранилищ хвостов обогащения только предприятий Мурманской области составляет свыше 6 тыс. га [1]. В сложившихся условиях комплексное исследование свойств поверхностного слоя хвостохранилищ и динамики концентрации пыли в приземном слое атмосферного воздуха является актуальной задачей и должно стать начальным этапом в разработке способов минимизации техногенного воздействия на качество воздуха.

Целью данной работы было исследование инженерно-геологических свойств хвостов поверхностного слоя хвостохранилища апатит-нефелиновых руд, определение химического состава хвостов фракции < 0,05 мм, а также определение пылевой нагрузки на приземный слой атмосферного воздуха г. Апатиты.

Объектом исследования являлись хвосты обогащения руд текущего производства апатит-нефелиновой обогатительной фабрики. Хвостохранилище расположено в южно-центральной части Кольского полуострова, на Прихлебной равнине, в долине реки Жемчужная. Общая площадь хвостохранилища составляет 1157,5 га. Отбор проб поверхностного слоя хвостохранилища осуществляли методом режущего кольца объемом 815,1 см³ на глубину 15 см. Данный метод применяется для легко поддающихся вырезке связных грунтов, а также сыпучих грунтов. Общее количество проб составило 24. В соответствии с [2] определены показатели плотности в естественном залегании, влажности и гранулометрического состава хвостов (грунта). Плотность грунта определяли как отношение массы образца грунта к внутреннему объему пробоотборника. Влажность грунта определяли с использованием сушильного шкафа ШС-80-01 СПУ («Смоленское СКТБ СПУ», Россия). Гранулометрический состав определяли на ситовом ударном анализаторе АС-200У (АО НПК «Механобр-техника», Россия) с использованием сит размером 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм, 0,1 мм, 0,05 мм и поддона. Определение химического состава пылевой фракции поверхностного слоя хвостов производилось на базе Томского регионального центра коллективного пользования (ТРЦКП). Измерение концентрации пыли в атмосферном воздухе проводилось с помощью прибора для экологического контроля СЕМ DT-9881 (Shenzhen Everbest Machinery Industry Co., Ltd, Китай) в черте города Апатиты. Измерения проводили для частиц $PM_{2.5}$, PM_{10} с 10:00 до 16:00 с периодичностью 1 час в дни без осадков в летний период 2022 года. Визуализация состояния атмосферного воздуха выполнена с помощью изображений, полученных с использованием беспилотного летательного аппарата DJI Mavic 2 Enterprise Dual (SZ DJI Technology Co., Ltd, Китай).

Результаты гранулометрического анализа показали, что в поверхностном слое опробованного хвостохранилища апатит-нефелиновой обогатительной фабрики преобладает фракция -0,25 + 0,1 мм. Среднее содержание частиц данного размера составило 42,8 масс. %. Значительная доля приходится на частицы размером от 0,25 до 0,5 мм. В значительном количестве проб содержание частиц крупностью < 0,05 мм превышает 10 масс. %, что указывает на вероятность возникновения пыления при неблагоприятных погодных условиях. Хвосты поверхностного слоя по литологической классификации могут быть отнесены к мелко- и среднезернистым пескам.

Максимальное значение плотности хвостов в естественном залегании отмечено в двух точках и равняется 1,89 г/см³. Минимальный показатель плотности равнялся 1,57 г/см³. Среднее значение плотности частиц грунта составило 2,55 г/см³. Среднее значение влажности среди отобранных проб составило 7,01 %, максимальное значение равнялось 11,19 %, минимум – 4,31 %. Значительные различия во влажности поверхностного слоя связаны с рельефом и заставанием влаги в некоторых участках. Поэтому потенциально пылящие участки возникают, в первую очередь, на возвышенных частях хвостохранилища. Для высыхания таких участков достаточно нескольких часов после прекращения выпадения осадков, после чего они становятся подвержены интенсивной ветровой эрозии и становятся источником подъема пылевых частиц в воздух.

Пылевая фракция хвостов содержит следующие основные минералы – нефелин $Na[AlSi_3O_8]$, титанит $CaTi[SiO_3]$, натролит $Na_2[Al_2Si_2O_7] \cdot 2H_2O$, содалит $Na_4Si_3Al_3O_{12}Cl$. Усредненный химический состав хвостов фракции <0,05 мм (%): SiO_2 – 43,09; Al_2O_3 – 19,42; Fe_2O_3 – 9,59; MnO – 0,20; MgO – 1,17; CaO – 4,95; Na_2O – 9,15; K_2O – 5,40; TiO_2 – 3,93; P_2O_5 – 1,52; S – 0,05; ППП – 1,01.

Результаты минерального и химического анализов указывают на необходимость оценки хвостохранилища как вторичного источника ценных компонентов. Внедрение новых технологических систем позволит рассматривать хвостохранилище в качестве техногенного месторождения после завершения его эксплуатации.

В ходе измерения концентрации частиц пыли $PM_{2.5}$ и PM_{10} было зафиксировано несколько случаев превышения значения ПДК_{м.р.}. Отмечено, что концентрация пыли в воздухе увеличивается во второй половине дня. Из шести случаев превышения ПДК_{м.р.} четыре зафиксированы в июне и два – в июле. При этом превышение ПДК_{м.р.} для частиц пыли $PM_{2.5}$ за исследованный период происходило два раза, концентрация частиц PM_{10} превышала ПДК_{м.р.}

шесть раз. Повышенные концентрации пылевых частиц в атмосферном воздухе напрямую связаны с пылением хвостохранилища апатит-нефелиновой обогатительной фабрики, которое возникало при температуре воздуха выше +20 °С. Это подтверждается изображениями, представленными на рисунке, на снимках проявляется шлейф взвешенных пылевых частиц, образующийся над поверхностью хвостов и достигающий черты г. Апатиты.



Рис. Изображения состояния атмосферного воздуха города Апатиты в момент повышения концентрации пылевых частиц (составлено авторами)

При высыхании поверхности хвостохранилища в летний период и неблагоприятных погодных условиях под воздействием ветровой эрозии велика вероятность пыления поверхностного слоя хвостов, в особенности – фракции размером $<0,05$ мм. Отмечено несколько случаев пыления в летний период и повышение концентрации частиц пыли $PM_{2,5}$ и PM_{10} в черте города Апатиты. Единовременное превышение концентрации пылевых частиц во многом связано с пылением поверхности пляжа хвостохранилища, что подтверждается изображениями, полученными с помощью БПЛА. Пыление пляжной зоны хвостохранилища возможно только на тех ее участках, на которых не производится намыва хвостов и не проведена рекультивация. На участках активного намыва пляжная зона находится в сильно увлажненном состоянии, что исключает возможность пылеобразования с этой поверхности. В настоящее время предприятием ведутся активные поиски эффективного способа закрепления поверхности хвостов. Учитывая неравномерность инженерно-геологических свойств поверхностного слоя, в особенности – плотности и влажности, целесообразно разрабатывать подходы, позволяющие прогнозировать потенциально пылящие участки. Требуется оценка суммарного эффекта воздействия всех источников загрязнения атмосферы, совершенствование методов закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ, а также оптимизация технологических процессов, позволяющая сокращать выбросы промышленной и технической инфраструктуры в черте города. Работы, направленные на определение реальных источников и их доли в загрязнении атмосферного воздуха города Апатиты, а также поиск способов предотвращения пылеобразования на поверхности хвостохранилищ, будут продолжены.

Литература

1. Nevskaya M. A. et al. Environmental and business challenges presented by mining and mineral processing waste in the Russian Federation //Minerals. – 2019. – Т. 9. – №. 7. – С. 445.
1. ГОСТ 5180 – 84. Издание. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Стандартинформ, 2005. – 19 с.
2. Макаров Д. В., Кони́на О. Т., Горячев А. А. Методы снижения пыления отвалов горнопромышленных отходов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2021. – №. 4. – С. 160-170.
3. Янин Е. П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка) // М.: ИМГРЭ. – 2003. – Т. 82.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В ОЧИСТКЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД Евстигнеева И.Н.

Научный руководитель доцент Петрова Т.А.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Загрязнение водных объектов остается главной проблемой в области защиты окружающей среды. В России в 2021 году общий водозабор из природных источников составил 64,3 млрд. м³. Около 35,5 млрд. м³ сточных вод было сброшено в природные поверхностные воды [4]. Из этого объема на долю загрязненных стоков пришлось 32,6 % всех сбрасываемых сточных вод.

Значительная часть водопотребления приходится на обрабатывающую промышленность, основными отраслями которой являются машиностроение, металлообработка, черная и цветная металлургия. В 2021 году на долю обрабатывающих производств пришлось 4,0 млрд. м³ потребляемой пресной воды. При этом объем сбрасываемых сточных вод составил 2,6 млрд. м³ [4].

Среди всех обрабатывающих производств, особую опасность для окружающей среды представляет гальваническое производство. Каждый год в поверхностные водные объекты сбрасывается до 1 млн. м³ токсичных вод гальванического производства, которые в среднем содержат 50 тыс. т загрязняющих веществ. Их основу составляют тяжелые металлы [3].

В настоящий момент разработано множество методик, позволяющих очистить гальванические сточные воды, в частности, от ионов тяжелых металлов. Одним из таких способов является метод химической обработки. Чаще всего на гальванических производствах в качестве основного реагента используются гидроксиды кальция и натрия. Закупка реагентов увеличивает расходы предприятия на очистку сточных вод и приводит к истощению природных ресурсов.

Указанную проблему можно решить путем использования отходов производства. На данный момент существуют исследования, показывающие высокую эффективность сталеплави́льных шлаков в качестве реагента для удаления ионов тяжелых металлов. В частности, была выявлена высокая степень осаждения ионов меди, никеля, железа и цинка при использовании шлака Оскольского электрометаллургического комбината [2, 5]. Другие исследования показали высокую эффективность очистки от катионов металлов с применением шлака Новолипецкого металлургического комбината [6]. Похожее исследование было проведено и с использованием шлака Узбекского металлургического завода [1]. Таким образом, данная технология имеет огромный практический потенциал и требует дальнейшего изучения.

В рамках приведенного исследования в качестве основного реагента был выбран сталеплави́льный шлак Новолипецкого металлургического комбината фракции 0-5 мм.

В ходе первого эксперимента к 150 мл неочищенных сточных вод добавлялось разное количество шлака. Полученные растворы перемешивались в течение 15 мин и, далее, фильтровались. Полученные результаты (табл. 1, рис. 1.) показали высокую степень очистки при pH 9,12-9,86 ед.

В рамках второго эксперимента предлагалось рассмотреть зависимость эффективности очистки сточных вод от времени их взаимодействия со шлаком. Для эксперимента были использованы сильноокислые сточные воды ванн цинкования и кадмирования в соотношении 1:1. К 150 мл сточных вод добавлялся шлак одинаковой навески. Каждый новый раствор перемешивался дольше предыдущего. Результаты эксперимента (табл. 2, рис. 2.) показали незначительное колебание уровня pH с увеличением времени взаимодействия. Оптимальный для осаждения тяжелых металлов уровень pH достигается в первые 5 мин перемешивания.

Таблица 1

Зависимость состава сточных вод от количества добавляемого шлака

№	m _{шлака} , Г	pH	C, мг/л							
			Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
0	0,0	6,4	3,0000	0,8000	1,2000	0,2100	10,000	0,3900	0,2600	6,4000
1	0,15	7,8	0,0319	1,5300	0,0012	0,0307	0,0119	0,8840	0,1060	24,700
2	0,30	9,12	0,0268	0,1280	0,0037	0,0384	0,0322	0,1090	0,0597	0,0289
3	0,45	9,51	0,0350	0,1130	0,0037	0,0473	0,0431	0,0655	0,0573	0,0630
4	0,60	9,79	0,0586	0,0668	0,0051	0,0272	0,0523	0,0340	0,0455	0,0754
5	0,75	9,86	0,0218	0,0176	0,0060	0,0287	0,0433	0,0150	0,0446	0,1150
Допустимая концентрация, мг/л			0,5	0,05	0,2	0,04	1,1	0,1	0,08	0,1

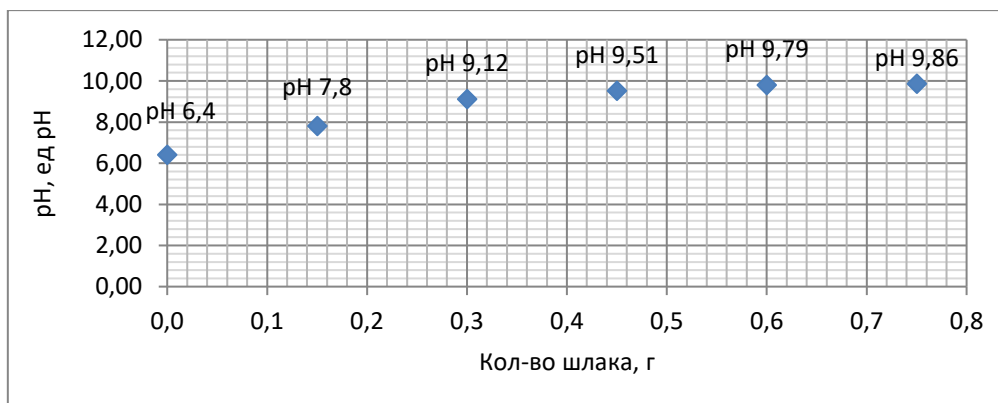


Рис. 1. Зависимость pH сточных вод от количества добавляемого шлака

Таблица 2

Зависимость состава сточных вод от времени взаимодействия

№	m _{шлака} , г	Время, мин	рН	С, мг/л							
				Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
0	0	0	1,68	1,130	110,5	13,55	0,290	61,80	0,680	0,090	336,0
1	3,75	5	9,71	0,082	0,59	0,013	0,030	0,076	0,050	0,019	0,28
2		20	9,61	0,009	0,75	0,015	0,016	0,051	0,064	0,021	0,25
3		40	10,44	0,158	0,14	0,018	0,018	0,022	0,0033	0,0079	0,26
4		60	9,57	0,032	0,77	0,017	0,027	0,051	0,032	0,014	0,41
Допустимая концентрация, мг/л				0,5	0,05	0,2	0,04	1,1	0,1	0,08	0,1

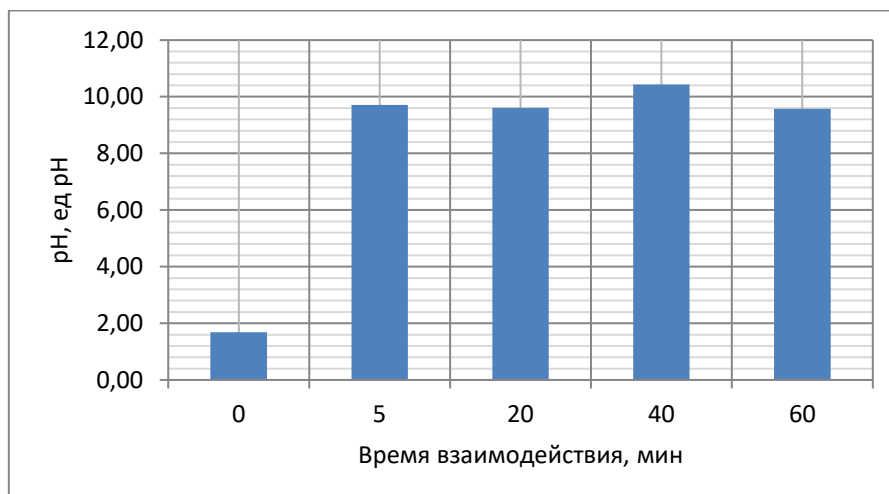


Рис. 2. Зависимость pH от времени взаимодействия

Необходимое количество реагента будет варьироваться в зависимости от изначального химического состава сточных вод. Для достижения наилучшей эффективности очистки необходимо повысить уровень pH до 9-10 ед., непрерывно перемешивая раствор в течение 5 мин. Таким образом, исходя из результатов проведенных экспериментов, можно прийти к выводу, что сталеплавильный шлак может применяться в качестве реагента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Литература

1. Ибрагимов Ш. Т., Нуруллаев Ш. П., Алихонова З. С. Очистка из промышленных сточных вод ионов тяжелых металлов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Ni^{2+} методом адсорбции // Наука, техника и образование. – 2022. – №. 4 (87). – С. 11-14.
2. Кирюшина Н.Ю. Очистка сточных вод гальванических производств от ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} электросталеплавильным шлаком: дис. ... канд. тех. наук: 03.02.08 / Кирюшина Наталья Юрьевна. – Белгород, 2011. – 135 с.
3. Кузнецова Е. Ю., Акулова А. К., Мотовилов А. В. Проблемы и решения переработки и утилизации сточных вод гальванических производств // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – №. 3-4 (24). – С. 109-112.
4. Рыбальский Н. Г. и др. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году. – 2016.
5. Проскурина И. И. Физико-химические закономерности процесса очистки медь-и никельсодержащих сточных вод шлаком электросталеплавильного производства: дис. – Курский государственный технический университет, 2007.
6. Сладкова А. Д. Использование сталеплавильных шлаков в процессах очистки сточных вод // Актуальные проблемы недропользования. – 2021. – С. 164-164.

ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ: СОЗДАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ

Зеновская А.И., Царябина С.И., Скуратовска К.Д.

Научный руководитель старший преподаватель Ильченко А.А.

Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, г. Москва, Россия

Нефтезагрязнение является серьезной проблемой для окружающей среды, поскольку оно может привести к нарушению геоэкологических процессов, таких как круговорот веществ и циклы питания, и в конечном итоге привести к снижению биоразнообразия в регионе. Диким животным, находящимся в зоне загрязнения, угрожает опасность отравления, гибели, а также нарушение их биологических функций и поведения [2].

Создание реабилитационного центра для диких животных, пострадавших от нефтезагрязнения, может стать одним из способов защиты биоразнообразия в регионе и устранения последствий загрязнения. Центр будет выполнять роль не только медицинского учреждения, но и научно-исследовательского центра, который будет заниматься изучением последствий загрязнения и разработкой методов реабилитации животных.

В работе центра будут применяться современные методы реабилитации животных, включая лечение, восстановление физической формы и психологической стабильности, а также средства по уменьшению воздействия загрязнения на животных [3]. Кроме того, центр будет работать над сбором и анализом данных о загрязнении окружающей среды и его последствиях для животных.

Основная задача реабилитационного центра – защита дикой природы и ее биоразнообразия путем уменьшения негативного влияния нефтезагрязнения на животных. Создание такого центра позволит не только обеспечить эффективную реабилитацию пострадавших животных, но и способствовать улучшению экологической ситуации в регионе в целом.



Рис. Цикл пребывания диких животных в центре реабилитации

Этапы реабилитации диких животных, пострадавших от нефтезагрязнения, в реабилитационном центре обычно включают несколько основных этапов:

Прием животных: на этом этапе проводится первичный осмотр животных, оценка их состояния, определение степени загрязнения нефтепродуктами и принятие мер по очистке и дезинфекции.

Лечение и уход: на этом этапе проводится лечение животных и осуществляется уход за ними, включая рацион питания, обеспечение комфортных условий содержания и необходимые медицинские процедуры.

Очистка от нефтепродуктов: на этом этапе проводится процесс очистки животных от нефтепродуктов, который может включать в себя мытье, гребенку, использование специальных растворов и средств для очистки.

Физическая реабилитация: на этом этапе проводятся мероприятия для восстановления физического состояния животных, включая физические упражнения и массаж.

Подготовка к возвращению в природу: на этом этапе происходит подготовка животных к жизни в дикой природе, включая тренировки, учебные программы и обучение выживанию в естественной среде.

Каждый этап реабилитации представляет собой сложный и тщательно спланированный процесс, который должен проводиться квалифицированными специалистами с использованием соответствующего оборудования

и технологий [1].

Таким образом, создание реабилитационного центра для диких животных, пострадавших от нефтезагрязнения, является важным шагом в сохранении биоразнообразия и защите окружающей среды. Реабилитация таких животных включает в себя несколько этапов, начиная от приема и первичного осмотра животных, до их лечения и восстановления, и заканчивая их выпуском в природную среду. Создание такого центра требует значительных финансовых затрат, включая расходы на строительство, оборудование, материалы и оплату труда сотрудников. Однако, эти затраты являются оправданными, так как защита дикой природы и биоразнообразия являются важными задачами для сохранения экологической устойчивости нашей планеты.

Литература

1. План предотвращения и ликвидации последствий загрязнения нефтью и нефтепродуктами представителей животного мира в случае разлива с объектов ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» / ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть». – 2018.
2. Справочник «Экология» [Электронный ресурс] – <https://ru.ecology.info/post/104128501590010/>.
3. Assessment of Sakhalin Energy's Readiness to Respond to the Oiled Wildlife. A. Samatov. 2015 NOWPAP MERRAC Expert Meeting (20–22 October 2015). Response to Oiled Wildlife in the NOWPAP Region, 2015. – P. 89–99.

ПОКАЗАТЕЛИ СООТНОШЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩЕГО ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Иванова Д.А.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Известно, что все живые организмы, в том числе и человек, зависимы от биогеохимических закономерностей, прописанных еще в трудах В.И. Вернадского [2]. Нормальное функционирование жизненно-важных систем организма определяется концентрациями, соотношениями и формами нахождения в нем химических элементов, а также их нахождением и миграцией за его пределами в окружающей среде [1, 3]. Данная работа представляет совершенно новые данные о ранее неизвестных в науке содержаниях и соотношениях некоторых химических элементов в организме млекопитающего.

В ходе работы проанализировано 27 проб органов и тканей изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*) методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), установлено содержание 28 химических элементов. Отбор проб проводился к.б.н. И.В. Серёдкиным в ходе реализации грантов РФФИ № 20-64-47021 (руководитель – Н.В. Барановская (ТПУ)) и 20-67-47005 (руководитель А.М. Паничев (ТИГ ДВО РАН)). Пробоподготовка осуществлялась в лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН лаборантом Р.А. Макаревич. Пробы отбирались в частном охотничьем хозяйстве на территории Тернейского района Приморского края, в бассейне ключа Петлёвочный (водосбор р. Серебрянка), в непосредственной близости от Сихотэ-Алинского заповедника.

Пробоподготовка биологических материалов к ИНАА заключается в их высушивании в сушильном шкафу с последующим озолением в муфельной печи при температуре 600° С.

Анализ биоматериалов проводился на базе единственного в России учебно-научного центра «Исследовательский ядерный реактор ИРТ-Т» в ядерно-геохимической лаборатории ТПУ (аналитик – А.Ф. Судыко).

Для исследования были выбраны соотношения редкоземельных элементов (РЗЭ) в организме млекопитающего, которые могут служить как индикаторными показателями литолого-геохимической обстановки местности, так и отражением работы внутренних биогеохимических барьеров для некоторых органов и тканей. Изучались соотношения между легкими, средними и тяжелыми РЗЭ в различных вариациях, представленных на рисунках 1–4.

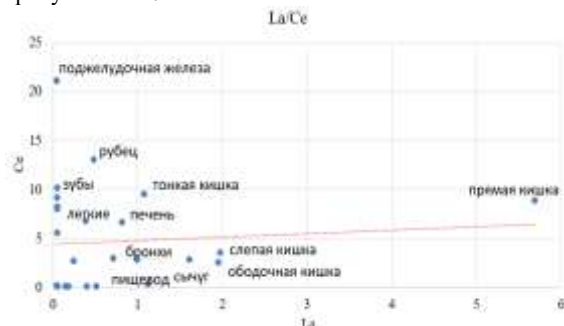


Рис. 1. Соотношение легких РЗЭ в некоторых органах и тканях изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*) (зола, мг/кг)

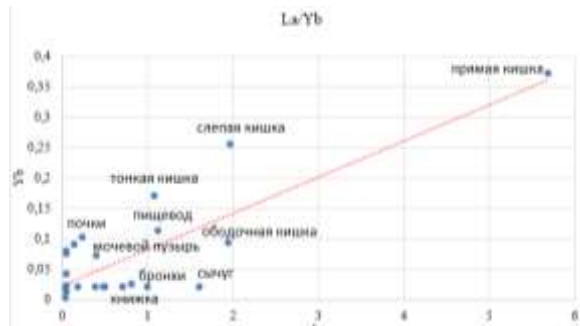


Рис. 2. Соотношение легких и тяжелых РЗЭ в некоторых органах и тканях изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*) (зола, мг/кг)

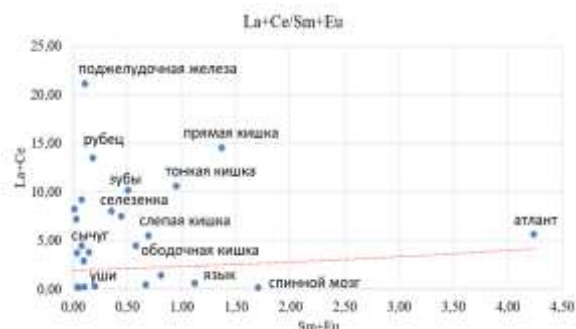


Рис. 3. Соотношение суммы легких и средних РЗЭ в некоторых органах и тканях изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*) (зола, мг/кг)

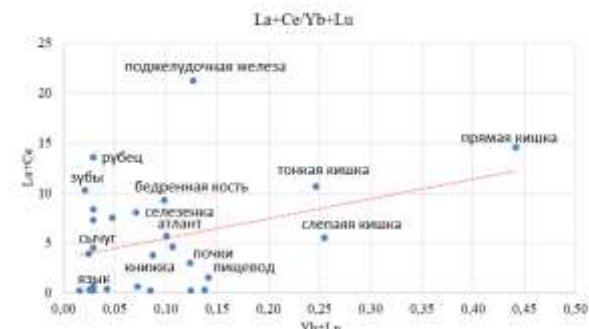


Рис. 4. Соотношение суммы легких и тяжелых РЗЭ в некоторых органах и тканях изюбря (*Cervus elaphus xanthopygus*) (зола, мг/кг)

Из графиков видно, что легкие РЗЭ, относительно средних и тяжелых, концентрируются в органах млекопитающего в значительно большей степени. Отмечено значительное концентрирование легкой группы РЗЭ в поджелудочной железе, органах пищеварительной системы, концентрирование средней группы в спинном мозге и атланте. В прямой кишке происходит концентрирование как легких, так и тяжелых РЗЭ. Сосредоточение РЗЭ в органах пищеварительной системы может свидетельствовать о специфике попадания их вместе с кормовой растительностью, водой и почвенными частицами. Вероятно, данные соотношения РЗЭ в органах и тканях могут определять функционирование организма.

Литература

1. Барановская Н. В. и др. Очерки геохимии человека // Томск: Дельтаплан. – 2015.
2. Вернадский В.И. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры. – Петроград: Время. – 48 с.
3. Ермаков В. В. и др. Биогеохимическая дифференциация живого вещества и биоразнообразия в условиях Ардонского полиметаллического субрегиона биосферы // Геохимия. – 2018. – №. 4. – С. 336-350.

**ПРОБЛЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОПУТНЫХ ВОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ
НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Канайкин И.Е., Синошко К.В., Парамзин А.Р.

Научный руководитель старший преподаватель Марченкова Л.А.
Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

На данный момент активно стоит вопрос о влиянии сточных вод на окружающую среду. Для того, чтобы избежать их пагубного воздействия на окружающую среду применяются следующие технологии: 1) упаривание в прудах-испарителях или на полях фильтрации; 2) закачка в глубокие поглощающие горизонты; 3) заводнение продуктивных коллекторов с целью поддержания пластового давления (ППД) [3].

Чтобы избежать проблем при захоронении промстоков, поглощающие горизонты отбирают по ряду критериев. Во-первых, они не должны содержать в себе пресную воду, обладающую питьевым качеством. Гораздо лучше, если поглощающий горизонт насыщен солеными и рассольными водами, не используемыми в других целях, например, для технического водоснабжения или медицинских нужд. Во-вторых, породы, слагающие поглощающие горизонты, должны обладать такими емкостно-фильтрационными свойствами, которые смогут обеспечить поступление в горизонт всего запланированного объема воды. В-третьих, необходимо, чтобы поглощающие горизонты залегали на доступных в техническом и экономическом плане глубинах (600-3000 м) и были надежно изолированы от тех горизонтов, в которых содержится пресная вода, выдержанными и протяженными покрывками [4].

При выборе поглощающих горизонтов также учитывается литологический состав слагающих их пород и изолирующих покрывок. Так, более надежным будет поглощающий горизонт, сложенный карбонатными (доломит, известняк) и терригенными (песчаник) породами и имеющий в качестве покрывки мощные толщи каменной соли и глин.

Однако первые два метода не получили широкого распространения, так как значительное загрязнение атмосферы и литосферы все же происходит. Заводнение продуктивных горизонтов, напротив, значительно снижает влияние сточных вод на окружающую среду, а также эффективно с экономической точки зрения, так как увеличивает нефтеотдачу пласта, однако и здесь возможен ряд проблем. Чтобы их избежать к водам и пластам предъявляются определенные требования.

Совместимость пластовых и пресных вод является первоочередным параметром. В противном случае начнется образование солей на дне скважины. Также смешивание пресных и попутных вод в технологии заводнения пласта приводит к неизбежному развитию микроорганизмов. В результате нефтяные коллекторы заражаются различными бактериями. Чаще всего происходит заражение аэробными и анаэробными бактериями. Химические свойства, физические параметры пласта определяют скорость формирования бактериальной среды в скважине. Зачастую данный процесс происходит за несколько месяцев или несколько лет с начала применения технологии ППД [4].

Всем известно, что коррозия является вечной проблемой, с которой борется нефтяная промышленность, в этой связи нельзя не упомянуть сульфатвосстанавливающие бактерии. Именно они приводят к восьмидесяти процентам потерь нефтепромыслового оборудования от коррозии, которая происходит с весьма высокой скоростью (около 6 мм/год). Причиной этого является окисление металла водородом и осаждение железа в сульфидной форме. Именно поэтому так важно подбирать хорошо совместимые пластовые и сточные воды, либо же применять реагенты-ингибиторы, чтобы предотвратить солеобразование.

Что касается самих продуктивных коллекторов, наиболее перспективными из них, в которые могут быть отведены попутные воды, являются горизонты, содержащие депрессионные воронки с аномально низким пластовым давлением. Такие воронки формируются в результате осуществления добычи углеводородов без поддержания пластового давления, в процессе чего значительно понижается давление в недрах.

Использование именно таких зон с аномально низким пластовым давлением в водонапорной системе разрабатываемого месторождения в качестве мест подземного захоронения вредных отходов позволяет добиваться огромных объемов закачиваемых промышленных вод без риска опасного роста пластового давления, что является благоприятным экологическим фактором.

Пласт-коллектор, находящийся в отложениях верхневизейско-серпуховского возраста нижнего карбона является наиболее перспективным для закачки в него попутной воды, о чем свидетельствует многолетняя практика сброса её в глубокие поглощающие горизонты. Этот вывод подтверждается также результатами проведенных в Самарской области исследований, целью которых являлось обнаружение пригодных участков недр для заводнения. Верхневизейско-серпуховские отложения широко распространены. Они имеют высокие свойства коллекторов, а прочный региональный водоупор отделяет их от зоны активного водообмена [2].

Главный фактор для финального определения того или иного пласта-коллектора – химическая совместимость хранящихся в нем подземных вод с той водой, которую планируют закачивать. Кроме этого, закачиваемая вода должна быть совместима с водовмещающими породами. Учитывается также взаиморасположение по глубине поглощающего горизонта и разрабатываемой залежи, емкостные и коллекторские свойства пласта [2].

Еще одним важным фактор – экономический. Так как окско-серпуховский комплекс по заводнению располагается выше многих нефтяных залежей, в качестве поглощающих могут использоваться нагнетательные и эксплуатационные скважины.

По результатам многих поисковых работ и наработанным материалам эксплуатационных скважин можно сделать вывод о том, что зоны полного и неполного поглощения промывочных жидкостей и провалы бурового инструмента можно отнести к верхневизейско-серпуховским отложениям.

Таким образом, на основе анализа окско-серпуховских отложений, можно сделать вывод, что порой совместное использование попутных и нефтепромысловых вод в рамках одного поглощающего комплекса бывает обусловлено следующими факторами:

- неадекватность технологии очистки сбросовых вод от растворенных солей, в частности хлоридов;
- некондиционность сбросовой воды по полезным компонентам для использования ее в качестве природного сырья с целью извлечения брома, йода, стронция, калия, лития, германия;
- примерно равное содержание растворенных солей, в частности хлоридов, микроэлементов закачиваемой воды и вод поглощающего комплекса;
- расположение водоносного комплекса на большой глубине, что изолирует его от иных водоносных горизонтов [3].

Литература

1. Бочаров В. Л., Егоров А. С. Геоэкологические проблемы разработки нефтегазовых месторождений западной Сибири // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2006. – №. 2. – С. 199-211.
2. Марченкова Л. А., Толкунова А. А. Верхневизейско-серпуховские отложения как объекты для захоронения сточных вод // Ашировские чтения. – 2019. – Т. 1. – №. 1. – С. 14-16.
3. Нефть газ и энергетика [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.tehnik.top/2018/01/blog-post_776.html
4. Севастьянов О. М., Захарова Е. Е. Подземное захоронение жидких производственных отходов нефтегазовой отрасли России // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. – Т. 6. – №. 1. – С. 10.

ЗОЛОШЛАКОВЫЕ ОТХОДЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Капинос Л.Ю.

Научный руководитель доцент Азарова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Золошлаковые отходы – это остатки, полученные после сжигания угля, древесины или других органических материалов в котлах, каминных печах и других системах отопления. Они состоят, в основном, из минеральных веществ, таких как кремнь, глина, гипс и другие, а также из различных токсичных металлов, включая свинец, ртуть, кадмий и другие. Золошлаковые отходы являются одним из самых распространенных видов промышленных отходов, которые ежегодно образуются в большом количестве.

В зависимости от вида сжигаемого угля, способа сжигания, температуры факела, способа золоудаления, сбора и хранения золы на ТЭС образуются следующие виды золошлаковых отходов:

1. Зола уноса при сухом золоудалении с осаждением частиц золы в циклонах и электрофильтрах.
2. Топливные шлаки при полном плавлении минеральной части топлива, осаждении расплава в нижней части топки котла и грануляции расплава водой аналогично придоменной грануляции доменных шлаков.
3. Золошлаковая смесь при совместном мокром удалении уловленной обеспыливающими устройствами золы устройствами золы уноса и топливных шлаков, образующихся в котле. Золошлаковая смесь в виде пульпы направляется в золоотвал.

В России на 172 угольных ТЭС в год сжигается более 123 млн. тонн твердого топлива, при этом годовой выход золы и шлака составляет около 25 млн. тонн, а их накопление – порядка 1,5 млрд. тонн. Следовательно, остро стоит проблема утилизации и полезного использования золошлаковых отходов, занимающих более 28 тыс. га земли. По предварительным данным, если их накопление продолжится, то общий объем к 2030 году превысит 2 млрд. тонн [6].

Зачастую пыление золоотвала создает уровень загрязнения атмосферного воздуха, превышающий максимально разовую предельно допустимую концентрацию в жилой застройке. Основные экологические риски обусловлены присутствием в золошлаковых отходах и золошлаковой пыли свинца, никеля, меди, хрома и других токсических элементов. Основными факторами воздействия золошлаковых частиц на атмосферный воздух являются природно-климатические условия, а также гранулометрический и химический состав, которые обуславливают их вынос с поверхности в результате ветровой эрозии. При этом следует отметить, что при более высоком содержании в золошлаковой смеси СаО наблюдаются процессы уплотнения на поверхности, что препятствует выносу зольных частиц с поверхности золошлакоотвала [3].

Происходит загрязнение водных объектов, вызванное неминуемым сбросом осветленной воды золы уноса, а также фильтрацией осадков через накопленные золошлаки в грунтовые воды [2]. Применение воды при эксплуатации золоотвалов ТЭС создает другую серьезную экологическую проблему, связанную с загрязнением природных вод. Воды (технологические, поверхностные, атмосферные), поступающие в золошлакохранилища в составе пульпы, отчасти растворяют вещество золошлаковых отходов и, таким образом, минерализуются, становясь в зависимости от состава отходов кислыми или щелочными. Эти воды очищают в прудах-отстойниках, тем не менее значительная часть неочищенных вод может попадать в подземные и поверхностные воды, изменяя их химический состав. Изменение химического состава подземных вод в районах размещения золоотвалов ТЭС обусловлено инфильтрационными потерями в ложе накопителя. А загрязнение поверхностных водных объектов (ручьев, рек, озер, водохранилищ, морской акватории) на территориях, прилегающих к золоотвалам, происходит вследствие утечек неочищенного стока, формируемого в теле золоотвала, через ограждающие дамбы. Кроме того, периодически происходит сброс осветленной воды в близлежащие водные объекты через искусственные водотоки (дренажные каналы), существующие на всех золоотвалах ТЭС и предназначенные для аварийного сброса излишков осветленной воды без дополнительной очистки в периоды высокой водности (при таянии снега, интенсивных атмосферных осадках и др.) [5].

Поскольку в состав золошлаковых отходов могут входить радиоактивные элементы (уран, торий), золоотвалы ряда ТЭС могут представлять угрозу радиационной безопасности окружающей природной среде. Так, содержание радиоактивных элементов в золе кузнецкого угля, накопленной в золоотвалах ТЭС в Европейской части России и в Сибири, может достигать 520 Бк/кг. В некоторых пробах золы березовского угля Канско-Ачинского бассейна, хранящихся в золоотвалах Березовской ГРЭС-1, отмечен высокий уровень радиоактивности, превышающий 460 Бк/кг [5].

Таблица

Вид и последствия загрязнений окружающей среды от ЗШО

Проблема утилизации золошлаковых отходов	Накопления, порядка 1,5 миллиарда тонн золошлаковых отходов	И.В. Яковец, В.Г. Звонкий, В.В. Канев, 2019 г. [6]
Образование пылений	Присутствие в золошлаковых отходах и золошлаковой пыли свинца, никеля, меди, хрома и других токсических элементов	О.Л. Лавыгина, И.Г. Степанов, 2020 г. [3]
Загрязнение водных объектов	Загрязнение водных объектов, вызванное неминуемым сбросом осветленной воды золоуноса	Л.Я. Шубов, К.Д. Скобелев, И.Г. Доронкина, К.Э. Дубровин, 2020 г. [5]
Радиационное загрязнение	Присутствие урана и тория в составе золошлаковых отходов	Л.Я. Шубов, К.Д. Скобелев, И.Г. Доронкина, К.Э. Дубровин, 2020 г. [5]

Золоотвалы ТЭС являются открытыми системами, поэтому хранимые на их территории ЗШО, содержащие токсичные вещества, оказывают многоплановое негативное воздействие на прилегающие районы и представляют реальную угрозу экологической безопасности.

Литература

1. Делицын Л. М. и др. Золоотвалы твердотопливных тепловых электростанций как угроза экологической безопасности // Экология промышленного производства. – 2012. – №. 4. – С. 15-26.
2. Зотов, Д.М. Утилизация золошлаковых отходов ТЭС и ГРЭС // Пятая научно-техническая конференция студентов и аспирантов МИРЭА - Российского технологического университета – М.: МИРЭА - Российский технологический университет, 2020. – С 660–663.
3. Лавыгина О. Л., Степанов И. Г. Исследование эффективности методов снижения пылеобразования на золошлакоотвалах // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2020. – Т. 10. – №. 4 (35). – С. 570-577.
4. Осипенко Д. А. Обоснование использования золошлаковых отходов топливно-энергетических комплексов: дис. – Сибирский федеральный университет, 2019.
5. Шубов Л. Я. и др. О применении золошлаковых отходов ТЭС в дорожном строительстве // Экология промышленного производства. – 2020. – №. 1. – С. 6-9.
6. Яковец И. В., Звонкий В. Г., Канев В. В. Анализ экологических показателей деятельности Молдавской ГРЭС // Заметки ученого. – 2019. – №. 9. – С. 37-41.

ПОЛУЧЕНИЕ FE-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ И ТЕСТИРОВАНИЕ ИХ В ФОТООКИСЛЕНИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ

Клокова А.О.¹, Ханхасаева С.Ц.^{1,2}, Бадмаева С.В.^{1,2}

Научный руководитель профессор Ханхасаева С.Ц.^{1,2}

¹Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

²Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

В последние годы значительно возросло производство и потребление лекарственных препаратов в связи с ростом численности населения и распространением различных инфекционных заболеваний. В связи с этим увеличивается негативное влияние активных фармацевтических субстанций на окружающую среду, которое стало новой экологической проблемой современности [3]. В ближайшие годы можно ожидать ухудшения по ситуации лекарственного загрязнения природной среды вследствие низкой эффективности существующих методов их очистки на муниципальных водоочистных сооружениях. Наиболее часто употребляемые лекарства включают антибиотики, жаропонижающие средства и анальгетики. Парацетамол (ПЦТ) является эффективным обезболивающим и жаропонижающим препаратом, который широко используется на протяжении многих лет и всё чаще обнаруживается в природной воде, стоках очистных сооружений и почве. Перспективными методами для очистки сточных вод, загрязненных токсичными органическими веществами, являются усовершенствованные процессы окисления, которые позволяют добиться полного разложения органических веществ в водных растворах [1, 2]. К таким методам относится процесс фото-Фентона, который включает реакцию между пероксидом водорода (H₂O₂) и железосодержащим катализатором под действием светового излучения. В качестве дешевого железосодержащего катализатора могут использоваться Fe-содержащие модифицированные глинистые минералы, которые обладают такими положительными качествами, как дешевизна и доступность исходного сырья, легкость его модифицирования, высокая эффективность и экологическая безопасность. Хотя в состав природных глин входит железо, его содержание очень мало для успешного применения в качестве катализатора в реакции Фентона. Чтобы увеличить содержание

железа и его доступность для участия в окислительно-восстановительной реакции, используется метод модифицирования, заключающийся во введении полиоксокомплексов железа в межслоевое пространство природных глин с последующей их термообработкой, что приводит к формированию оксидов железа и созданию активных каталитических центров. Полученные в результате такой модификации материалы также приобретают высокую термостойкость и большую площадь поверхности по сравнению с природной глиной, что повышает эффективность их использования в окислительной деструкции органических загрязнителей.

Целью данной работы является синтез Fe-модифицированных глинистых минералов и оценка возможности использования их в фотоокислительной деструкции фармацевтических загрязнителей на примере парацетамола.

Исходным сырьем для синтеза Fe-модифицированной глины (Fe-МГ) являлся глинистый минерал – монтмориллонит, который относится к диоктаэдрическим слоистым алюмосиликатам типа 2:1, обладающим расширяющейся структурной ячейкой. Эта особенность структуры позволяет вводить крупные полиоксокомплексы железа в межслоевое пространство глины. Синтез материалов осуществляли следующим образом: раствор, содержащий полиоксокомплексы железа, получали добавлением 0.2 М раствора NaOH к 0.2 М раствору $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (мольное соотношение $[\text{OH}^-]/[\text{Fe}^{3+}] = 2.0$, pH = 2.2). Затем данный раствор добавляли по каплям в суспензию глины, предварительно выдержанной в течение 24 часов в воде для набухания и после этого обработанной ультразвуком (22 кГц, 3 мин). Полученную суспензию глины оставляли на 24 часа для протекания реакции ионного обмена. Затем твердую фракцию отделяли от жидкой, промывали дистиллированной водой и высушивали при комнатной температуре. Содержание железа, которое было определено фотометрическим методом с роданидом аммония [2], составило 107 мг/г. Удельную поверхность ($S_{\text{уд}}$) материала определяли методом низкотемпературной адсорбции азота при 77 К на установке Термосорб LP. Тестирование каталитических свойств полученного материала проводили в реакции окисления парацетамола пероксидом водорода без и под действием ультрафиолетового излучения с длиной волны 400-320 нм (УФ-А).

По результатам ДСК железо в Fe-МГ находится в виде гематита $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, о чем свидетельствует наличие экзотермического пика при температуре 315 °С на кривой ДСК [6]. Величина межплоскостного расстояния d_{001} и удельная поверхность для природной глины равнялись 13.93 Å и 56 м²/г, соответственно. Для Fe-МГ эти величины составили 14.23 Å и 136 м²/г, соответственно, что указывает на введение полиоксокомплексов железа в межслоевое пространство глины. СЭМ снимки показали, что модифицирование существенно влияет на морфологию частиц глины (рис. 1).

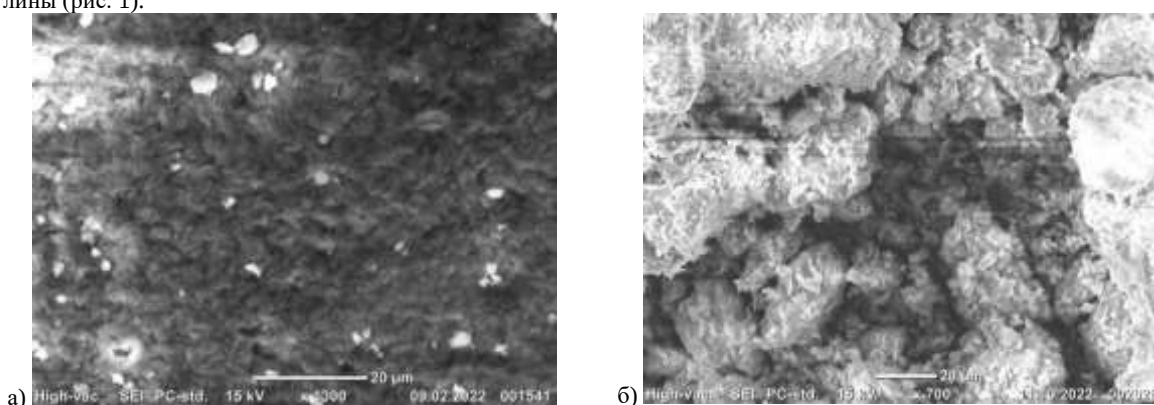


Рис. 1. СЭМ снимки природной глины (а) и Fe-МГ (б)

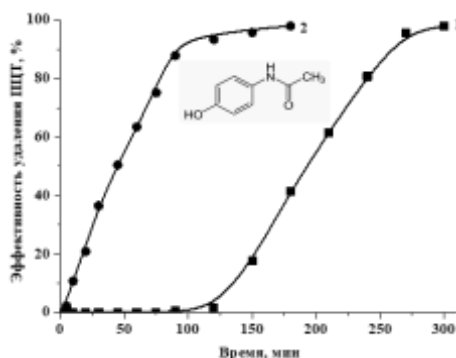


Рис. 2. Эффективность удаления ПЦТ в окислении пероксидом водорода: в присутствии Fe-МГ (1) и в присутствии Fe-МГ и УФ-А излучения (2)

Для Fe-МГ были характерны микроагрегаты разной формы и размеров с неровными краями. Боковые грани крупных агломератов имели многослойную структуру с равномерными ступенями, что указывает на формирование слоисто-столбчатой структуры частиц. Результаты тестирования Fe-МГ в реакции фотоокисления парацетамола пероксидом водорода представлены на рисунке 2. Эффективность удаления парацетамола из водных растворов

при окислении пероксидом водорода равнялась 4 % за 180 мин, при катализе Fe-МГ эта величина составила 42 % за 180 мин, а при фотокатализе Fe-МГ – 97 % за то же время, что свидетельствует о высокой фотокаталитической активности Fe-МГ. Разработанный материал имеет перспективы для применения в очистке воды от фармполлютантов.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН №0273-2021-006.

Литература

1. Krishnan R. Y. et al. Removal of emerging micropollutants originating from pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in water and wastewater by advanced oxidation processes: A review // *Environmental technology & innovation*. – 2021. – Т. 23. – С. 101757.
1. Mirzaei A. et al. Removal of pharmaceuticals from water by homo/heterogenous Fenton-type processes—a review // *Chemosphere*. – 2017. – Т. 174. – С. 665-688.
2. Rodriguez-Narvaez O. M. et al. Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review // *Chemical Engineering Journal*. – 2017. – Т. 323. – С. 361-380.
3. Арефьева О.Д. и др. Лабораторные работы по промышленной экологии: учебное пособие // Издательство ДВФУ. – Владивосток. – 2010. – С. 48.
4. Котиков Д. А., Ивановская М. И. Использование золь-гель-метода для синтеза различных структурных модификаций оксида железа (III) в наноразмерном состоянии. – 2005.

ЭМИССИЯ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ФОНОВОМ И АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННОМ УЧАСТКАХ ОБСКОГО БОЛОТА

Колотыгина В.Н.¹, Кривенок Л.А.², Солдатова Е.А.¹

¹Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, г. Москва, Россия

На современном этапе развития человечества одной из наиболее актуальных проблем является проблема изменения климата, основная причина которой – увеличение в атмосфере доли парниковых газов, прежде всего углекислого газа и метана [2]. Торфяные болота – это экосистемы, действующие как поглотители углерода, накапливающие частично разложившуюся биомассу, которая в противном случае продолжала бы полностью разлагаться, попадая в атмосферу в виде парниковых газов [6]. Заболоченные условия замедляют разложение органического вещества, а низкие скорости подповерхностного стока позволяют частично разложившейся органике накапливаться. Но те же процессы анаэробного разложения, которые способствуют накоплению углерода, также приводят к образованию и последующей эмиссии метана (CH₄). Метан характеризуется большим потенциалом глобального потепления (Global Warming Potential, GWP) по сравнению с углекислым газом, поэтому вопрос о роли болот в митигировании парникового эффекта остается открытым.

В качестве объекта исследования выбраны участки эвтрофного Обского болота. Торфяная залежь Обского болота – низинного типа, со средней мощностью 3,2 м при максимуме 6 м [7]. Отбор проб производился в июне 2022 г. в пределах двух участков – антропогенно-нарушенного и условно фонового (рис. 1). Первый участок включает в себя створ выпуска сточных вод жилищно-коммунального хозяйства с. Мельниково (на рис. 1 обозначен индексом «I»), условно фоновый – створ в 5 км южнее от с. Нашеково (обозначен индексом «IV»).



Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдений за химическим составом вод Обского болота: створ I – антропогенно-нарушенный участок; створ IV – фоновый участок

Количественная оценка потоков газов на поверхности Обского болота проводилась методом эмиссионных камер с помощью портативного газоанализатора GasScouter G4301 (Picarro, США) [1, 5]. Для измерения потоков с гряд использовались статические почвенные камеры, для мочажин – плавающие водные камеры. Статическая темная светоотражающая камера имела форму куба с объемом 0.07 м³, устанавливалась на врезанное в торф стальное основание площадью 0.13 м²; водная представляла собой пластиковый таз (темный, светоотражающий) с поплавками, объем надводной части камеры – 0.01 м³, площадь охвата водной поверхности – 0.08 м². Замеры концентраций метана и углекислого газа проводились в трёхкратной повторности. Удельные потоки рассчитывались при помощи аппроксимации полученных значений (в координатах время–концентрация) линейной регрессией.

По результатам полевых измерений удельных потоков (УП) углекислого газа и метана, проводившихся на антропогенно-нарушенном и фоновом участке, получены результаты,

статистические значения которых отражены на рис. 2–3. Так как УП метана обычно имеют распределение, отличное от нормального [3], а также чтобы снизить возможный вклад артефактных значений в результат, в качестве характеристики измеренных УП использовалось медианное значение. Для репрезентативной характеристики относительной роли данных экосистем как источников парниковых газов для УП метана мы использовали значения, полученные для участков с сохранением естественной растительности, так как некоторые виды растений способны вносить вклад в транспорт метана, при этом при срезании надземной части стебли с воздухоносной аэренхимой остаются на уровне поверхности почвы и перенос метана может идти интенсивнее, чем в экосистеме в действительности. Для углекислого газа рассматривались данные для участков со срезанной растительностью, чтобы учесть только дыхание экосистемы без дыхания растений и затрат на фотосинтез.

Фоновый участок характеризуется более высокими медианными значениями УП метана, однако на антропогенно-нарушенном участке наблюдается ряд экстремальных значений УП метана (рис. 2, А), что объясняется интенсивной его пузырьковой эмиссией из мочажин (рис. 2, Б). Для фонового участка УП метана из более сухих микроповышений и из мочажин практически не различаются.

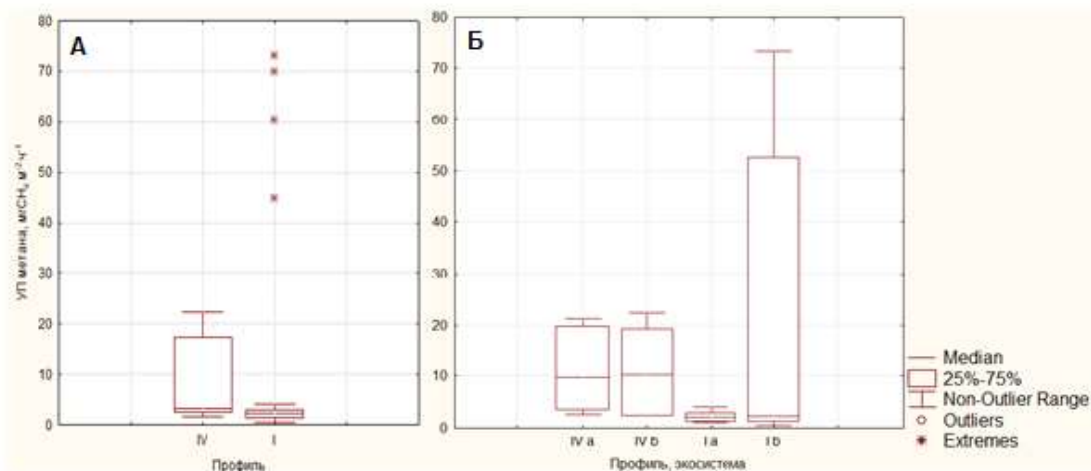


Рис. 2. Статистические характеристики УП метана, измеренного на ключевых профилях Обского болота: I – антропогенно-нарушенный участок, IV – фоновый участок; а – УП из относительно сухих микроповышений (кочки), б – УП из обводненных микропонижений (мочажины)

Медианные значения УП углекислого газа также выше для фонового участка, но, как и в случае с метаном, разброс значений УП выше на антропогенно-нарушенном участке (рис. 3, А). Наиболее высокие УП наблюдаются на кочках антропогенно-нарушенного участка (рис. 3, Б). На фоновом участке эмиссия CO_2 также идёт интенсивнее на сухих микроповышениях. Данное отличие является закономерным, поскольку эмиссия CO_2 с поверхности наземных экосистем выше, чем с поверхности водных, потому что, во-первых, низкий уровень грунтовых вод на участках с микроповышениями обеспечивает доступ кислорода, увеличивая скорость окислительных процессов, во-вторых, углекислый газ, имея высокую растворимость в воде (в сравнении с метаном), связывается в растворе в карбонаты и гидрокарбонаты, снижая эмиссию CO_2 с поверхности мочажин по сравнению с грядами [4].

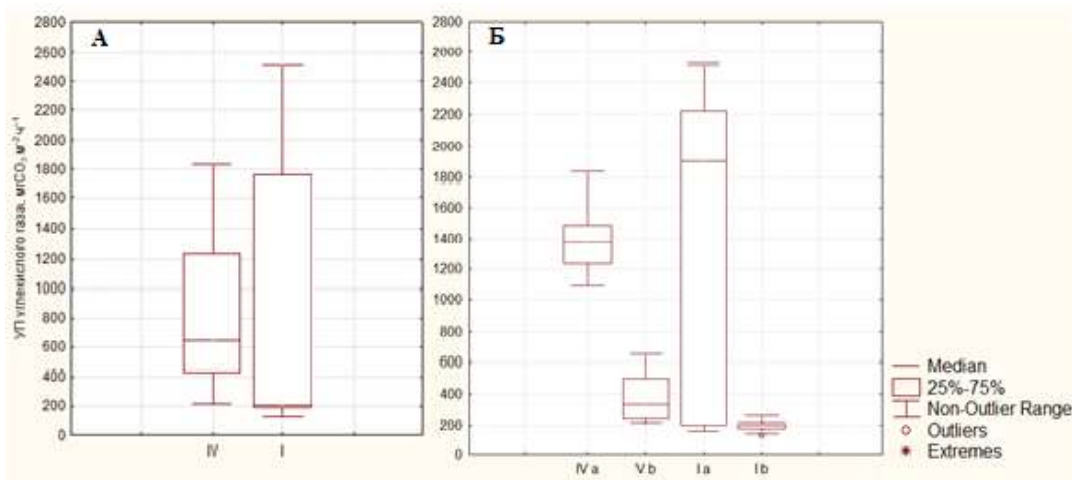


Рис. 3. Статистические характеристики УП углекислого газа, измеренного на ключевых профилях Обского болота: I – антропогенно-нарушенный участок, IV – фоновый участок; а – УП из относительно сухих микроповышений (кочки), б – УП из обводненных микропонижений (мочажины)

Выявленные отличия в эмиссии метана между антропогенно-нарушенным и фоновым участком Обского болота, а также отмечающаяся пузырьковая эмиссия метана из мочажин на антропогенно-нарушенном участке, по нашему мнению, связаны с влиянием сброса коммунально-бытовых сточных вод. Дальнейшие исследования будут направлены на выяснение степени этого влияния.

Работа выполнена в рамках программы развития Тюменского государственного университета (программа стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»), гранта Президента РФ МК-1684.2022.1.5 и гранта в форме субсидии «Устойчивость и функции почвенного углерода в агроэкосистемах России (CarboRus)».

Литература

1. Bastviken D. et al. Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate // *Global biogeochemical cycles*. – 2004. – Т. 18. – №. 4.
1. Birdsey R., Pan Y. Drought and dead trees // *Nature Climate Change*. – 2011. – Т. 1. – №. 9. – С. 444-445.
2. Dutaur L., Verchot L. V. A global inventory of the soil CH₄ sink // *Global biogeochemical cycles*. – 2007. – Т. 21. – №. 4.
3. Zhuze T. P. Роль сжатых газов как растворителей. – Недра, 1981.
4. Глаголев М. В., Сабреков А. Ф., Казанцев В. С. Методы измерения газообмена на границе почва/атмосфера. – 2010.
5. Заварзин Г. А. Цикл углерода в природных экосистемах России // *Природа*. – 1994. – Т. 7. – С. 1-15.
6. Инишева Л. И. и др. Торфяные ресурсы Томской области и их использование. – 1995.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Коротаяева А.Э.

Научные руководители: заведующий кафедрой Пашкевич М.А., доцент Петров Д.С.
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Развитие современного общества в двадцать первом веке сопровождается увеличением объема потребления продукции сельского хозяйства, животноводства, горнопромышленной, нефтегазовой и металлургической отраслей. Для обеспечения повышенного спроса многие предприятия наращивают производственные мощности, что приводит к увеличению образования газообразных, жидких и твердых отходов, в составе которых содержится широкий спектр загрязняющих веществ [9].

Стоит отметить, что большое количество отходов, в том числе твердые коммунальные отходы и бытовые сточные воды, образуется и в результате жизнедеятельности человека [2]. Нерегулируемое поступление данных отходов в окружающую среду оказывает негативное воздействие на живые организмы и человека из-за роста концентрации содержащихся в них загрязнителей в воздухе, почвах, донных отложениях, поверхностных и подземных водах.

Загрязнение водных объектов является серьезной экологической проблемой [7]. В связи с увеличением населения планеты к 2030 году прогнозируется, что обеспечение потребностей человека в чистой питьевой воде станет сложной задачей, что обуславливает необходимость соблюдения утвержденных норм качества сбрасываемых сточных вод, утвержденных во многих развитых и развивающихся странах мира [3]. При отсутствии эффективной очистки загрязнители, входящие в состав сточных вод (взвешенные вещества, биогенные и органические соединения, тяжелые металлы и металлоиды), попадают в водные объекты и оказывают негативное воздействие на качество водных и почвенных систем, а также на обитающих там живых организмов [5].

Важно отметить токсическое действие металлов на компоненты окружающей среды и биоту, ввиду отсутствия естественных механизмов их биологической деструкции, а также накопления в звеньях пищевой цепи вследствие процесса биомагнификации.

В зависимости от условий требующейся эффективности очистки и состава сточных вод могут быть применены физические, химические и биологические методы удаления загрязняющих веществ. В настоящее время все большее внимание уделяется биологическому методу очистки, заключающемуся в применении сконструированных водно-болотных угодий, которые сочетают в себе все вышеперечисленные процессы снижения концентрации загрязнителей [8]. Они представляют собой систему, состоящую из прибрежно-водной растительности, почвы и связанных с ними сообществ микроорганизмов [10]. Растительность насыщает среду кислородом, способствует оседанию загрязняющих веществ и развитию сообществ микроорганизмов в корневой зоне. Кроме того, растительность напрямую может поглощать загрязняющие вещества из среды и накапливать их в своих тканях.

Использование метаболического потенциала растительности, в том числе и прибрежно-водных видов, для очистки сточных вод от загрязнителей описывается термином «фиторемедиация».

Существует пять основных механизмов удаления загрязняющих веществ при помощи растительности, которые представлены на рисунке [4, 5]. Растения-гипераккумуляторы, которые характеризуются высокой аккумуляционной способностью, могут накапливать значительные концентрации металлов в наземной и подземной частях путем фитостабилизации и фитоэкстракции.

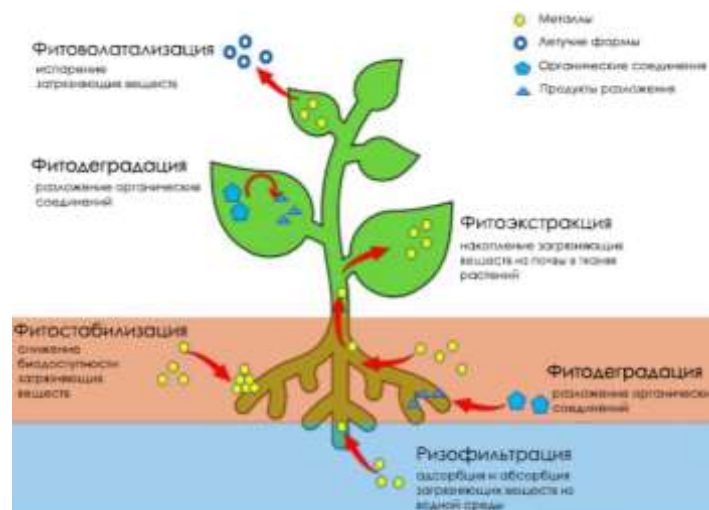


Рис. Механизмы фиторемедиации [9]

В Научном центре «Экосистема» Санкт-Петербургского горного университета было проведено исследование, направленное на изучение фиторемедиационного потенциала прибрежно-водной растительности путем оценки ее аккумуляционной способности по отношению к металлам. Были выявлены виды растительности-гипераккумуляторы, которые могут быть рекомендованы для использования при фиторемедиации водных объектов.

Литература

1. Benvenuti T. et al. Constructed floating wetland for the treatment of domestic sewage: a real-scale study // Journal of environmental chemical engineering. – 2018. – Т. 6. – №. 5. – С. 5706-5711.
2. Dhir B. Phytoremediation: role of aquatic plants in environmental clean-up. – New Delhi: Springer, 2013. – Т. 14. – С. 1-111.
3. Li K. et al. Microalgae-based wastewater treatment for nutrients recovery: A review // Bioresource technology. – 2019. – Т. 291. – С. 121934.
4. Mahato A., Ghosh D., Maiti S. K. Phytoremediation and environmental bioremediation // Phytoremediation Technology for the Removal of Heavy Metals and Other Contaminants from Soil and Water. – Elsevier, 2022. – С. 1-18.
5. Marchand L. et al. Metal and metalloid removal in constructed wetlands, with emphasis on the importance of plants and standardized measurements: A review // Environmental pollution. – 2010. – Т. 158. – №. 12. – С. 3447-3461.
6. Rigoletto M. et al. Bioremediation methods for the recovery of lead-contaminated soils: A review // Applied Sciences. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 3528.
7. Shannon M. A. et al. Shannon-MA Science-and-Technology-for-Water-Purification-in-the-Coming-Decades 2008. Pdf. 2008, 452 (March), 301–310.
8. Shelef O., Gross A., Rachmilevitch S. Role of plants in a constructed wetland: current and new perspectives // Water. – 2013. – Т. 5. – №. 2. – С. 405-419.
9. Ахмадиев А. К., Экзарьян В. Н. Реабилитация природной среды-структурный элемент экологической безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – №. 2. – С. 112-120.
10. Сивкова Е. Е., Прибыткова Е. В. Влияние рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) и компонентов фильтрующей загрузки на эффективность удаления соединений азота в системах почвенно-болотной очистки сточных вод // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2011. – №. 2 (14). – С. 141-149.

РТУТЬ В ПЫЛЕАЭРОЗОЛЯХ ГОРОДА ТЮМЕНЬ

Крестьянникова Е.В., Пожитков Р.Ю.

Научный руководитель старший научный сотрудник Е.А. Филимоненко
Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Ртуть (Hg) проявляет большую геохимическую индивидуальность. Соединения Hg являются высоко токсичными веществами, обладающими повышенной миграционной способностью и высокой биодоступностью, и оказывают широкий спектр эффектов на все живые организмы, включая человека. Оценка содержаний Hg в компонентах окружающей среды урбанизированных территорий является актуальной эколого-геохимической задачей.

В атмосферном воздухе ртуть находится в газовой и пылеаэрозольной фазах, при этом в условиях техногенеза возрастает количество ртути в составе пылевой составляющей. Для оценки пылевого загрязнения атмосферного воздуха городов, а также оценки содержаний тяжелых металлов в атмосферных пылеаэрозолях в климатических условиях Сибири широко применяются исследования снегового покрова. Снеговой покров представляет собой информативную среду-индикатор для изучения пылевых частиц, накапливающихся в нем в течение зимнего сезона. Исследования нерастворимой фазы снега позволяют получать информацию о количестве и составе атмосферных пылеаэрозолей, накапливающихся в снеговом покрове в результате процессов мокрого и сухого осаждения.

Целью исследования является оценка содержания ртути в пылеаэрозолях города Тюмень. Тюмень является крупным городом (население более 816 тыс. человек), расположенным на Западно-Сибирской равнине по обоим берегам реки Туры. Климатические условия Тюмени характеризуются слабой рассеивающей способностью атмосферы. Источниками техногенной нагрузки в Тюмени являются промышленные объекты (предприятия по производству нефтепродуктов, газовые теплоэлектростанции, объекты строительной и пищевой индустрии и др.), а также автотранспорт, вносящий существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха в городе. Локализация промышленных объектов и транспортных узлов на территории Тюмени неоднородна, что формирует в городе мозаику различных функциональных зон (промышленных, селитебных, транспортных и др.)

Изучение пылеаэрозолей проводилось посредством отбора и подготовки образцов снегового покрова. Пробы снега были отобраны в марте 2021 года. Точки пробоотбора были равномерно расположены во всех районах города Тюмень. Для отбора проб были подобраны участки с ненарушенным снежным покровом. Общее количество отобранных проб снега на территории Тюмени составило 30 образцов. Фоновые пробы снега (2 образца) были отобраны на удалении 30 км от Тюмени в юго-западном направлении.

Работы по отбору проб снега и их подготовке к аналитическим исследованиям проводились в соответствии с современными методическими разработками и рекомендациями [3]. Для пробоотбора использовался весовой снегомер ВС-43, с помощью которого пробы снега (керны) отбирались на всю мощность снежного покрова за исключением 10-см слоя, прилегающего к почве. Отобранные пробы снега доставлялись в лабораторию и помещались в специально подготовленные ПЭТ-емкости для таяния. После таяния пробы были профильтрованы через предварительно взвешенные мембранные фильтры с размером пор 0,45 мкм. Образцы выделенного в результате фильтрации нерастворимого осадка снега (пылеаэрозолей) были проанализированы на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ с приставкой РП-91 (Люмэкс, Россия) для определения содержания в них ртути. Для каждого образца аналитические измерения были проведены в двукратной повторности, общее количество проанализированных проб пылеаэрозолей составило 32 пробы.

Аналитические исследования проводились в лабораториях Тюменского государственного университета – Лаборатории экологических исследований ЦКП «Рациональное природопользование и физико-химические исследования» и Международной комплексной научно-исследовательской лаборатории по изучению изменения климата, землепользования и биоразнообразия Института сельскохозяйственной и экологической биологии (Х-Bio).

На основании полученных эмпирических данных рассчитывались пылевая нагрузка (P_n , мг/м² в сутки); коэффициент концентрации ртути в пылеаэрозолях (K_k), характеризующий кратность превышения содержания ртути в пылеаэрозолях на территории города относительно фона; среднесуточный приток ртути с пылеаэрозолями на снеговой покров в Тюмени (P_{Hg} , мг/км² в сутки) и его превышения относительно фона (K_p).

Концентрация ртути в пылеаэрозолях фоновой территории, удаленной от города Тюмень на 30 км в юго-западном направлении, составляет 36 нг/г, что сопоставимо с фоновыми содержаниями ртути для других городов Сибири и Дальнего Востока [1, 2].

На территории города Тюмень содержание ртути в пылеаэрозолях (в нерастворимой фазе снега) изменяется в диапазоне от 18 до 929 нг/г (таблица), среднее содержание составляет 69 нг/г, что превышает фон в 1,9 раза.

Концентрации ртути, не превышающие фон (18-26 нг/г), установлены в трех образцах нерастворимой фазы снега, отобранных в периферийных районах города. Содержания ртути, сопоставимые с фоном (в 1,1-1,4 выше фоновой концентрации) зафиксированы в 30 % изученных проб, в 27 % проб превышение фона составляет 1,8-2,6 раз. Содержания ртути, превышающие фон от 3,0 до 5,0 раз, выявлены в пылеаэрозолях в центре города, а также в западной и северной его частях. Наибольшее содержание ртути в пылеаэрозолях Тюмени, превосходящее фон в 25,8 раз, зафиксировано в районе пересечения ул. Холодильной и ул. 50 лет Октября и является локальной аномалией. Пространственное распределение содержаний ртути в пылеаэрозолях города Тюмень характеризуется средней степенью вариабельности (коэффициент вариации без учета локальной аномалии составляет 54,9 %).

Таблица

Содержание ртути в пылеаэрозолях и эколого-геохимические характеристики ртутной нагрузки на снеговой покров города Тюмень

Параметр	Фон (n = 2)	Тюмень (n = 30)		
		Min	Max	Среднее(медиана)
Содержание Hg (C_{Hg}), нг/г	36	18	929	69
Коэффициент концентрации Hg (K_k)	-	0,6	28,1	2,1
Пылевая нагрузка (P_n), мг/м ² в сутки	9,2	10,6	583	58,2
Ртутная нагрузка (P_{Hg}), мг/км ² в сутки	0,33	1,13	34,3	3,80
Коэффициент увеличения ртутной нагрузки (K_p)	-	3,4	104	11,5

Среднее содержание ртути в пылеаэрозолях, накопленных в снеговом покрове города Тюмень (69 нг/г), значительно ниже аналогичных величин, установленных для территории Томска (340 ± 20 нг/г [1], среднее превышение фона – 4,3 раза) и Благовещенска (136 ± 30 нг/г [2], среднее превышение фона – 5,4 раза), для которых приоритетными источниками загрязнения атмосферы пылевыми частицами, содержащими тяжелые металлы в том числе ртуть, являются объекты угольной энергетики. Установленные отличия в уровнях содержаний ртути в пылеаэрозолях Тюмени от урбанизированных территорий, где атмосферный воздух загрязняется пылевыми продуктами сжигания угля, свидетельствуют о характерном уровне содержания ртути в пылеаэрозолях городов в условиях отсутствия объектов угольной теплоэнергетики и ртуть-специфичных промышленных производств.

Величина среднесуточного притока ртути с пылеаэрозолями на снеговой покров (P_{Hg}), рассчитанная как произведение концентрации ртути в пылеаэрозолях и величины пылевой нагрузки на снеговой покров, для фоновой территории составляет 0,33 мг/км² в сутки. Среднее значение P_{Hg} для территории Тюмени равно 3,80 мг/км² в сутки, что превышает фон в 11,5 раза. Различия между минимальным (1,13 мг/км² в сутки) и максимальным (34,3 мг/км² в сутки) значениями среднесуточного притока ртути на снеговой покров в Тюмени составляют 30,5 раз.

По результатам исследований установлено, что среднее содержание ртути в пылеаэрозолях города Тюмень составляет 69 нг/г, средняя величина ртутной нагрузки на снеговой покров равна 3,80 мг/км² в сутки, что превышает фон в 1,9 и 11,5 раз соответственно. Установленные для территории города Тюмень значения меньше аналогичных параметров для других городов Сибири и Дальнего Востока, что отражает эколого-промышленную специализацию территории.

Авторы выражают благодарность заведующему Международной комплексной научно-исследовательской лабораторией по изучению изменения климата, землепользования и биоразнообразия Института сельскохозяйственной и экологической биологии (X-Bio) – Юртаеву Андрею Александровичу, и аспиранту X-Bio Сулкарнаеву Фариду Рамильевичу за содействие в организации и проведении полевых работ по отбору проб снега.

Литература

1. Таловская А. В. и др. Ртуть в пылеаэрозолях на территории г. Томска // Безопасность в техносфере. – 2012. – Т. 1. – №. 2. – С. 30-34.
2. Юсупов Д. В. и др. Тяжелые металлы в пылевом аэрозоле северо-западной промышленной зоны г. Благовещенска (Амурская область) // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. – №. 10. – С. 906-910.
3. Янченко, Н. И. Практика отбора проб снежного покрова для химического анализа / Н. И. Янченко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 12. – С. 94-104.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ Круковская О.Ю.

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

Загрязнение воздуха в городах представляет существенный риск для здоровья населения [3]. Быстрый рост количества транспортных средств, сопровождается увеличением поступления в атмосферу широкого перечня поллютантов, включая оксиды азота, твердые частицы и озон [2]. Оценка выбросов от этой категории источников имеет большое значение для контроля загрязнения воздуха, эпидемиологии, оценки воздействия на здоровье. Однако пространственная вариабельность выбросов автотранспортных средств недостаточно хорошо представлена в регулярных кадастрах выбросов [2].

В Беларуси, согласно оценке выбросов, выполненной в рамках подготовки отчетности о выбросах для Программы ЕМЕП Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, годовые выбросы от автомобильного транспорта (по состоянию на 2020 г.) составляют 127,4 тыс. т оксида углерода (35,1 % валовых выбросов этого соединения), 50,9 тыс. т оксидов азота (32,6 %), 0,30 кг гексахлорбензола (32,6 %), 14,3 тыс. т неметановых летучих органических соединений (8,9 %), 4,2 тыс. т твердых частиц (7,0 %), включая 0,87 тыс. т черного углерода (20,0 %), 0,77 т меди (23,0 %), 0,11 т свинца (1,5 %), 0,13 т хрома (13,1 %), а также 0,71 т бензо(а)пирена (9,8 %) и 0,71 т индено(1,2,3-сд)пирена (17,1 %) [1].

В Институте природопользования НАН Беларуси выполняются работы по изучению пространственной структуры выбросов и проводятся исследования, направленные на совершенствование их методической базы. В рамках инвентаризации выбросов целевое актуальное пространственное разрешение с 2017 г. составляет 0,1 × 0,1. Повышение разрешения оценок выбросов важно для моделирования рассеивания загрязняющих веществ и оценки рисков, способствует более качественному принятию управленческих решений.

Цель данной работы – совершенствование алгоритмов и информационного обеспечения оценок выбросов от автомобильного транспорта в направлении увеличения точности и пространственного разрешения до 1×1 км для всей территории Республики Беларусь.

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых при работе автомобильного транспорта, является результатом сочетания факторов, специфичных для каждого индивидуального транспортного средства. При изучении этой категории источников на уровне выше локального автомобильный транспорт рассматривается как линейный источник с характеристиками, сочетающимися пространственными параметрами улично-дорожной сети, где происходят выбросы, и структурные параметры транспортного потока, совершающего работу, приводящую к выбросам в окружающую среду.

На данном этапе выполняется оценка выбросов с использованием метода удельных показателей, приведенных на величину суммарного пробега транспортных средств в разрезе 5 категорий транспортных средств (легковые, грузовые и малые коммерческие автомобили, автобусы, двухколесные транспортные средства). Удельные показатели для каждой из категорий получены в ходе валовой национальной оценки высокого уровня детализации с использованием модели COPERT [1], учитывающей экологическую структуру парка транспортных средств, метеорологические параметры, и на данном этапе используются для всей территории страны.

Источников пространственной вариабельности выбросов выступает неравномерность использования транспорта, выраженная в интенсивности транспортного потока и суммарном годовом пробеге. Величина пробега

транспортных средств в разрезе категорий смоделирована на основании результатов фактических замеров на отдельных участках автомобильных дорог первостепенного значения (международные автомобильные транспортные коридоры, дороги республиканского значения) [7], характеристиках улично-дорожной сети [6], территориальной структуры землепользования [4], территориальных схем движения автобусного транспорта [5].

В ходе моделирования территориальной структуры суммарного годового пробега автомобильного транспорта получено, что общая картографическая протяженность дорог составляет 230,7 тыс. км, в том числе 15,5 тыс. км дорог первостепенного значения. Региональное распределение картографической протяженности дорог следующее: от 2,8 тыс. км в столице, выделяемой в административно-территориальную единицу первого уровня, до 44,6 тыс. в Минской области. При этом доля дорог первостепенного значения в суммарной картографической протяженности улично-дорожной сети различается. Для столицы, где к дорогам первостепенного значения относится только Минская кольцевая автомобильная дорога, она составляет 1,5 %. В административных областях вклад дорог первостепенного значения составляет от 7,1 % в Минской области до 10,4 % в Могилевской области. Плотность улично-дорожной сети варьирует в диапазоне от 0,7 км/км² в Гомельской области до 1,1 км/км² в Минской области, 1,2 км/км² Гродненской области и 12,8 км/км² в г. Минск.

Суммарный годовой пробег автомобильного транспорта в Беларуси, полученный при валовых национальных оценка выбросов [3], составляет 27750 млн маш.-км. Основной вклад вносят легковые автомобили (70,2 %), более 10 % величины формируют также грузовые и малые коммерческие автомобили. Страновые суммарные значения в разрезе категорий транспорта использованы в качестве граничных условий при получении территориальной структуры пробега на дорогах второстепенного значения.

Согласно полученной оценке с целевым пространственным разрешением 1 км дорожной сетью покрыто 123,967 тыс. км², или 59,7 % территории страны. Следовательно, в среднем на 1 ячейку целевого разрешения, покрывающую улично-дорожную сеть страны, приходится годовой пробег 223,8 тыс. маш.-км (плотность 223,8 тыс. маш.-км/км²). По территории страны значения суммарного годового пробега распределены неравномерно, со смещением в область низких значений. Медианное значение показателя составляет 0,7 тыс. маш.-км, коэффициент асимметрии – 22,0, максимальное значение для отдельной ячейки сетки – 66,736 млн маш.-км/км². Наиболее распространённым является значение годового пробега в диапазоне от 100 до 1000 маш.-км/км² (на площади 43,188 тыс. км²). Более низкие значения пробега характерны для территории 23,125 тыс. км², более высокие, соответственно, суммарно для 57,6 тыс. км².

Суммарный годовой пробег свыше 1 млн маш.-км/км² наблюдается на площади 6,65 тыс. км². Эти участки приурочены к крупным автомобильным дорогам и их пересечениям, и сосредоточены преимущественно, вблизи крупных городов. В частности, годовой пробег свыше 20 млн маш.-км/км² отмечен в городе Минске и его окрестностях, абсолютный максимум – на пересечении Минской кольцевой автомобильной дороги и дорог М-4 и Р-1 в юго-восточной и юго-западной частях города.

Среди регионов страны наибольший суммарный годовой пробег также распределен относительно неоднородно: от 2273 млн маш.-км в Гродненской области до 5058 млн маш.-км в г. Минске и 11285 млн маш.-км. в Минской области. При этом для центральной части страны характерна как высокая плотность улично-дорожной сети, так и интенсивность ее использования. Различие в интенсивности транспортного потока между Минской областью и остальными регионами составляет 1,8-3,2 раза, в столице – в 7,1 раз больше, чем в Минской области.

Из общего количества суммарного годового пробега 64,6 % связано с движением на дорогах первостепенного значения, характеризующихся 6,7 % суммарной картографической протяженности улично-дорожной сети страны. На дороги первостепенного значения в среднем приходится в 25 раз более интенсивный транспортный поток, чем на дороги второстепенного значения.

Выявлено, что дороги первостепенного и второстепенного значения различаются и по структуре транспортного потока по категориям транспорта. В частности, на дорогах первостепенного значения легковые автомобили составляют 64,4 % интенсивности, грузовые автомобили – 19,0 %, микроавтобусы – 15,5 %. Дороги второстепенного значения отличаются более высокой долей легковых автомобилей (80,9 %) и автобусов (4,6 %), за счет более низкой доли грузовых и малых коммерческих автомобилей.

Полученная высоко детализированная территориальная структура интенсивности движения автомобильного транспорта предназначена для оценки выбросов от этой категории источников со сходным пространственным разрешением.

Литература

1. Belarusian emission inventory data informative inventory report to CLRTAP/EMEP 2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2022-submissions>.
2. Jiang L. et al. Hyperfine-resolution mapping of on-road vehicle emissions with comprehensive traffic monitoring and an intelligent transportation system // Atmospheric Chemistry and Physics. – 2021. – Т. 21. – №. 22. – С. 16985-17002.
1. Pope 3rd C. A. et al. Ambient particulate air pollution, heart rate variability, and blood markers of inflammation in a panel of elderly subjects // Environmental health perspectives. – 2004. – Т. 112. – №. 3. – С. 339-345.
2. Potapov P. et al. The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results // Frontiers in Remote Sensing. – 2022. – Т. 3. – С. 856903.
3. Государственное предприятие «Минсктранс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsktrans.by/>
4. Данные OpenStreetMap для территории [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://be.gis-lab.info/data/osm_dump/dump/BY/.
5. Республиканское унитарное предприятие «Белорусский дорожный инженерно-технический центр» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://beldor.cent.r.by/>.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ВИСМУТА В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ТЕРРИТОРИИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОФАГИИ

Куровская В.В.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В., доцент Хвощевская А.А.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Выявление механизмов адаптации организма млекопитающих к изменяющимся условиям окружающей среды, а именно к геохимическим факторам, с целью прогнозирования поведения систем жизнеобеспечения и защиты человека в условиях экстремальной эколого - геохимической ситуации. Такие исследования актуальны для установления работы биогеохимических барьеров в живых организмах [1].

В настоящее время анализ распределения в органах и тканях млекопитающих редких и рассеянных элементов выступает хорошим инструментом для оценки их миграционной способности, аккумуляции на биохимических барьерах и выведении из организма.

Среди микрокомпонентов содержание висмута в природных средах весьма низкое и в этой связи сведения о его распространенности малочисленны. Его кларк близок к кларку индия, теллура и других редких элементов, а содержание в земной коре оценивается А.П. Виноградовым на уровне $9 \cdot 10^{-7}$ вес. %. Для природных вод характерны низкие содержания этого компонента и колеблются в широком диапазоне 0,003-1,13 мкг/л, а его высокие концентрации приурочены к областям с техногенной нагрузкой либо к территориям с рудопроявлением, в частности золота. В основных типах магматических пород отмечается явная тенденция к повышению средних значений висмута в кислых породах [2]. И несмотря на то, что висмут не зарегистрирован в качестве природного элемента, имеющего глобальное экологическое значение, тем не менее, он определяет региональное и локальное состояние различных экологических сред [1].

Цель исследований определение уровня содержания висмута в органах и тканях млекопитающих, обитающих на территориях горных ландшафтов, включая Приморский край, Республику Алтай и Прибайкальский край.

В качестве объектов исследования выступают органы и ткани млекопитающих: свиньи домашней (*Sus scrofa domestica*), кабана (*Sus scrofa*) и представителей травоядных животных – марала (*Cervus elaphus sibiricus*), кабарга (*Moschus moschiferus*), изюбрь (*Cervus elaphus xanthopygus*), обитающих на заповедных территориях Республики Алтай, Приморского края и Прибайкалья. Всего на содержание висмута исследовано более 561 образца.

Исследование проведено для всех систем организма. Определение висмута проводилось методом масс – спектрометрии с индуктивно – связанной плазмой на масс-спектрометре NexION 300D (Perkin Elmer, США) с предварительным микроволновым разложением высушенных образцов. Сушка исследуемых проб проводилась по стандартной методике в лаборатории геохимии Тихоокеанского института географии ДВО РАН под руководством Р.А. Макаревич. Масс – спектрометрический анализ выполнен в проблемной научно – исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета автором.

Проведенные исследования показали, что распределение элемента в органах и тканях животных неоднородно. Есть органы и ткани, выступающие концентраторами висмута. К таким относятся мочевыделительная система (почки), покровная ткань (кожа, шерсть). В то же время сердечно – сосудистая, центральная нервная система и костная ткань им не обогащены.

В количественном отношении, как уже известно из проведенных нами исследований ранее, содержание висмута колеблется в широком диапазоне значений от 0.0000п до 0.п мкг/кг при среднем его содержании 0,0036 мкг/кг. Следует заметить, что содержание висмута в организме животных не высокое и в 38 % исследуемых образцов содержание элемента ниже предела обнаружения метода (менее 0,00001 мкг/кг) Элемент находится ниже чувствительности прибора при анализе таких систем органов, как сердечно – сосудистая, центральная нервная система и в костной ткани.

Нами отмечена вариативность в содержании висмута в зависимости, как от видовой принадлежности животного, так и от территории его обитания (таб.).

Таблица

Результаты средних содержаний висмута в органах и тканях млекопитающих разных территорий

Млекопитающие	Среднеарифметическое содержание висмута, мкг/кг		
	Приморский край	Республика Алтай	Прибайкальский край
Свинья домашняя	0,0018	0,00078	0,0030
Кабан	0,0041	0,0040	0,0040
Марал, Изюбрь	0,0040	0,0013	0,0043
Кабарга	0.0032	-	-

«-» - нет данных по данному виду животного на территориях Республики Алтай и Прибайкальского края

Так, организм свиньи домашней вне зависимости от территории пребывания характеризуется минимальным содержанием висмута. Возможно, это связано с физиологической особенностью организма, а также формой

жизни – пребывание в домашних условиях и вида кормовой базы. В то же время в органы и ткани остальных животных, ведущих свободный образ жизни и самостоятельно добывающих питание, обогащены висмутом на уровне среднего содержания 0,0040 мг/кг. Что касается травоядных представителей, то только особи Республики Алтай содержат висмута в 2,5 раза меньше, чем на остальных исследуемых территориях.

Таким образом, полученные данные могут свидетельствовать о влиянии техногенного фактора на содержание элемента в организме млекопитающих, поскольку наиболее чувствительным животным является то, которое привязано к населенному пункту и питание которого во многом регулируется человеком. Дикие животные, вне зависимости от типа питания, концентрируют элемент примерно одинаково, если считать его среднее содержание на организм в целом. Вопрос более низкого содержания висмута в организме марала на территории Республики Алтай требует дополнительного изучения.

Данная работа выполнена в рамках грантов РНФ (проекты 20-67-47005, 20-64-47021). Особую благодарность автор выражает коллективу ТИГ ДВО РАН, участвующему в отборе и подготовке проб для анализа, а также проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета, предоставившей возможность проведения анализа подготовленных проб.

Литература

1. Актуальные проблемы геоэкологии и природопользования: материалы I Международной научно-практической конференции / ответственный редактор М.Ю. Беликов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2022. – 490 с.
2. Войткевич Г. В., Кокин А. В., Мирошников А. Е. Справочник по геохимии. – 1990.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ОБЪЕКТА II КЛАССА ОПАСНОСТИ НА УРБАНИЗИРОВАННУЮ СРЕДУ В Г. СВИРСК

Матюхин И.А., Икрамов З.Л., Шулунов А.И.

Научный руководитель доцент Качор О.Л.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

В ходе ранее проведенных работ по комплексной экологической оценке техногенно-нарушенных территорий по заказу администрации в г. Свирск Иркутской области, входящего в экологическую зону атмосферного влияния Байкальской природной территории, был обнаружен объект накопленного вреда окружающей среде II класса опасности [1]. Для установления влияния данного объекта на урбанизированную среду была проведена снегохимическая съемка, изучены донные отложения в непосредственной близости от объекта и ниже по течению, а также исследованы образцы флоры (листья деревьев) на территории заброшенной промплощадки «Востсибэлемент» (аккумуляторный завод).

В ходе снегохимической съемки, выполненной в конце февраля 2022 г., было отобрано 50 проб снега, включая 2 фоновые пробы, с последующим изучением двух их фракционных составляющих: жидкой (талой отфильтрованной снеговой воды) и твердой (взвешенные вещества – нерастворимый остаток на фильтре) – и расчетом пылевой нагрузки на основании содержания твердого вещества в пробах.

Сравнение содержания загрязняющих веществ в пробах снегового покрова, отобранных в городской черте, проводилось относительно концентрации этих элементов в фоновых пробах, отражающих состояние территорий, не подверженных антропогенному воздействию.

Геостатистическая обработка полученных данных была произведена методом Radial basis function в программной среде «Surfer» с последующим переносом результатов интерполяции в ГИС-проект в качестве растров для оформления карт.

Исследование отфильтрованной снеговой воды было проведено в аккредитованной лаборатории ИГХ СО РАН, по результатам которого было выявлено превышение над фоновыми концентрациями Pb (в 13 раз), As и Mn (в 10 раз), Na (в 23 раза), Cu (в 9 раз) и K (в 14 раз).

Наибольшие концентрации токсикантов выявлены непосредственно на территории промплощадки «Востсибэлемент» и прилегающей к ней территории. Наиболее контрастно это воздействие отображается на карте превышения концентрации Pb – выделяется очаговое превышение (Рис. 1.).

Причиной этого может служить перенос пылевых частиц с данной промплощадки, обусловленный несанкционированным разбором зданий и сооружений (что подтверждает наличие больших концентраций Pb в нерастворимом остатке), а также процессы выветривания, так как в строительных материалах с территории промплощадки выявлены значительные концентрации ряда химических элементов, в том числе и Pb.

В процессе исследования нерастворимой фракции снежного покрова, а также в ходе последующей обработки полученных результатов была рассчитана пылевая нагрузка. Несмотря на то, что город подвержен низкой пылевой нагрузке (менее 250 мг/м²*сут), в целом пыль содержит высокие концентрации ряда загрязняющих веществ.

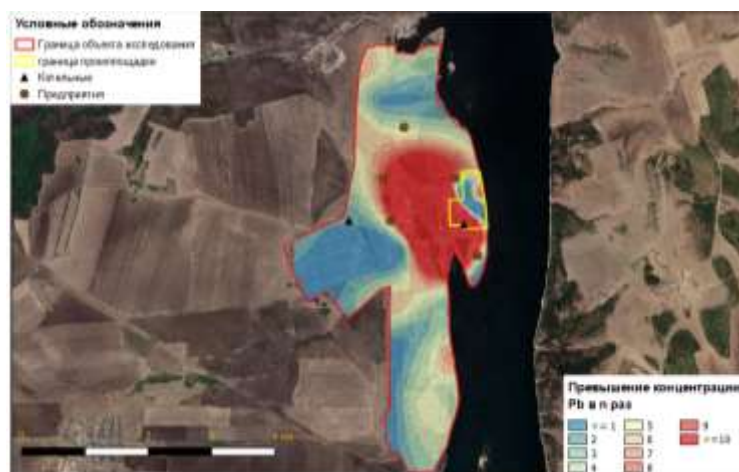


Рис. 1. Превышение концентрации Pb в жидкой фракции снегового покрова

В ходе исследовательских работ также были отобраны пробы донных отложений, изучение которых подтвердило гипотезу о миграции загрязняющих веществ с территории промплощадки в р. Ангара, где они накапливаются в донных отложениях в непосредственной близости к «Востсибэлементу», а также ниже по течению (рис. 2).



Рис. 2. Концентрация свинца в донных отложениях

Также на территории промплощадки были отобраны образцы биоты, изученные с использованием экспрессного РФА-анализатора SciAps X200. В результате проведенного анализа было выявлено, что растения на территории промплощадки аккумулируют в себе все характерные для данного техногенного объекта загрязняющие вещества: Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, из которых значительно преобладают (90 % и более) три: Pb, Cu, Zn (рис. 3).



Рис. 3. Элементы с наибольшей концентрацией в листьях растений

В ходе проведенных работ было установлено, что заброшенная промплощадка «Востсибэлемент» оказывает прямое негативное воздействие на изученные объекты окружающей среды. Загрязняющие вещества, закрепившись в биогеохимическом круговороте, способны влиять на все уровни трофической цепи.

Литература

1. Качор О. Л., Паршин А. В., Трусова В. В. Теоретическая и прикладная экология // Теоретическая и прикладная экология Учредители: Вятский государственный университет, ООО Издательский Дом "КАМЕРТОН". – №. 4. – С. 65-71.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ РОМАШКА

Мезенцева В.Е.

Научный руководитель доцент Иванов А.Ю.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Город Северск на протяжении долгого времени находился и до сих пор находится под воздействием Сибирского Химического комбината («СХК»). После остановки последних двух реакторов в 2008 г. антропогенное воздействие уменьшилось, но производственная деятельность этого комплекса ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) продолжает сопровождаться поступлением в окружающую среду загрязняющих веществ. Интерес научного сообщества и населения г. Северска заключается в получении достоверных данных о состоянии окружающей среды. Поэтому эколого-геохимическая оценка компонентов природной среды является актуальным вопросом и позволяет сделать выводы об уровне загрязнения и предположить возможные его источники. В рамках данной работы рассмотрены пойменные почвы и воды р. Ромашка.

Целью работы является эколого-геохимическая оценка компонентов природной среды нижней части бассейна реки Ромашка (Томский район).

В сентябре 2022 года были отобраны 4 пробы пойменных почв и 3 пробы воды в нижней части бассейна реки Ромашка Томского района близ СХК. Пробы воды отбирались в чистые пластиковые бутылки объемом 1,5 литра. Пробы пойменных почв были отобраны методом конверта из прикопок 20 – 25 см глубиной. Далее пробы пойменных почв просушивались при комнатной температуре, из них извлекались посторонние частицы. С помощью сито диаметром 1 мм пробы были просеяны для дальнейшего истирания на установке МВИ-1.

В отобранных пробах воды было определено 10 показателей: водородный показатель, электропроводность, хлорид – ионы, ионы кальция, фторид – ионы, нитрит-ионы, уранил-ионы, гидрокарбонат-ионы, жесткость и ртуть. Результаты проведенных анализов показаны в таблице 1.

Таблица 1

Содержание и показатели различных компонентов в воде р. Ромашка

Наименование определяемого компонента	Содержание компонента	Наименование определяемого компонента	Содержание компонента
Водородный показатель	№1 – 7,24 ед	Жесткость	№1 – 9,37 ммоль-экв/л
	№2 – 7,40 ед		№2 – 5,67 ммоль-экв/л
	№3 – 8,33 ед		№3 – 3,1 ммоль-экв/л
Электропроводность	№1 – 1244 мкСм/см	Гидрокарбонат-ион	№1 – 73,2 мг/л
	№2 – 432 мкСм/см		№2 – 34,53 мг/л
	№3 – 190 мкСм/см		№3 – 29,28 мг/л
Хлорид – ионы	№1 – 32,16 мг/л	Уранил-ион	№1 – 41 мкг/л
	№2 – 11,15 мг/л		№2 – 34 мкг/л
	№3 – 7,1 мг/л		№3 – 28 мкг/л
Ион кальция	№1 – 172 мг/л	Нитрит-ион	№1 – 0,0125 мг/л
	№2 – 56 мг/л		№2 – 0,0454 мг/л
	№3 – 23,2 мг/л		№3 – 0,0076 мг/л
Ртуть	№1 – не обнаружено	Фторид-ион	№1 – 0,094 мг/л
	№2 – не обнаружено		№2 – 0,035 мг/л
	№3 – не обнаружено		№3 – 0,016 мг/л

*Примечание: точка № 1 – р. Ромашка, точка № 2 – р. Ромашка (слияние с р. Томь), точка № 3 – Водоканал 1; жирным выделены значения, превышающие ПДК.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что в воде р. Ромашка превышены ПДК ионов кальция, жесткости, гидрокарбонат-ионов и уранил-ионов. В воде р. Ромашка (слияние с р. Томь) превышены ПДК гидрокарбонат-ионов и уранил-ионов, а в воде Водоканал 1 превышено ПДК только уранил-ионов.

СЕКЦИЯ 5. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основным методом изучения содержания элементов в пойменных почвах 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 и инструментального нейтронно-активационного анализа показаны в таблице 2.

Таблица 2

*Среднее содержание элементов в пойменных почвах нижней части бассейна
р. Ромашка и в почвах г. Томска, г/т*

Элементы, г/т	Среднее по району	Точка №1 [3]	Точка №2	Точка №3	Точка №4	г. Томск [2]	Кларк в верхней части континентальной коры [1]
Натрий, %	1,11	1,10	1,15	1,15	1,07	1,1	2,07
Кальций, %	2,34	2,69	2,03	1,86	2,77	1,4	3,89
Железо, %	1,94	2,18	2,16	2,02	1,42	3,2	4,06
Бром	0,92	1,88	0,5	1,51	0,5	8,8	11
Барий	302,66	331	310	311	259	550	210
Кобальт	8,21	8,76	10,34	8,32	5,41	14,3	17
Хром	133,98	106	174	103	152	103,6	150
Сурьма	0,54	0,63	0,54	0,58	0,43	1,6	0,5
Цинк	26,33	19,10	22,9	35,8	27,6	-	75
Мышьяк	3,54	3,88	3,87	3,80	2,61	0,4	6,5
Рубидий	46,07	55,51	43,2	48,2	37,3	76,7	110
Цезий	1,71	2,07	2,31	1,32	1,13	3,6	4
Стронций	127,1	172,0	118,0	86,0	132,0	67,3	270
Гафний	4,20	5,87	6,05	4,31	2,03	6,6	4,5
Тантал	0,39	0,86	0,5	0,45	0,12	0,85	1,4
Золото	0,0015	0,0005	0,0026	0,0021	0,0017	-	0,00436
Ртуть	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	-	0,065
Скандий	6,83	8,24	7,61	6,86	4,61	11,3	15
Тербий	0,67	0,56	0,79	1,07	0,44	1	0,89
Самарий	4,55	4,63	5,72	6,55	2,47	5,7	5,7
Европий	0,68	0,89	0,69	0,70	0,44	1,3	1,3
Лантан	16,65	20,63	18,63	16,21	11,12	25,7	32
Церий	37,58	21,97	49,44	23,08	79,51	58,6	63
Иттербий	1,85	2,32	2,33	1,70	1,04	2,7	2,5
Лютеций	0,28	0,31	0,35	0,29	0,35	0,4	0,51
Уран	1,58	1,79	3,12	1,37	0,82	2,4	2,5
Торий	4,34	5,87	4,25	4,37	2,88	7,5	9,3

*Примечание: жирным выделены значения, превышающие кларк в верхней части континентальной коры [1]; точка № 1 – р. Ромашка, точка № 2 – водоканал 1, точка № 3 – водоканал 2, точка № 4 – р. Ромашка (слияние с р. Томь).

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что средние содержания Ва и Sb по району превышают кларк в верхней части континентальной коры [1], а также в отдельных точках выделяются такие элементы как Hf, Tb, Sm и U, остальные же – не превышают значения кларка [1]. Среднее содержание элементов в почвах г. Томска [2] превышают практически все значения по району нижней части бассейна р. Ромашка, исключение – Sr, As, Cr, Ca и Na. Чтобы оценить повышенные содержания элементов в пойменных почвах, были посчитаны геохимические ряды (таблица 3).

Таблица 3

Геохимические ряды

Среднее по району	Ba17,80 – Sb1,08 – Hf0,93 – Cr0,89 – Sm0,80 – Tb0,75 – Yb0,74 – Ce0,71 – U0,63 – Ca0,60 – Lu0,55 – As0,55 – Na0,54 – Eu0,52 – La0,52
-------------------	---

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о повышенных содержаниях таких элементов как Ва и Sb в пойменных почвах нижней части бассейна реки Ромашка.

Результаты атомно-абсорбционного анализа и инструментального нейтронно-активационного анализа показали, что среднее содержание элементов в пойменных почвах р. Ромашка практически не превышает кларк [1] и средние содержания элементов в почвах г. Томска [2]. Исключение составляют такие элементы как Ва и Sb – по кларку в верхней части континентальной коры и Sr, As, Cr, Ca и Na – по среднему содержанию элементов в почвах г. Томска.

Литература

1. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: Издательство Уральского отделения РАН, 2009. – 383 с.

2. Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.36 / Л. В. Жорняк; Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. Е. Г. Язиков. – Томск, 2009. – 22 с.
3. Мезенцева В. Е. Изучение геохимических особенностей почв в районе р. Ромашка (Черныльщиково), г. Северск // 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, Томск, 4-8 апреля 2022 г. Т. 1. – Томский политехнический университет, 2022. – Т. 1. – С. 293-295.

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТНОГО СЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РТУТЬОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Носкова А.А., Никулина Е.П.

Научный руководитель доцент Волгина Т.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уже долгое время ртуть находит широкое применение в различных сферах промышленности, таких как сжигание твёрдых отходов, добыча золота и полезных ископаемых. При производстве консервантов и противогрибковых средств соединения на ее основе являются активными веществами. Пестициды, содержащие ртутьорганические соединения, ранее применяемые как вещества для уничтожения или снижения активности организмов-вредителей в агропромышленности, сейчас вышли из оборота по причине своей высокой токсичности для теплокровных животных и человека. Так, например, значения ПДК для наиболее токсичных ртутьорганических алкил- и фенилпроизводных в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования не должны превышать 0,0001 мг/дм³ [4].

Вследствие устойчивости пестицидов к разложению также актуальна проблема обнаружения ртутьорганических соединений в объектах, ранее никогда не подвергавшихся их обработке, что является основным фактором в процессе вторичного загрязнения различных экосистем.

Разработка недорогих, эффективных и вместе с тем экспрессных способов определения ртутьорганических соединений в образцах, является актуальной и приоритетной задачей в области аналитической химии. В данной работе был произведен подбор наиболее простого и быстрого способа определения ртутьорганических соединений, который может быть адаптирован для идентификации ртутьсодержащего пестицида гранозан с помощью полиметилметакрилатной матрицы [3].

Объект исследования – пестицид гранозан с активным веществом этилмеркурхлорид. В данной работе рассматривали образцы с двумя видами красителей – Родамин С и Фиолетовый К.

Цель работы заключается в разработке оптического сенсора для определения ртутьорганических соединений иммобилизованных на полиметилметакрилатную матрицу при исследовании водных объектов окружающей среды.

Актуальность работы связана с необходимостью определения ртутьсодержащих соединений в формате экспресс-метода, не требующего сложного аппаратного оформления и дающего возможности проведения анализа удаленно от аналитических лабораторий.

В состав препаратов кроме активного вещества и синтетических красителей могут входить также масла и неорганические наполнители. Определение содержания ртутьорганических соединений в таких смесях затруднено наличием примесей, поэтому в данной работе был применен метод разложения красителей Родамин С и Фиолетовый К с помощью ультрафиолетового излучения. Метод также перспективен как дополнительный фактор разложения ртутьорганики в ходе эксперимента вследствие фотохимической деструкции [6].

Использование оптических сенсоров в аналитической химии позволяет определять вещества с минимальной подготовкой проб с достаточно точным и воспроизводимым результатом. Полиметилметакрилатные матрицы в качестве сенсора имеют ряд преимуществ по сравнению с материалами однократного использования, такими как полимеры в виде гранул, различные мембраны и бумага. Они отличаются повышенной устойчивостью к химическим соединениям, прочностью и эффективностью [1].

Определение содержания ртути в растворах производилось методом спектрофотометрии. На рисунке 1 представлена схема проведения твердофазного спектрофотометрического определения.



Рис. 1. Схема проведения твердофазного спектрофотометрического определения

Готовили растворы пестицида гранозан с двумя разными красителями: Родамин С и Фиолетовый К [2]. Далее в растворы помещались полиметилметакрилатные матрицы и выдерживались в них при постоянном перемешивании в течение определенного времени. После выдерживания в растворы добавлялся хлороформный раствор дитизона. После перемешивания смеси органическую фазу, имеющую желтый цвет, отделяли. В водную фазу добавляли новые порции раствора дитизона и продолжали взбалтывать до тех пор, пока раствор не переставал изменять окраску. Далее хлороформные вытяжки соединяли, с помощью спектрофотометра измеряли оптическую плотность растворов, а также оптическую плотность полиметилметакрилатных матриц.

Также исследовали влияние наличия красителей Родамин С и Фиолетовый К на полученные данные методом облучения ультрафиолетовым излучением растворов при выдерживании полиметилметакрилатных матриц в них.

В результате были получены спектры поглощения растворов гранозана с красителями Родамин С и Фиолетовый К с различным временем выдерживания полиметилметакрилатных матриц в них. На основе этих данных определили максимумы оптической плотности и построили графики ее изменения в течение времени выдерживания в растворах полиметилметакрилатных матриц. На рисунке 2 представлены спектры поглощения полимерной матрицы, модифицированной дитизоном, до и после взаимодействия с пестицидом гранозан.

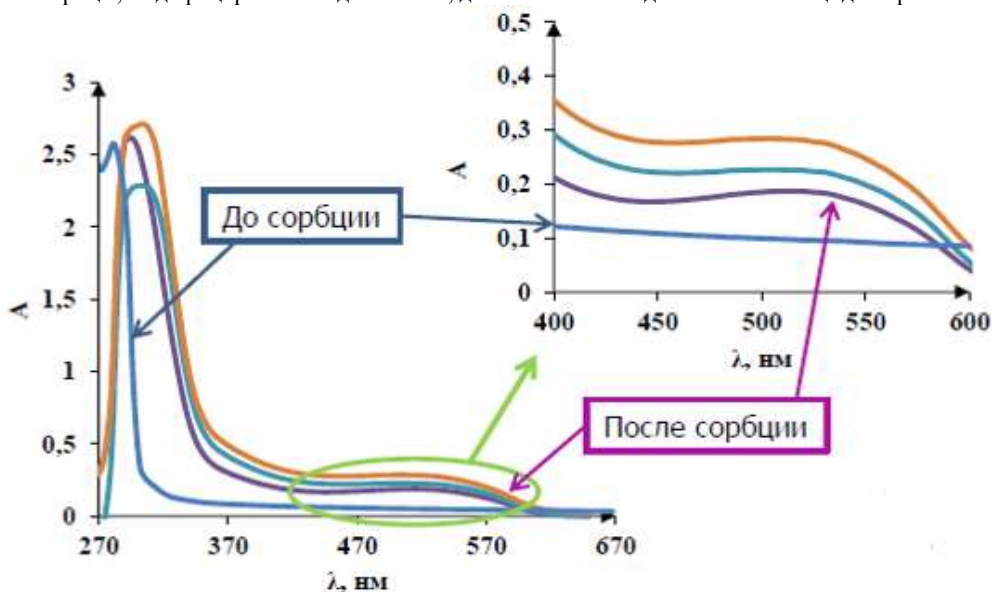


Рис. 2. Спектры поглощения полимерной матрицы, модифицированной дитизоном, до и после взаимодействия с пестицидом гранозан

Установлено, что пики на полученных в ходе эксперимента спектрах схожи с литературными, что показывает наличие красителей на полиметилметакрилатных матрицах при иммобилизации на них исследуемых веществ. Данные спектров после выдерживания образцов под ультрафиолетовым облучением подтверждают разложение Родамина С и Фиолетового К. Добавление этапа облучения ультрафиолетом в пробоподготовку перед определением ртутиорганики может устранить проблему наложения пиков образующихся дитизонатов ртути на пики красителей и позволить дать более точные выводы о содержании активных веществ в растворе и на иммобилизованных матрицах [5].

Метод твердофазной спектрофотометрии в данной работе был достаточно успешно применен и позволил добиться минимального объема образца, взятого для анализа, а также понизить предел обнаружения за счет увеличения концентрации исследуемого вещества в меньшем объеме.

Литература

1. Ahmed M. J., Alam M. S. A rapid spectrophotometric method for the determination of mercury in environmental, biological, soil and plant samples using diphenylthiocarbazone // Spectroscopy. – 2003. – Т. 17. – №. 1. – С. 45-52.
2. Suvarapu L. N., Seo Y. K., Baek S. O. Speciation and determination of mercury by various analytical techniques // Reviews in Analytical Chemistry. – 2013. – Т. 32. – №. 3. – С. 225-245.
1. Алов Н. В., Барбалатов Ю. А., Гармаш А. В. Основы аналитической химии. Методы химического анализа. – 2002.
2. Гавриленко Н. А., Саранчина Н. В., Гавриленко М. А. Твердофазно-спектрофотометрическое определение меди (II) с использованием неокупроина, иммобилизованного в полиметакрилатной матрице // Аналитика и контроль. 2016. № 4. – 2016. – Т. 20. – №. 4. – С. 330-336.
3. Кики П. Ф., Гельцер Б. И. Экологические проблемы здоровья. – 2004.
4. Костенко Е. Е. Твердофазная спектрофотометрия – эффективный метод определения тяжелых металлов в пищевых объектах / Е. Е. Костенко, М. И. Штокало // Журнал аналитической химии. – 2004. – Т. 59. – №12. – С. 1276–1282.

СЛЕД ТУНГУССКОГО СОБЫТИЯ 1908 Г. В ДОННОМ ОСАДКЕ ОЗЕРА ПЕЮНГДА ПО ДАННЫМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА-СИ

Новиков В.С.

Научный руководитель доцент А.В. Дарьин

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

В июне 1908 г. в районе Подкаменной Тунгуски произошел мощный взрыв, причиной которого, вероятно, считается падение Тунгусского космического тела (ТКТ). Однако, на сегодняшний день не обнаружено ни место падения, ни фрагменты метеоритных остатков [1].

Объектом исследования являются донные отложения озера Пеюнгда. Озеро Пеюнгда располагается в пределах ГПЗ «Тунгусский» в Эвенкийском автономном округе, на расстоянии в 33 км от эпицентра взрыва ТКТ. Пеюнгда представляет собой пресноводное озеро округлой формы диаметром более 800 м и максимальной глубиной 30 м. Площадь составляет 0,5 км² (рис. 1).

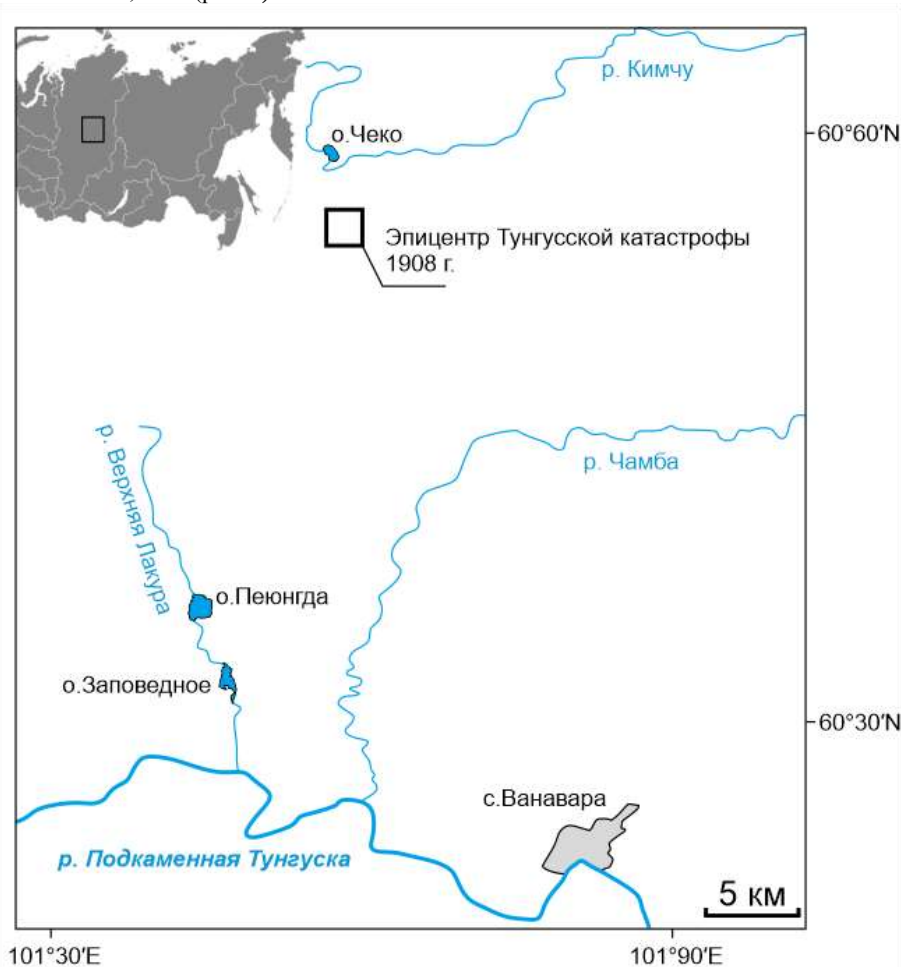


Рис. 1. Географическое расположение озера Пеюнгда

В данной работе авторами представлен результат исследования минерального и элементного состава слоев, датированных временным интервалом 1908-1910 гг., в донных осадках озера Пеюнгда. Результаты представлены по данным электронного микроскопа и сканирующего рентгенофлуоресцентного анализа на пучках синхротронного излучения (микро РФА-СИ) [2].

Отбор кернов осуществлялся в июне 2015 и 2022 гг. из самой глубокой части озера с использованием ударного пробоотборника «Uwitec Piston corer». Отобраны три керна Re-15, Re-22-1 и Re-22-3, длиной 810 мм, 1076 мм и 1187 мм, соответственно. После фотографирования и описания из одной половины керна готовились дискретные образцы нарезкой с шагом 10 мм. Из второй половины изготавливались твердые образцы, пропитанные эпоксидной смолой, для непрерывного РФА-сканирования в синхротронном центре ИЯФ СО РАН по методике [2].

Для анализа использовались 2-миллиметровые плоскопараллельные образцы с пришлифованной поверхностью, изготовленные из твердых препаратов донных отложений. Сканирующий микро-РФА-СИ пластинок проводился в ЦКП «Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения» по методике [2]. Для микро-РФА-СИ была использована монохроматическая энергия возбуждения в 23 кэВ с временем измерения в каждой точке 40 с, что позволяло получить статистически достоверную информацию о содержаниях более 20 породообразующих

и микроэлементов (K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Th, U) в каждой точке сканирования. Шаг сканирования составлял 1 мм.

В каждом керне отмечена тонкая слоистость, что свидетельствует об отсутствии волнового перемешивания и биотурбации донных осадков. На глубине 7-8 см наблюдается наличие визуально выделяемого светлого слоя мощностью до нескольких мм. Данные сканирующего микроанализа показали, что в слое 1908–1910 гг. наблюдаются как повышенные, так и пониженные содержания ряда породообразующих и микроэлементов (рис. 2).

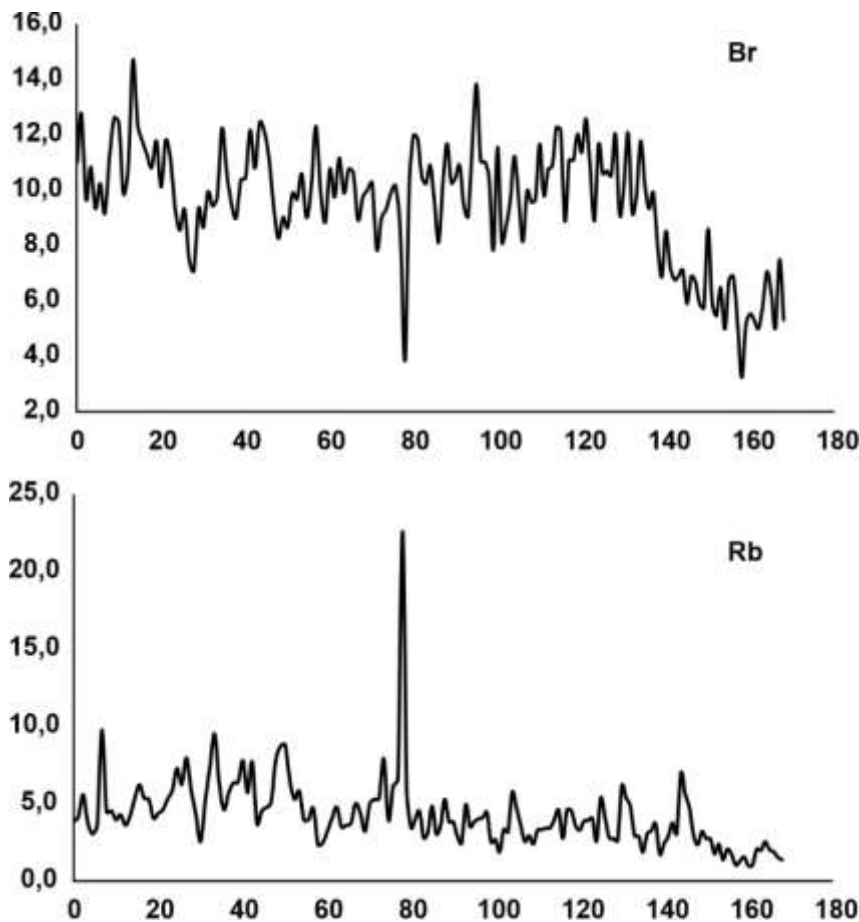


Рис. 2. Повышенные содержания Rb и Br на интервале 78 мм

Отработана методика сканирующего микро-РФА на пучках синхротронного излучения для изучения кернов донных осадков. Полученные данные позволяют сделать вывод о наличии следов ТКТ 1908 г. в составе донных осадков озера Пеюнгда. Появляется возможность проведения целенаправленного поиска предполагаемых следов вещества внеземного происхождения в виде минеральных частиц в датированных слоях донного осадка. Для этого необходимо получение большего количества материала из соседних озер региона исследования.

Литература

1. Григорян С.С., Ибодов Ф.С., Ибадов С.И. Тунгусский феномен 1908 года: Аналитический обзор истории исследований // Вестник РФФИ. – 2009. – № 1–2 (61–62). – С. 56-71.
2. Дарьин А. В., Калугин И. А., Ракшун Я. В. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. – 2013.

**ПЛАНИРОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПУНКТА
ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ФИЛИАЛА
«СЕВЕРСКИЙ» ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Оманбоев Д.И.¹, Адонин Н.Р.², Матвеев И.С.³, Кокорев О.Н.³

Научный руководитель доцент Жилина Е.Н.¹

¹*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

²*Северский технологический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Северск, Россия*

³*Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, филиал «Северский», г. Северск, Россия*

Одной из важнейших задач, стоящих перед атомной отраслью, является обеспечение безопасной эксплуатации при обращении с радиоактивными отходами (РАО). К концу 1970-х годов было установлено, что наиболее безопасным и экономически эффективным способом обращения с жидкими радиоактивными отходами (ЖРО) является их глубинное захоронение. В Томской области подземное захоронение ЖРО осуществляется на двух промышленных площадках на расстоянии порядка 10 км от г. Северска. Одна площадка (18а) используется для захоронения технологических отходов среднего уровня активности, используется с 1963 г., а вторая площадка (18) – для захоронения отходов низкого уровня активности, которая находится в промышленной эксплуатации с 1967 года [12]. Обеспечение надежной изоляции РАО определяется технологией нагнетания ЖРО, а также геологическими условиями среды, куда производится захоронение отходов [1]. Закачка ЖРО выполняется через специальные нагнетательные скважины в нижние горизонты чехла Западно-Сибирской плиты, сложенного песчано-глинистой толщей мезо-кайнозойского возраста общей мощностью до 470 м.

Уже 60 лет, с начала пуска в эксплуатацию, в целях подтверждения локализации ЖРО в установленных прогнозных границах и подтверждения технической исправности состояния подземных сооружений, на пункте глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (ПГЗ ЖРО) филиала «Северский» ведется мониторинг состояния недр и подземных сооружений [2, 5, 8]. Получаемые в результате мониторинга данные по состоянию недр и подземных сооружений (геотехнологический мониторинг) [1, 3] используются в качестве исходных для верификации разработанных и применяемых моделей, с целью обоснования долговременной безопасности ПГЗ ЖРО и при необходимости оптимизации режимов захоронения ЖРО [11].

Система геотехнологического мониторинга включает в себя:

- контроль технического состояния подземной части нагнетательных и наблюдательных скважин и контроль геофизических полей по разрезу скважин для оценки миграции РАО;
- гидродинамический мониторинг подземных вод;
- гидрохимический мониторинг подземных вод;
- накопление и отображение получаемых данных в геоинформационной системе;
- выполнение прогнозного моделирования (локального и регионального) и анализ результатов для своевременного принятия решений [9].

При сборе исходных данных для построения гидрогеологических моделей ПГЗ ЖРО, нужна статистика длительных рядов наблюдений (10 и более лет) за осадками, наземным стоком, испарением, влажностью, скоростью ветра и др. Трендовые оценки хотя бы на ближайшие 100-летие по осадкам особенно важны в связи с глобальными климатическими изменениями, когда суммарные осадки за год в будущем будут только увеличиваться. Влажность, скорость ветра и температура необходимы для воднобалансовых расчетов.

Режим и баланс подземных вод тесно взаимосвязаны. Водный баланс ПГЗ ЖРО, обусловленный влиянием геоэкологических естественных факторов (осадки, испарение, транспирация, и других факторов), предопределяет направленность и характер режима подземных вод. Дополнительные геоэкологические наблюдения позволят оперативно выявлять нештатные ситуации, вызванные техногенными факторами. Поэтому усовершенствование системы геотехнологического мониторинга позволит повысить безопасность эксплуатации ПГЗ ЖРО филиала «Северский» [2, 6, 7].

В рамках плановых геоэкологических исследований на территории ПГЗ ЖРО авторами была выполнена оценка динамики напряженно-деформированного состояния горных пород (НДС ГП) при изменении режима эксплуатации нагнетательной скважины, даны рекомендации по применению метода естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ) для геотехнологического мониторинга пунктов глубинного захоронения ЖРО [10]. Исследования по оценке реакции геологической среды на изменение работы нагнетательной скважины ЖРО, впервые поставленные специалистами ФГУП «НО РАО» филиала «Северский», НИ ТГУ, Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и АО «Сибирский химический комбинат» с использованием метода ЕИЭМПЗ, показали, что при изменении режима работы нагнетательной скважины происходит изменение НДС в массиве горных пород, залегающем выше эксплуатационного горизонта. Так как процесс изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород на ПГЗ ЖРО до конца не изучен, то необходимо продолжить исследования. Для более детального изучения данного процесса в рамках дополнительных геоэкологических исследований предлагается:

- проведение цикла дополнительных геофизических исследований в летний период, т.к. в это время года выше естественный уровень фоновых значений литосферной составляющей импульсных электромагнитных полей Земли и соответственно выше отношение сигнал/шум;
- создание в районе нагнетательных скважин специальной стационарной сети наблюдений и выполнение по ней систематических высокоточных геодезических измерений;

- организация автоматизированного мониторинга изменения параметров режима работы всех нагнетательных скважин полигона, а именно: моменты времени включения/отключения, изменения давления нагнетания и расхода ЖРО в режиме реального времени [10]. В данной связи актуальным становится создание телеизмерительной информационной системы (ТИИС) для выявления и предупреждения опасных геотехнологических процессов не только в окружающей среде, но и в недрах. В качестве измеряемых параметров выступают: уровень, температура, pH проводимость подземных вод, температура и давление окружающего воздуха, количество осадков, скорость испарения вод, толщина снежного покрова, температура грунта и др. На техническом уровне ТИИС геозоологического мониторинга использует интеллектуальные датчики с регистраторами, оптоволоконные сети с «горячим» резервированием и каналы сотовой связи, промышленные контроллеры, SCADA-систему, систему управления базами данных [4]. На программном уровне система может снабжаться средствами самообучения и прогнозирования, а также предоставлять графический интерфейс для ввода данных, которые пока не могут быть получены автоматически. Представленная концепция реализации телеизмерительной информационной системы геозоологического мониторинга может быть адаптирована практически под любые условия и пункты глубинного захоронения ЖРО [6].

По результатам проведенных дополнительных геозоологических исследований, в рамках обработки полученных фактических результатов, предлагается выполнить математическое моделирование физико-химических процессов, происходящих в пласте-коллекторе при глубинном захоронении ЖРО.

Литература

1. Данилов В. В. и др. Геолого-математическая модель пласта-коллектора полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов филиала "Северский" ФГУП "НО РАО" // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2018. – Т. 61. – №. 12-2. – С. 19-24.
2. Жилина Е.Н., Кокорев О.Н. и др. Геозоологические исследования и организация системы мониторинга при строительстве и эксплуатации приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов 3 и 4 классов опасности // Всероссийская конференция с международным участием «Геохимия окружающей среды» –М.: ИМГРЭ, 2022. –С. 86-87.
3. Зубков А. А. и др. Анализ системы геотехнологического мониторинга полигона подземного захоронения жидких радиоактивных отходов СХК //Разведка и охрана недр. – 2007. – №. 11. – С. 56-61.
4. Истомин А.Д. и др. А. Система информационного обеспечения управления полигоном глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Изв. вузов. Физика. – 2021. – Т. 64. – № 2-2. – С. 34-39.
5. Кокорев О. Н. и др. Автоматизированная система гидродинамического мониторинга для обеспечения экологической безопасности пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов. – 2021.
6. Кокорев О.Н. и др. Телеизмерительная информационная система геозоологического мониторинга состояния недр и подземных сооружений пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Разведка и охрана недр. – 2023. – № 4. – С. 16-22.
7. Кокорев О.Н. и др. Концепция умного полигона глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Изв. вузов. Физика. – 2018. –Т. 61 – № 12-2. – С. 45-49
8. Кокорев О.Н., Мартыанов В.В. Обоснование безопасной эксплуатации пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов с использованием системы геотехнологического мониторинга // Материалы XXVIII Всероссийской молодежной конференции земной коры. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2019. – С. 86-87.
9. Кокорев О.Н., Спешиллов С.Л. Анализ системы геотехнологического мониторинга пункта глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов филиала «Северский» ФГУП «НО РАО» // Всероссийская конференция с международным участием «Геохимия окружающей среды» – М.: ИМГРЭ, 2022. – С. 87-88.
10. Малышков С.Ю., Кокорев О.Н. и др. Оценка влияния нагнетания жидких радиоактивных отходов на изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород // Разведка и охрана недр. – 2023. – № 4. – С. 43-48.
11. Пронь И.А. и др. Подход к мониторингу состояния недр и подземных сооружений и результаты мониторинга пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. – 2018. – № 4(5). – С. 42-48.
12. Устинова В. Н. и др. Условия хранения жидких радиоактивных отходов на полигоне СХК / Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV Международной конференции. Томск, 4–8 июня 2013 г. Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – С. 538-541.

ДИНАМИКА УРОВНЯ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (Г. ТОМСК)

Петуныкин С.П.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В ходе активного развития отраслей промышленности в городах в настоящее время наблюдается значительное увеличение загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятий [1]. Одним из загрязнителей выступают аэрозоли, переносимые воздушными массами на значительные расстояния от источника выбросов. Для определения загрязнения используется снеговой покров – показатель состояния атмосферного воздуха в зимнее время, обладающий высокой сорбционной способностью.

Цель работы – выявить особенности вещественного состава твердой фазы снега в районе расположения нефтехимического завода (г. Томск), установить взаимосвязь с составом выбросов твердых веществ предприятия, изучить динамику пылевой нагрузки и элементного состава нерастворимой фазы снегового покрова.

В работе представлены результаты исследования атмосферных выпадений на территории и в окрестностях нефтехимического комбината в г. Томск по данным изучения снегового покрова. Отбор проб проводился по векторной сети с учетом направления ветра (главствующие направления – южное и юго-западное). Пробы были отобраны автором в 2022 году как на территории предприятия, так и в радиусе 3 км северо-восточнее, севернее и юго-западнее от него. Всего было отобрано 20 проб снега, которые прошли стандартную процедуру таяния и фильтрации, а затем были просушены и просеяны через сито с диаметром ячейки 1 мм [3].

Далее состав проб был изучен в аккредитованных лабораториях с использованием методов масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и инструментального нейтронно-активационного анализа. Кроме того, минеральный состав был проанализирован с помощью бинокулярного микроскопа в соответствии с патентом № 2229737 «Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами» [6].

Установлено содержание в пробах различных типов частиц и их происхождение (природное/антропогенное): выявлено преобладание техногенных частиц в пробах, отобранных на территории предприятия и в юго-западном удалении (60–80 % техногенных частиц). Природные частицы преобладают в пробах северного и северо-восточного вектора (до 85 %). К природным типам частиц отнесены кварц, полевые шпаты, слюда, биогенные частицы, к техногенным – алюмосиликатные микросферулы, частицы сажи и шлака, кирпичная крошка, микропластик, древесные опилки.

Уровень пылевой нагрузки в зоне воздействия нефтехимического комбината лежит в диапазоне от низкого до среднего. Наиболее высокие значения пылевой нагрузки зафиксированы в юго-западном удалении от предприятия – здесь наблюдается превышение фонового значения пылевой нагрузки до 50 раз. Данный факт обусловлен воздействием не только рассматриваемого предприятия, но и многих других крупных и мелких производств, расположенных в данном районе. На территории предприятия пылевая нагрузка превышает фон от 2,5 до 7 раз. В северном и северо-восточном направлениях пылевая нагрузка минимальна. Результаты мониторинга за 2009–2022 гг. показывают снижение уровня пылевой нагрузки в зоне воздействия нефтехимического завода более чем в 2 раза (рисунок 1).

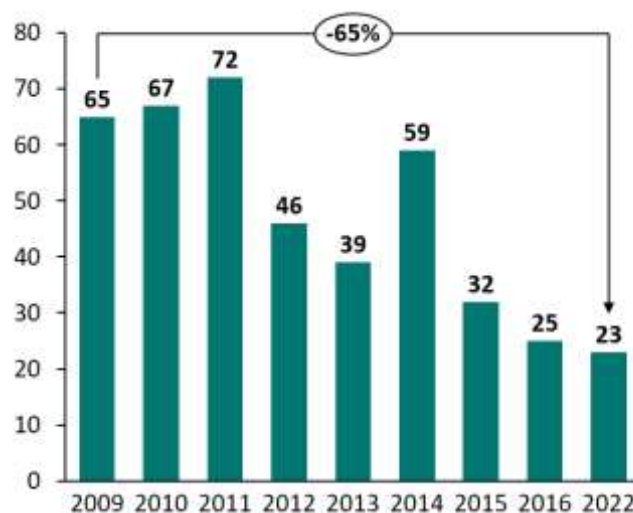


Рис. 1. Динамика пылевой нагрузки в районе исследования за 2009–2022 годы, мг/(м²*сут)

По результатам анализа методом ИНАА были определены концентрации 28 химических элементов в пробах твердого осадка снега. Для оценки уровня загрязнения для каждого элемента в каждой точке были рассчитаны коэффициенты концентрации. Характерными элементами-индикаторами пылеаэрозольных выпадений в снеговом покрове территории нефтехимического производства являются Br и Sb [5] с соответствующими коэффициентами концентраций (4,1) и (5,1). По результатам многолетних эколого-геохимических исследований сотрудниками кафедры ГЭГХ ТПУ в Томском районе данные химические элементы установлены в компонентах природной среды (снеговой покров, почва, растительность, живое вещество) как элементы-индикаторы воздействия нефтехимического завода (Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, А.В. Таловская, А.Ю. Шатилов, 1990–2015). Анализируя результаты исследований, можно увидеть многолетнюю динамику по снижению содержания индикаторных элементов в снежном покрове (рисунок 2). Данный факт свидетельствует об эффективности мероприятий, проводимых предприятием с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду [2].

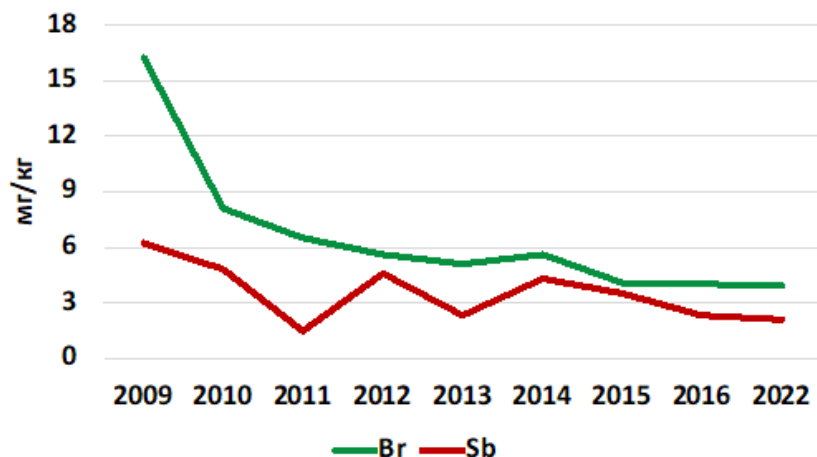


Рис. 2. Динамика содержания Br и Sb в нерастворимом осадке снегового покрова в районе расположения нефтехимического производства (г. Томск)

Литература

1. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Томской области в 2021 году» / Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГБУ «Облкомприрода». – Томск, 2022. – 134 с.
2. Майер Э. А., Коваль Е. О., Климов И. Г. Совершенствование процесса производства полипропилена по суспензионной технологии в ООО "Томскнефтехим" при внедрении новых каталитических систем // Катализ в промышленности. – 2011. – №. 5. – С. 75-80.
3. Ревич Б. А. и др. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 112 с.
4. Таловская А. В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей: дис. – 2008.
5. Язиков Е. Г., Таловская А. В., Жорняк Л. В. Минералогия техногенных образований. – 2016.
6. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Таловская А. В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами. – 2004.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КИСЛОТНОЙ АКТИВАЦИИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА

Покидько Б.В.¹, Изосимова Ю.Г.², Данилин И.В.²,
Толпешта И.И.², Тюпина Е.А.³, Белоусов П.Е.¹

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

³Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия

Природные и синтетические цеолиты относятся к перспективным и широко применяемым на практике сорбентам. В зависимости от типа цеолиты обладают иерархической системой пор, включая микро- и мезопоры, при этом поверхность цеолитов несет отрицательный заряд. Наряду с природой адсорбционных центров важнейшую роль играет доступность поверхности, главным образом, поверхности мезопор, для адсорбции. Так, при адсорбции катионов, несмотря на высокий отрицательный заряд поверхности, вся или большая часть поверхности мезопор является недоступной для ионообменной адсорбции крупных катионов переходных металлов. С другой стороны, поверхность природных цеолитов проявляет слабое сродство к анионам. Таким образом, несмотря на ряд важных преимуществ, природные и синтетические цеолиты имеют и недостатки – ограничения по сорбции ионов определенного типа.

Для повышения адсорбционной способности минеральных частиц традиционно применяются различные методы химической и физико-химической активации и модификации поверхности, включая методы кислотной активации. При этом существенно меняются свойства поверхности, включая адсорбционные и адгезионные. Кислотная активация, в зависимости от условий, может приводить к изменению типа и плотности активных центров, удельной поверхности, а также к изменению пористой структуры и распределения пор по размерам. В случае цеолитов, обладающих весьма инертными и устойчивыми структурами, процесс кислотной активации имеет сложную закономерность и на сегодняшний момент достаточно мало изучен, несмотря на перспективность данных исследований, в особенности в случае экономически доступного цеолит-содержащего природного сырья.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований по сорбции неорганических катионов (Cu^{2+} , Cu-triene , NH_4^+ и анионов $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) на природном и кислотно-активированных образцах цеолита. В качестве исследуемого образца использовался цеолит Сокерницкого месторождения, состоящий на 70 %

из клиноптиллолита. Кислотную активацию цеолита проводили в 1% суспензии с использованием 1, 2, 4 и 8 М азотной кислоты при комнатной температуре и 90 °С в течение 2 часов при механическом перемешивании. После кислотной обработки образцы отмывались от избытка кислоты до pH 4,7-5,0.

Изменение структуры цеолитов, происходящее в процессе кислотной активации, исследовалось методами рентгеновской дифракции (дифрактометр Ultima-IV компании Rigaku) и элементного рентгенофлуоресцентного анализа (PANalytical, Axios MAX). Методом низкотемпературной адсорбции азота (Quadratorb SI/Kr) получена информация об изменении удельной поверхности и распределения пор по размерам в результате кислотной обработки.

На рис. показана зависимости удельной поверхности (а), объема микропор (б), а также степени извлечения катионов меди ($K_{извл}$) (в). В таблице представлена зависимость содержания катионов, входящих в состав обменного комплекса от концентрации азотной кислоты, используемой для обработки природного цеолита, при различных температурах обработки.

Клиноптиллолит содержит в составе обменного комплекса катионы К, Na, Са, Mg, располагающиеся в микропоровом пространстве. Наличие микропор и обменных катионов вызывает стерические затруднения при ионообменной и других видах адсорбции. При этом микропористая поверхность практически не доступна для адсорбции азота и вносит минимальный вклад в удельную поверхность сорбента. В результате кислотной обработки удельная поверхность растет, особенно резко при высокотемпературной обработке, также как и объем микропор, доступных для адсорбции (рис., а, б), что хорошо согласуется с результатами, приведенными в [3]. Было обнаружено, что чем в более жестких условиях протекает кислотная обработка (температура, концентрация кислоты), тем выше становится поглощающая способность цеолита по отношению к Cu(II).

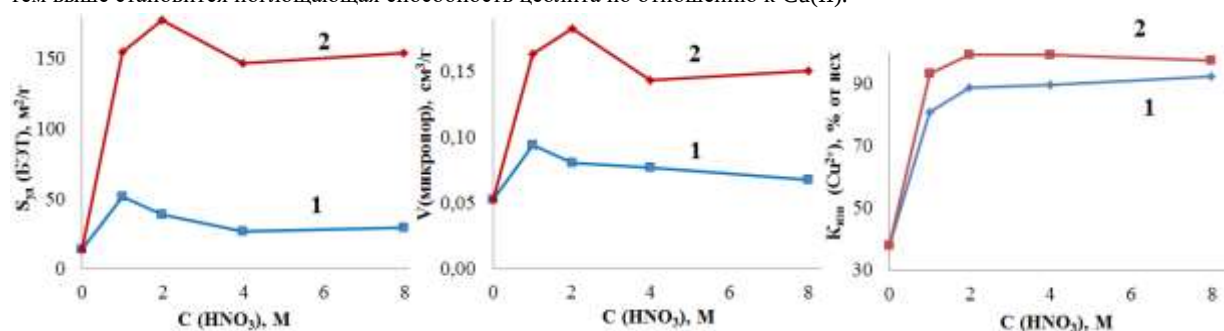


Рис. Зависимость величины удельной поверхности (а) и объема микропор (б) от концентрации HNO₃, используемой для активации при различных температурах (1 – 20 °С, 2 – 90 °С). в – зависимость степени извлечения катионов меди

Таблица

Содержание оксидов Са, Mg, К и Na в цеолите после кислотной обработки в различных условиях

	T = 20 °C					T = 90 °C			
	исх.	1M	2M	4M	8M	1M	2M	4M	8M
Na ₂ O	1,48	0,47	0,48	0,45	0,41	0,37	0,35	0,37	0,41
MgO	0,65	0,70	0,62	0,65	0,60	0,30	0,26	0,21	0,18
K ₂ O	3,35	2,24	2,06	2,03	1,87	1,95	1,88	1,77	1,72
CaO	2,38	2,08	2,10	2,04	1,98	0,55	0,51	0,46	0,43

При этом зависимость адсорбционных характеристик от условий кислотной обработки в обеих температурных сериях не линейна, что согласуется с данными [2]. В случае обработки как при 20 °С, так и при 90 °С можно заметить (таблица), что с ростом концентрации кислоты наблюдается экстремальная зависимость потери обменных катионов, также как и величины удельной поверхности образцов и объема микропор от концентрации HNO₃, что предположительно может быть связано с изменением кристаллической структуры цеолита под действием кислоты.

Таким образом, в работе было показано, что кислотная активация цеолита приводит к повышению адсорбции катионов Cu²⁺, а также других типов водорастворимых неорганических и органических катионов и анионов, причем для максимального роста адсорбционных показателей достаточным является достижение средних значений концентрации кислоты (1-2 М), и дальнейшее повышение концентрации кислоты приводит к некоторому снижению величины адсорбции, пропорциональной величине удельной поверхности образцов (по N₂), отражающей адсорбционную способность сорбентов

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-77-10050)

Литература

1. Silva M. et al. Tailoring natural zeolites by acid treatments // Journal of Materials Science and Chemical Engineering. – 2019. – Т. 7. – №. 2. – С. 26-37.
2. Tsitsishvili V. et al. Acid Resistance and Ion-Exchange Capacity of Natural Mixtures of Heulandite and Chabazite // Minerals. – 2023. – Т. 13. – №. 3. – С. 364.
3. Velichkina L., Barbashin Y., Vosmerikov A. Effect of Acid Treatment on the Properties of Zeolite Catalyst for Straight-Run Gasoline Upgrading // Catalysis Research. – 2021. – Т. 1. – №. 4. – С. 1-12.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Пушкарева А.А.

Научный руководитель доцент Азарова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель: изучить и проанализировать успешные экологические проекты и меры для улучшения экологической ситуации в мире. Наиболее перспективные практики взять на вооружение для реализации собственных проектов.

Экологические проблемы являются одной из самых острых в современном мире и вызваны промышленным развитием и наращиванием экономики. Реализация экологических проектов является важной задачей перед правительствами и обществом. Экологические проекты могут иметь различный масштаб и цель – сделать мир более экологически чистым и устойчивым. Реализация экологических проектов требует понимания важности проблемы и активной поддержки инициатив.

На сегодняшний момент существует несколько типов экологических проектов:

- 1) создание экологически чистых городов. Севастополь – лидер рейтинга самых экологически чистых городов России.
- 2) улучшение качества воздуха в городах через повышение энергоэффективности зданий, озеленение и сокращение площади городов.
- 3) повышение эффективности использования ресурсов, особенно энергии и воды, путем процесса преобразования сточных вод в воду, которая может быть повторно использована для других целей.
- 4) защита и восстановление природы, включая лесовосстановление и охрану биоразнообразия.
- 5) обучение и просвещение людей в области экологии путем реализации социальных проектов.

Реализация таких проектов необходима и актуальна для улучшения экологической ситуации и создания условий для устойчивого развития общества: повышает уровень осведомленности людей о проблемах экологии и мероприятиях по их решению. Обучение и просвещение способствуют формированию экологической культуры и сознательного отношения к природе. Многие компании (EcoStandart) и организации (лаборатория проектов «Зеленый свет») уже занимаются реализацией экологических проектов [2].

Поддержка и внедрение инициатив, направленных на реализацию экологических проектов, важны для сохранения и защиты окружающей среды и создания устойчивого будущего для всех нас.

На сегодняшний день европейские страны – лидеры в реализации экологических проектов. Увеличение производства энергии из возобновляемых источников – одно из главных достижений Европы в области экологии [1]. Европа также переходит к экологически чистым видам транспорта и развивает системы утилизации отходов.

Европа сталкивается с вызовами в реализации экологических проектов, такими как технические проблемы, отсутствие финансирования, использование ископаемых видов топлива и деградация природных экосистем. Недостаток средств и инвестиций в экологические проекты – одна из главных проблем в Европе.

В Российской Федерации решение экологических проблем – одна из актуальных. Для ее решения правительство применяет различные меры, позволяя решать проблемы такие как: твердые коммунальные отходы, устаревшие производственные технологии и низкая экологическая культура.

Лаборатория экологических проектов «Зеленый свет» – одна из организаций, которая работает за счет грантов, выделенных правительством. Каждый год проводится конкурс по разработке экологических проектов в ВУЗах России. Непосредственно автор (в 2022 году) участвовала в конкурсе с проектом разработки интернет-платформы «ЭкоПункты города Томск». Разработан сайт, на котором собрана информация об организациях, занимающихся переработкой отходов. Сайт помогает сэкономить время на поиск нужной организации. Слоган проекта: «То, что люди что-то выбросили, совсем не значит, что это нельзя использовать повторно!».

Проект был отобран на финальный этап конкурса и получил оценку от жюри по актуальности, реализованности и подаче презентации. Некоторые проекты, которые прошли в финал, получили финансовую поддержку от министерства охраны труда. В последующем конкурсе была внесена отдельная тема для разработки проектов в области социальной экологии. На данный момент автор является ментором в проекте «Зеленый свет» и работает со студентами из разных ВУЗов, которые заинтересованы помочь нашей стране быть более экологически образованными.

Многие студенты определились уже с темами проектов, например, один из участников планирует создать приложение, которое поможет отслеживать людям экологические акции в разных магазинах.

Другая идея – это создание онлайн-журнала об экологии, где повествуется, как можно быть стильным и экологичным человеком.

Со временем экологическое движение наберет огромную популярность в России, и человечество сможет уменьшить свой экологический след.

Литература

1. Возобновляемые источники энергии. Институт энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energy.hse.ru/Wiie> (дата обращения: 27.03.2023).
2. Зеленый свет. Лаборатория проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zelsvet.pro/#rec244612512> (дата обращения: 27.03.2023).

**ПРИМЕНЕНИЕ КАППАМЕТРИИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
СОСТАВА ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ Г. КАРАГАНДА
(РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

Сапрунова И.А.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является современной проблемой урбанизированных территорий из-за постоянной эмиссии загрязняющих веществ, образующихся в результате различных промышленных операций. В составе выбросов, как правило, присутствуют и различные магнитные частицы.

Город Караганда является урбанизированной территорией и считается промышленной столицей Республики Казахстан. В Караганде функционирует целый комплекс промышленных предприятий: металлургической, горнодобывающей, энергетической, пищевой и машиностроительной отрасли. Оценить степень антропогенного воздействия на урбанизированные территории можно с помощью изучения компонентов природной среды.

Одним из таких компонентов является дорожная пыль, состоящая из осевших твердых частиц со сложным химическим составом. Дорожная пыль может служить индикатором техногенных геохимических аномалий на урбанизированных территориях в летнее время года [2].

Одним из экспрессных методов оценки загрязненности окружающей среды является метод каппаметрии, который позволяет установить степень загрязненности твердых компонентов природной среды тяжелыми металлами группы железа (железо, хром, кобальт) [4].

Отбор проб дорожной пыли осуществлялся летом 2022 года автором работы по территории г. Караганда с целью определения минерало-геохимических особенностей. Отбор проводился в соответствии с методическими рекомендациями [2], а также на основании многочисленных эколого-геохимических исследований, проводимых сотрудниками ИШПР ТПУ [1, 3, 4].

Пробы были отобраны по регулярной точечной сети с шагом от 1000 до 2000 м, учитывая доступность отбора на территории города. Вес каждой пробы составлял от 400 до 700 г. Автором работы отобранные пробы были высушены при комнатной температуре и просеяны через сита с диаметром ячейки 1 мм для отделения проб от улично-бытового мусора. В лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» осуществлялось измерение магнитной восприимчивости и определение минерально-вещественного состава дорожной пыли.

Определение магнитной восприимчивости проводилось для всех проб при помощи портативного каппаметра Model: KT-5 в соответствии с методикой [5]. По результатам каппаметрии было установлено, что средние значения объемной магнитной восприимчивости дорожной пыли г. Караганды варьируются от $0,43 \cdot 10^{-3}$ до $3,38 \cdot 10^{-3}$ ед. СИ, и сопоставимы с аналогичными показателями дорожной пыли г. Междуреченска, а также других городов России [3, 4]. По данным изучения, максимальные значения магнитной восприимчивости были зафиксированы в промышленных районах города, где концентрируются металлургические и энергетические предприятия.

При исследовании проб инструментальным нейтронно-активационным анализе на ядерном реакторе ТПУ (исполнитель А.Ф. Судыко) были определены концентрации элементов группы железа. Определено, что средние содержания железа в дорожной пыли г. Караганда составляют – 2,6 мг/кг, хрома – 217,7 мг/кг и кобальта – 10,4 мг/кг. Исследование химических элементов группы железа в дорожной пыли показало, что величина магнитной восприимчивости пыли положительно коррелирует со содержанием в ней железа (Fe), кобальта (Co) и хрома (Cr).

Одним из факторов, влияющих на величину магнитной восприимчивости, является минерально-вещественный состав проб. В связи с этим, актуальным было его изучение.

Согласно изучению вещественного состава дорожной пыли на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D с видео приставкой согласно запатентованной методике [6] было определено, что в составе дорожной пыли преобладают частицы природного происхождения (75–80 %), в то время как количество частиц, имеющих техногенное происхождение, составляет 20–25 %. При визуальном анализе к природным частицам, обнаруженным в составе дорожной пыли, были отнесены бесцветные прозрачные частицы различной окатанности (кварц), частицы неправильной формы светлых оттенков (карбонаты), частицы темных оттенков с жирным металлическим блеском (железистые), чешуйчатые частицы разного цвета (слюды), а также растительность. К частицам техногенного происхождения были отнесены шлаки, компоненты угольной пыли и угольных частиц, асфальтоподобные включения, металлические микросферы.

На рисунках 1–3 представлены распределения величины магнитной восприимчивости дорожной пыли по территории г. Караганда, а также процентное содержание некоторых частиц, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли, вносящие вклад в формирование данной величины.

По рисункам видно, что ореолы максимальных содержаний найденных частиц сопоставимы с ореолами максимальных величин магнитной восприимчивости дорожной пыли.

Некоторые пробы, у которых величина магнитной восприимчивости была выше среднегогородского значения, были дополнительно изучены методом рентгеновской дифрактометрии (дифрактометр D2 Phaser). Минеральный состав исследуемых проб, определил наличие минералов, содержащих железо – магнетита ($(\text{Fe}_{1,24} \text{Ti}_{0,61}) \text{O}_4$), гематита ($\text{Fe}_{1,98}\text{O}_3$) и ильменита ($\text{Fe}^{+2}\text{TiO}_3$). На их долю приходится около 1–2 %.

По результатам сканирующей электронной микроскопии (микроскоп Hitachi S-3400N) в образцах, где наблюдалась повышенная магнитная восприимчивость в сравнении со среднегогородским значением, были найдены микрочастицы, содержащие железо. В основном, такие частицы представлены оксидами и сульфатами железа, а также частицами Fe-Ti-O.

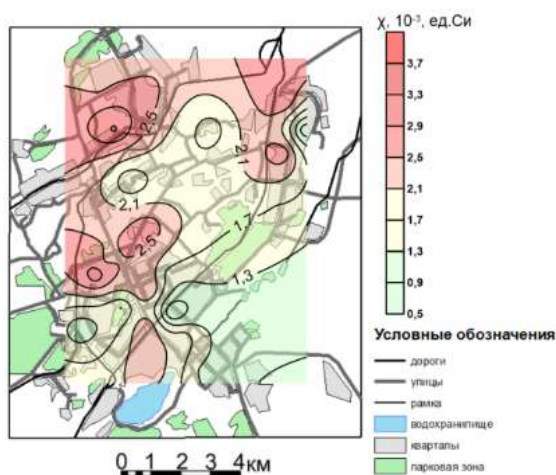


Рис. 1. Распределение величины МВ дорожной пыли по территории г. Караганда

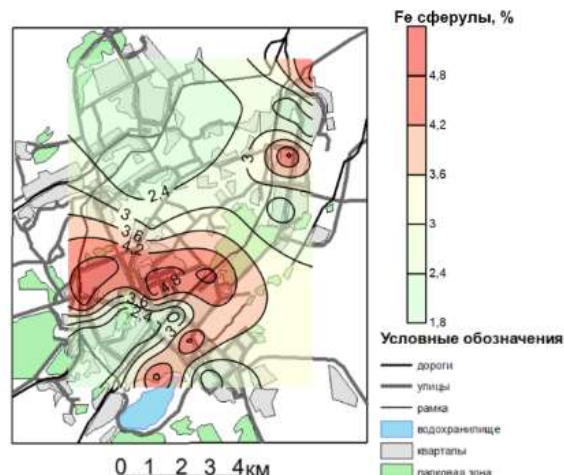


Рис. 2. Распределение металлических микросферул, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли г. Караганда

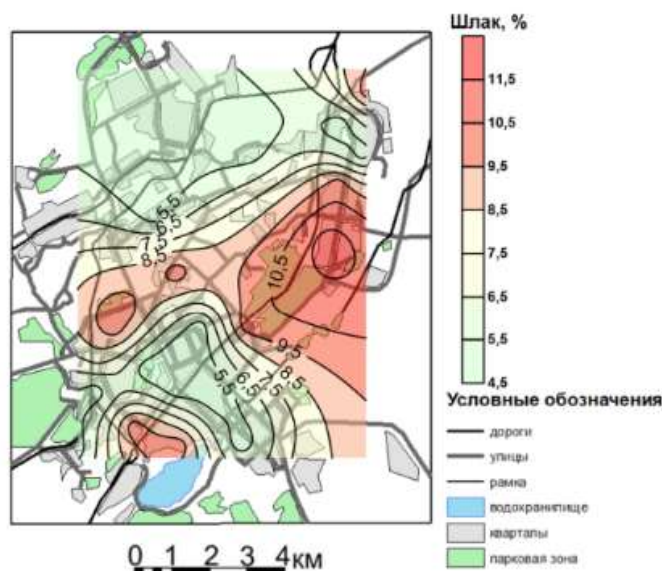


Рис. 3. Распределение шлаков, найденных в процессе изучения вещественного состава дорожной пыли г. Караганда

При изучении фазового состава некоторых проб было определено, что доля кристаллической фазы (75–85 %) преобладает над долей аморфной (15–25 %).

Обобщая изложенные данные, можно сказать, что в пробах дорожной пыли г. Караганда были обнаружены частицы природного и техногенного происхождения, вносящие вклад в формирование величины магнитной восприимчивости, определение которой на урбанизированных территориях позволяет фиксировать участки загрязнения тяжелыми металлами группы железа (железа, кобальта и хрома).

Литература

1. Адильбаева Т. Е. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в зоне влияния теплоэлектростанции города Караганды по данным снегеохимической съемки // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4-8 апреля 2016 г. Т. 2.—Томск, 2016. – 2016. – Т. 2. – С. 56-58.
1. Касимов Н. С. и др. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2012. – №. 4. – С. 14-24.
2. Таловская А. В., Беспалова А. И. Минерально-вещественный состав уличной пыли как индикатор экологического состояния промышленно-урбанизированной территории (на примере г. Томска) // Проблемы экоинформатики. – 2022. – С. 157-161.
3. Язиков Е. Г. и др. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне воздействия предприятий угледобычи // Оптика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 34. – №. 6. – С. 434-439.

4. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Багазий Т. В. Способ определения загрязненности почвенного покрова техногенными компонентами. – 2004.
5. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю., Таловская А. В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами. – 2004.
6. Язиков Е., Жорняк Л., Таловская А. Минералогия техногенных образований. Учебное пособие для академического бакалавриата. – Litres, 2015.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА ТОМСК

Санарова Р.Ю.

Научный руководитель доцент Таловская А.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основными загрязнителями воздуха в городах являются аэрозоли антропогенного происхождения. Мелкодисперсные частицы (менее 10 мкм), проникая в нижние дыхательные пути, способны вызывать различные заболевания [1].

Главными источниками твердых частиц в атмосфере являются промышленные объекты. В ранее проведенных исследованиях на территории г. Томск выявлено, что повышенная пылевая нагрузка приходится на районы размещения ГРЭС-2 и предприятий стройиндустрии [3].

Целью представленной работы является определение закономерностей распределения гранулометрических фракций твердых частиц снегового покрова в зоне воздействия промышленных предприятий г. Томск. Предмет исследования – твердый осадок снегового покрова.

Сотрудниками и студентами отделения геологии ТПУ отобраны пробы снегового покрова по стандартным методикам в северном и северо-восточном направлении на расстоянии до 2 км от теплоэлектростанции ГРЭС-2, кирпичных заводов и завода по производству железобетонных конструкций (ЖБК) на территории г. Томск. Анализ гранулометрического состава нерастворимого осадка снегового покрова выполнялся на приборе фирмы Shimadzu (анализатор SALD-710; измерение размера частиц от 0,01 до 300 мкм) методом лазерной дифракции в НОЦ «Наноцентр» ТПУ. По результатам измерений в твердом осадке снегового покрова выделены такие группы гранулометрических фракций как 50–300, 10–50, 1–10 и менее 1 мкм согласно работе [2]. Кроме того, выделены фракции твердых частиц (PM), PM₁₀, PM_{2.5} и PM₁, которые определены как опасные для здоровья человека в соответствии с работой [1].

В результате исследования проб из зоны воздействия ГРЭС-2 установлено увеличение долевого содержания мелкодисперсных частиц в 2–6 раз по мере удаления от труб теплоэлектростанции. Максимальная доля частиц PM₁₀ приходится на расстояние до 1,3 км. Максимальный процент фракций PM_{2.5} и PM₁ определен на расстоянии от 1 до 2 км. В северном направлении явной закономерности не выявлено. Более мелкая фракция (PM₁ и PM_{2.5}) выпадает на расстоянии до 1 км. Фракция PM₁₀ начинает возрастать на расстоянии от 1 до 2 км. Средний размер частиц по мере удаления от ГРЭС-2 уменьшается в север-восточном направлении, в северном направлении подобной закономерности не наблюдается, что связано с особенностями городской застройки и влиянием локальных источников (табл.).

В зоне воздействия кирпичных заводов большая часть грубодисперсных фракций выпадает на расстоянии 200 м, затем на расстоянии от 400 до 800 м наблюдается тенденция к снижению. Отличительной характеристикой зоны воздействия заводов ЖБК является преобладание в пробах фракции PM₁₀. В районе расположения кирпичных заводов преобладает мелкодисперсная фракция (PM₁). При этом средний размер частиц в пробах с увеличением расстояния уменьшается (табл.). Выделены общие черты для предприятий стройиндустрии, такие как преимущество доли грубодисперсной фракции (около 80 %) и увеличение доли мелкодисперсных частиц PM₁₀ по мере удаления.

Таблица

**Изменение среднего размера частиц в твердом осадке снегового покрова по мере удаления
от предприятий г. Томска**

Северо-восточное направление от предприятий стройиндустрии					
Средний размер частиц, мкм	Расстояние от границы предприятия, км				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Кирпичные заводы	31,99	8,65	16,89	12,64	8,36
Заводы ЖБК	-	19,02	21,19		19,70
Район расположения ГРЭС-2					
Средний размер частиц, мкм	Расстояние от труб ГРЭС-2, км				
	0,7	1	1,3	1,6	2
Северное направление	0,49		21,76		14,14
Северо-восточное направление	16,99	7,23	2,95	6,19	4,16

Для определения степени воздействия исследуемых предприятий выполнено сравнение средних значений размеров частиц с данными по гранулометрическому составу твердого осадка снегового покрова в пробах с условно экологически чистых районов (Обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН и рекреационная зона в черте города (Лагерный Сад)) (рис.).

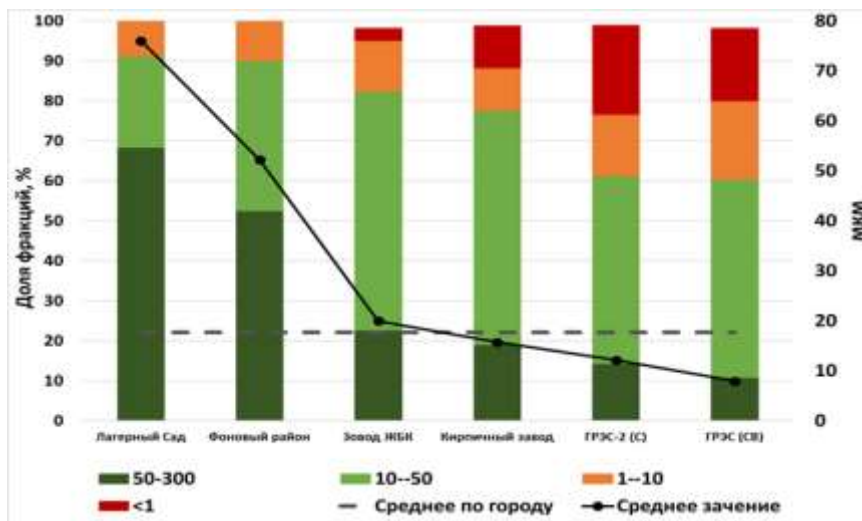


Рис. Распределение гранулометрических фракций в нерастворимом осадке снегового покрова в зоне воздействия предприятий и рекреационной зоны г. Томска, в фоновом районе (мкм)

Для экологически чистых районов характерно преобладание грубодисперсных частиц. В условиях города появляются более мелкие и опасные фракции, при этом наибольшая доля мелкой фракции приходится на район ГРЭС-2. Твердые частицы PM_{10} и $PM_{2,5}$ не обнаружены в пробах из условно экологически чистых районов. Доля частиц PM_{10} в пробах с районов расположения предприятий в 2–4 раза выше фоновых значений. Средние размеры частиц в зоне воздействия ГРЭС-2, в отличие от частиц зоны предприятий стройиндустрии, в 1,5–2 раза меньше среднего размера частиц по городу. Наряду с этим, для них характерно преобладание мелкодисперсных частиц в сравнении с данными для проб из других районов города.

Таким образом, выявлены средние размеры частиц и особенности распределения гранулометрических фракций в нерастворимом осадке снегового покрова в фоновом районе, промышленных и рекреационной зонах г. Томск.

Литература

1. Pope III C. A., Dockery D. W. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect // Journal of the air & waste management association. – 2006. – Т. 56. – №. 6. – С. 709-742.
2. Касимов Н. С. и др. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. – 2016.
3. Таловская А. В. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова): автореферат дис. ... докт. геол.-мин. наук: 1.6.21 / Таловская Анна Валерьевна. – Томск – 2022. – 46 с.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОЭКОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Семёнов М.А.

Научный руководитель доцент Турбаков М.С.

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Мы часто слышим фразу «окружающая среда должна быть защищена», но как можно предотвратить экологические проблемы при добыче нефти и газа? Размышление над этим вопросом на рубеже 20-го и 21-го веков привело ученых разных направлений к изучению различных экологических наук, включая эохимию, экологическую географию, экологическую геологию, экологическую геофизику и экологическую геохимию. Интеграция экологических аспектов естественных и точных наук привела к появлению относительно молодой научной дисциплины – геоэкологии. Рассмотрим это понятие более подробно.

Геоэкология – это наука о состоянии биосферы и ее изменениях под влиянием природных и техногенных процессов. Нефтегазовая геоэкология как наука возникла благодаря работам М.А. Глазовской, основные принципы которой базируются на прочном фундаменте геохимии ландшафта. К основным направлениям геоэкологии относится нефтегазовая геоэкология – область знаний, связанная с изучением влияния углеводородов и сопутствующих веществ на биосферу. Нефтегазовая геоэкология занимается изучением влияния разведки, добычи, транспортировки, переработки, производства и потребления нефтепродуктов на окружающую среду и биосферу. Серия геохимических процессов, возникающих в результате этих процессов, приводит к нефтегазовому техногенезу.

Нефтегазовый техногенез является результатом хозяйственной деятельности человека, связанной с разведкой, добычей, транспортировкой и переработкой нефти и природного газа, а также с использованием продуктов их переработки.

Таким образом, объектом геоэкологии нефти и природного газа является вся биосфера, включая континенты суши и Мировой океан. Серьезная проблема воздействия добычи нефти и природного газа на биосферу требует решения, поэтому в рамках этой науки необходимо изучать новые методологии.

Помимо геоэкологии также существует область науки, занимающаяся измерением количества химических элементов, содержащихся в любом объекте. Эта дисциплина известна как геохимия.

Другими словами, геохимия нефти – отрасль нефтяной геологии, занимающаяся изучением нефти и связанных с ней природных образований, представляющих интерес для геологии нефти. Цель исследования – определить, как изменяется органическое вещество, из которого образуется нефть, как рассеянные углеводороды накапливаются в отложениях и как на последующее изменение нефти влияют различные геологические факторы. Исследование может быть чисто региональным, как характеристика отдельных частей конкретного регионального разреза, или теоретическим, как попытка установить те или иные общие закономерности в геологической и геохимической взаимосвязи между изучаемыми категориями явлений.

Таким образом, применяя знания из областей геоэкологии и геохимии, можно легко выявить причины определенных экологических проблем и нейтрализовать их с помощью имеющихся на данный момент времени вариантов: будь то банальное усовершенствование технологий добычи ископаемых, повышение качества производимой продукции или углубление нефтепереработки.

Литература

1. Галкин В. И., Кочнева О. Е. Геология и геохимия нефти и газа. – 2012.
2. Кожевникова Е. Е. Геология и геохимия нефти и газа. – 2020.
3. Пиковский Ю. И., Исмаилов Н. М., Дорохова М. Ф. Нефтегазовая геоэкология-наука XXI века // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10. – №. 2. – С. 56-62.

РАЗРАБОТКА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ

Стрежнева А.А.¹, Бадмаева С.В.^{1,2}, Ханхасаева С.Ц.^{1,2}

Научные руководители С.Ц. Ханхасаева^{1,2}, С.В. Бадмаева^{1,2}

¹Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

²Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Присутствие фармацевтических продуктов во многих объектах окружающей среды вызывает серьезную обеспокоенность по поводу их потенциальной опасности для живых организмов. Сточные воды лечебных и ветеринарных клиник, загрязненные фармацевтическими препаратами, направляются на очистные сооружения, которые не могут обеспечить эффективного удаления фармацевтических субстанций, а позволяют лишь частично уменьшить их количество. Вследствие этого лекарственные препараты обнаруживаются в поверхностных и грунтовых водах, почве и даже в питьевой воде. Проблема загрязнения природных вод фармполлютантами приобретает глобальные масштабы, в связи с чем актуальным направлением экологических исследований становится поиск эффективных и экономически обоснованных решений для обезвреживания фармполлютантов [3]. Среди инновационных способов удаления органических загрязнителей адсорбция считается перспективным методом, если применяемые сорбенты имеют высокую адсорбционную способность и низкую стоимость. Среди широкого ряда сорбентов особое место занимают глинистые минералы, которые являются дешевыми и доступными природными материалами. Природные глины являются хорошими катионообменниками, что позволяет эффективно использовать их в сорбционной очистке воды от катионных загрязнителей. Для удаления загрязнителей анионного характера глинистые минералы необходимо модифицировать с целью увеличения их анионообменных свойств. Для решения этой задачи можно использовать интеркалирование в структуру глин крупных олигомерных катионов металлов, типа катиона Кеггина $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O_{12})^{7+}]$, и термический нагрев полученных материалов, приводящий к формированию кластеров оксидов металлов, способных сорбировать анионы.

Целью данной работы является разработка алюмосиликатных материалов на основе бентонитовой глины и полиоксокатионов алюминия и изучение их сорбционных свойств в отношении органических загрязнителей, в частности органических кислот.

Синтез алюмосиликатных материалов проводили путем интеркалирования в бентонитовую глину месторождения Тулдон (Республика Бурятия) [4] полиоксокатионов алюминия состава $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O_{12})^{7+}]$, полученных щелочным гидролизом раствора хлорида алюминия при соотношении $[OH^-]/[Al^{3+}]=2.4$ и pH 4.3 [2]. Полученный материал высушивали при комнатной температуре и прокаливали при 500 °С в течение 2 часов. Процесс интеркалирования комплексов алюминия в межслоевое пространство глины контролировали методом рентгенофазового анализа. На дифрактограмме бентонитовой глины были идентифицированы рефлексы, характерные для монтмориллонита ($2\theta = 5.87, 19.89, 35.2, 54.7, 62.26$), и рефлексы малой интенсивности, обусловленные присутствием кварца (26.58) и ортоклаза (27.65) [1]. Для алюмосиликатного материала, подвергнутого термообработке при 500 °С, наблюдалось смещение рефлекса, соответствующего первому базальному отражению, с $2\theta = 9.4$ (бентонитовая глина) до 6.9, что указывало на успешное интеркалирование комплексов алюминия и образование частиц оксида алюминия в межслоевом пространстве глины.

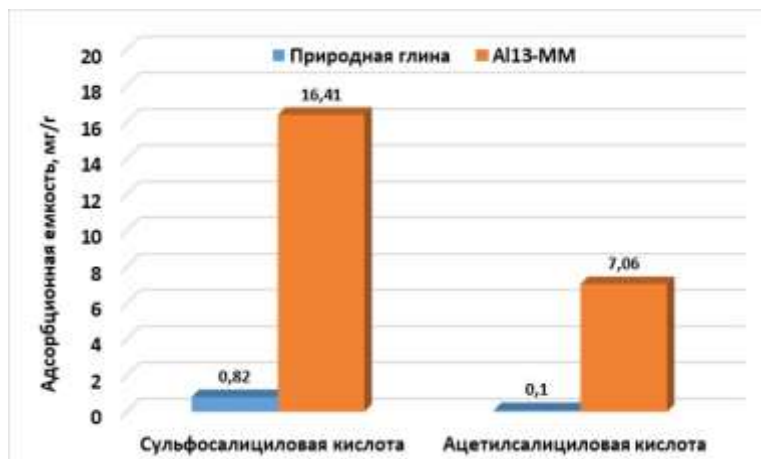


Рис. 1. Адсорбция органических кислот на бентонитовой глине и алюмосиликатном материале

материала превышает емкость исходной глины в 20 и 70 раз в отношении сульфосалициловой и ацетилсалициловой кислот, соответственно, что указывает на перспективность данного сорбента.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН №0273-2021-006.

Тестирование адсорбционных свойств бентонитовой глины и полученного материала проводили в адсорбции сульфосалициловой и ацетилсалициловой кислот из водных растворов (начальная концентрация кислоты 50 мг/л, pH 4.0, загрузка 1 г/л). Сравнение адсорбционных свойств полученного материала с исходной глиной показало, что модифицирование оксидом алюминия привело к увеличению сорбционной емкости по отношению к сульфосалициловой кислоте от 0.7 мг/г (бентонитовая глина) до 16.4 мг/г (алюмосиликатный сорбент), а в случае ацетилсалициловой кислоты сорбционная емкость увеличилась до 7.1 мг/г, тогда как данная кислота на бентонитовой глине практически не сорбировалась (<0.1 мг/г). Сорбционная емкость алюмосиликатного

Литература

1. Brown G. Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification. – The mineralogical society of Great Britain and Ireland, 1982. – Т. 5.
2. Cardona Y., Korili S. A., Gil A. Understanding the formation of Al13 and Al30 polycations to the development of microporous materials based on Al13- and Al30-PILC montmorillonites: A review // Applied Clay Science. – 2021. – Т. 203. – С. 105996.
3. Mangla D., Sharma A., Ikram S. Critical review on adsorptive removal of antibiotics: Present situation, challenges and future perspective // Journal of Hazardous Materials. – 2022. – V. 425. – P. 127-946.
4. Ханхасаева С. Ц., Бадмаева С. В. Адсорбция красителя метаниловый желтый на Fe-модифицированной бентонитовой глине // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2022. – Т. 65. – №. 5. – С. 23-29.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ (CERVUS ELAPHUS) НА ТЕРРИТОРИЯХ РАЗВИТИЯ ГЕОФАГИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ, РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Стрепетов Д.А.

Научный руководитель профессор Барановская Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Геофагия – это широко распространенный среди животных феномен заглатывания камней и землистых веществ. В результате длительного посещения одной и той же местности в течение многих поколений, животные формируют так называемые кудюры – ландшафтные комплексы, наиболее часто встречающиеся в горно-степных и горно-лесных местообитаниях травоядных животных [3]. Подобные комплексы были выявлены в том числе на территории Приморского края, Республики Алтай и Иркутской области.

Целью данной работы являлось выявление особенностей химического состава органов и тканей благородных оленей (*Cervus elaphus*), ареал обитания которых приурочен к комплексам кудюр, расположенных на вышеуказанных территориях. Для достижения поставленной цели образцы органов и тканей трёх особей благородного оленя 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 30 проб органов и тканей для каждого организма.

Для большинства химических элементов в организме всех трёх благородных оленей характерны коэффициенты вариации, соответствующие весьма неоднородному распределению (>130 %), что в целом соответствует характеру распределения содержания химических элементов в биологическом материале [1]. В связи с чем были выбраны медианные значения в качестве показателя их среднего содержания в организме. Наиболее значимо медианные значения химических элементов в трёх организмах различаются у Cl, Sc, Ti, V, Co, As, Cd, Hg и некоторых других. Это подтверждается при применении непараметрического критерия Краскала-Уоллиса (Таблица), используемого для сравнения нескольких независимых рядов данных малого объема [2]. Показательно, что среди редкоземельных элементов (РЗЭ), предположительно играющих значительную роль в проявлении феномена геофагии [4], значительны различия только для Lu, в то время как концентрации всех остальных РЗЭ схожи между собой в разных организмах. Во всех трёх организмах наибольшими медианами среди РЗЭ обладают Ce, La и Nd.

Для каждого из трёх изучаемых организмов были построены матрицы парных корреляций, а на их основе графические ассоциации химических элементов. После этого были выбраны такие связи между химическими

элементами, которые встречались у каждого из трёх организмов, что позволило определить видовую специфику элементного состава благородных оленей (Рисунок). При рассмотрении парных корреляций химических элементов в организме благородных оленей наиболее широкую ассоциацию представляют остеотропные элементы. В эту ассоциацию входят Ca, P, Ti, Ga, Rh, Sr, Ba, Eu, а также Li и Mg. Стоит отметить, что Eu отделяется от всех остальных РЗЭ, которые в свою очередь образуют связь с V. Помимо них, корреляционные пары образуют Zr-Th, Al-Y, Se-Cd.



Рис. Значимые парные корреляции химических элементов в организме благородных оленей (*Cervus elaphus*), обитавших на разных территориях

Таблица

Непараметрический критерий Краскела-Уоллеса для химических элементов в органах и тканях благородных оленей ($n = 30$)

Элемент	p	Элемент	p	Элемент	p	Элемент	p
Li	0,000	Ni	0,014	Cd	0,000	Er	0,260
Be	0,462	Cu	0,128	In	0,000	Tm	0,220
B	0,117	Zn	0,638	Sn	0,101	Yb	0,639
Na	0,995	Ga	0,001	Sb	0,748	Lu	0,008
Mg	0,001	Ge	0,422	Te	0,316	Hf	0,630
Al	0,002	As	0,000	I	0,000	Ta	0,000
Si	0,960	Se	0,000	Cs	0,000	W	0,528
P	0,321	Br	0,000	Ba	0,842	Re	0,012
S	0,327	Rb	0,000	La	0,047	Os	0,003
Cl	0,001	Sr	0,758	Ce	0,087	Ir	0,001
K	0,632	Y	0,117	Pr	0,140	Pt	0,017
Ca	0,645	Zr	0,289	Nd	0,317	Au	0,525
Sc	0,000	Nb	0,000	Sm	0,140	Hg	0,000
Ti	0,000	Mo	0,000	Eu	0,069	Tl	0,000
V	0,000	Ru	0,038	Gd	0,358	Pb	0,001
Cr	0,004	Rh	0,015	Tb	0,067	Bi	0,250
Mn	0,530	Pd	0,000	Dy	0,662	Th	0,152
Fe	0,251	Ag	0,166	Ho	0,051	U	0,020
Co	0,000						

В ходе работы были продемонстрированы сходства и различия химического состава организма благородных оленей с разных территорий. Так, наибольшими медианными содержаниями среди РЗЭ в органах и тканях всех трёх организмов обладают Ce, La и Nd. Наиболее заметное сходство демонстрирует корреляция всех остеотропных элементов друг с другом во всех организмах, а также образование пар химических элементов, одинаково коррелирующих друг с другом во всех изученных организмах: Zr-Th, Al-Y, Se-Cd и V-РЗЭ. Lu является единственным РЗЭ, содержание которого различается в изучаемых животных. Максимальные различия в медианных содержаниях химических элементов установлено для Cl, Sc, V, As, Hg и других.

Литература

1. Барановская Н. В. и др. Очерки геохимии человека: монография // Томск: Изд-во ТПУ. – 2015.
2. Михальчук А. А., Язиков Е. Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Часть I. Математические основы. – 2014.
3. Паничев А. М. Кудюры как уникальные природные объекты в Сихотэ-Алине // Вологодские чтения. – 2007. – №. 64. – С. 37-39.
4. Паничев А. М. Литофагия: причины феномена // Природа. – 2016. – №. 4. – С. 25-34.

ОТХОДЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ Ж/Д ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ВТОРИЧНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Сучков Д.В., Виноградова К.И., Дмитриева Д.В., Курганова С.М., Русских Е.А.

Научный руководитель профессор Литвинова Т.Е.

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

ОАО «РЖД» относится к категории экологически ориентированных предприятий, поэтому заботится о снижении антропогенного влияния на экосистему в соответствии с «Экологической стратегией ОАО «РЖД» на период до 2017 года и на перспективу до 2030 года». На сегодняшний день по всей территории Российской Федерации рассредоточено уже более трех тысяч предприятий-филиалов ОАО «РЖД». Они включают в себя железнодорожные станции, депо различного назначения и пр. Преимущественная задача предприятия в области экологии, которая должна быть достигнута к 2025 году – это уменьшение сброса загрязненных сточных вод на восемнадцать процентов (2018 год – год сравнения). Получить такой результат можно, если сконцентрировать свое внимание на состоянии агрегатов по очистке сточных вод, которые нуждаются в постоянной реконструкции и технической поддержке. Нельзя оставлять без внимания тот факт, что очистные сооружения железнодорожной организации используются по назначению не только объектами ОАО «РЖД», но и населенными пунктами, которые располагаются поблизости. Учитывая темпы роста производства и потребления, несложно спрогнозировать растущую актуальность вопроса утилизации осадков, получаемых в процессе очистки сточных вод.

Технология инсинерации – довольно перспективный способ утилизации осадков сточных вод (ОСВ). Это обусловлено тем, что данный метод дает возможность сократить объем отхода до десяти раз. Однако при использовании этого способа образуется зола. Нельзя сказать, что образование золы относится к недостаткам технологии, ведь, будучи инертным веществом и обладая меньшей реакционной способностью, зола как вторичный ресурс выигрывает у осадка сточных вод, поскольку имеет более широкую область применения. Наглядным примером могут выступать комплексы термического обезвреживания отходов в Ярославской и Иркутской областях. Подтверждением эффективности применения способа сжигания для утилизации ОСВ является деятельность ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», где внедрение технологии инсинерации осадка сточных вод позволило добиться его полной утилизации [4].

На сегодняшний день строительная отрасль продолжает набирать обороты с каждым днем, что говорит о повышенном спросе на строительные материалы. Этот факт дает мощный толчок для поиска новых вариаций их получения. В настоящее время наблюдается устойчивый рост спроса на стройматериалы, что стимулирует искать альтернативы их получения. Одной из альтернатив выступает производство строительных материалов из термически обработанных отходов [1, 2]. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 9-2020 «Утилизация и обезвреживание отходов термическими способами» также допускает возможность использования термически обработанных отходов в строительной сфере.

Лабораторные исследования вещественного состава и различных свойств исходного осадка и получаемой золы свидетельствуют о допустимой эффективности применения технологии термической утилизации ОСВ с последующим использованием золы, выступающей в качестве главного, составляющего в изготовлении стройматериалов. Очистные сооружения станции Будогощь Октябрьской железной дороги, которые территориально располагаются в Волховстроевском регионе, предоставили материал для проведения исследования – осадок сточных вод. Экспериментальные данные указывают, что данный материал обладает показателями, соответствующими требованиям к твердому топливу. В частности, показатель удельной теплоты его сгорания равен 18 МДж/кг. Был установлен факт идентичности теплотворной способности ОСВ и каменного/бурого угля, что подтверждает возможность осадка являться топливом. Однако вследствие высокой влажности ОСВ (89 %) объем отхода растет, а теплота сгорания уменьшается. Значит, перед сжиганием необходимо провести сушку до влажности более 75 %. Кроме того, проводилось экспериментальное озоление, в ходе которого было установлено, что выход золы остатка равен порядка 300 кг с 1 т ОСВ (так подтвердился показатель золы 30 %). Данные качественного и количественного состава (определенные при помощи РФА и ААС) позволили отнести осадок сточных вод и золу его сжигания к IV классу опасности (подтверждено биотестированием).

Данное исследование рассматривает способ производства золобетона, в котором зола заменяет часть цемента, поэтому она должна соответствовать многим требованиям, закрепленным в нормативных документах. Лабораторные исследования доказали, что состав золы соответствует нормативным требованиям (по содержанию и соотношению концентраций [масс. %] компонентов Al_2O_3 , CaO , SiO_2 , SO_3 , Fe_2O_3 , MgO , Na_2O) (согласно ГОСТ 31108-2003, ГОСТ 25818-2017). Помимо этого, значения влажности, плотности и других характеристик золы осадка сточных вод входят в приемлемый диапазон [3]. Только при соблюдении и обеспечении требуемых физико-механических показателей бетона будет целесообразно использование золы. Прочностные характеристики золобетона получили непосредственно в процессе эксперимента. Процедура подразумевала под собой изготовление нескольких образцов раствора на цементной основе с определенным составом для каждого. Доля цемента в бетонной смеси заменялась золой (от 5 до 50 %), кроме контрольного образца. Готовые бетонные балочки (в возрасте 28 суток) испытывались на прочность при изгибе и при сжатии на испытательной машине на сжатие и растяжение при изгибе TopiPRAX немецкого производства. Посредством эксперимента образцам золобетона присвоены класс или марка по следующим параметрам: плотность (марка D), прочность на изгиб (класс Btb) и на сжатие (класс B, марка M). Проведенное исследование свидетельствует, что замена золой до 10 % цемента по массе в составе цементно-песчаной смеси дает возможность изготавливать золобетон по параметрам не ниже стандартного легкого бетона, маркированного как D1300 (плотность не ниже 1,3 г/см³) Btb2 (прочность на изгиб не менее 2 МПа) M200/B15 (прочность на сжатие не менее 15 МПа) (согласно ГОСТ 25820-2014).

Малогабаритные агрегатные установки для инсинерации отечественного производства доказывают факт эффективного сжигания ОСВ без вреда окружающей среде (сжигание осуществляется при температуре не менее 800 °С, установки комплектуются камерой дожигания отходящих газов для предотвращения образования диоксинов). Предлагается производить бетонные блоки методом вибропрессования с использованием готового комплекса российского производства. Данная установка обладает всеми нужными характеристиками, которые позволят ей располагаться на территории предприятия-филиала ОАО «РЖД». Кроме того, получаемую продукцию можно отправлять для удовлетворения нужд объектов ж/д комплекса. Также рассматривается вариант оснащения вибропрессующего комплекса инсинератором (малогабаритной установкой для сжигания отходов). Комплекс (или инсинераторную установку) можно представить и в мобильном исполнении, что вполне реализуемо, учитывая особенности инфраструктуры ОАО «РЖД». В общем виде схема переработки отходов представлена на рисунке.

Один из вариантов использования золы осадка сточных вод – это производство строительного материала, из которого затем можно изготавливать различные виды изделий на основе бетона. Примером могут служить такие позиции, как строительные блоки для производственных цехов и энергетических сооружений, элементы благоустройства и железнодорожной инфраструктуры. Таким образом, как легкий золобетон, так и получаемые из него продукты могут быть успешно реализованы многим организациям строительной отрасли и другим сферам, которые испытывают потребность в бетонной продукции.

Кроме того, если производство разместить на территории предприятия, которое является прямым отходообразователем, то логистические издержки будут снижены в разы. Бетонная продукция, получаемая на основе золы, может являться важным преимуществом ОАО «РЖД», поскольку предприятие придет к самоснабжению в области строительных материалов на свои нужды, что позволит обходиться без дополнительных контрактов со сторонними поставщиками. Помимо прочего, за счет подобного обращения с отходами, компания освобождается от платы за негативное воздействие. Как следствие, результатом является повышение конкурентоспособности продукции и технологического решения.



Рис. Схема переработки отходов объектов ж/д инфраструктуры с получением новой продукции

По результатам научного исследования получен патент на изобретение РФ № 2738072 от 13.05.2020 «Сырьевая смесь для производства легкого золобетона». Исследование поддержано грантами Правительства Санкт-Петербурга за 2020 и 2021 гг.

Литература

1. Baeza-Brotons F. et al. Concrete for precast blocks: Binary and ternary combination of sewage sludge ash with diverse mineral residue // Materials. – 2020. – Т. 13. – №. 20. – С. 4634.
2. Saphongxay K., Tuakta C., Jongprateep O. Industrial wastewater sludge as potential filler materials for fabrication of lightweight concrete blocks // Suranaree Journal of Science & Technology. – 2022. – Т. 29. – №. 2. – С. 1-8.
3. Данилович И. Ю., Сканави Н. А. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов // М.: Высш. шк. – 1988. – Т. 33.
4. Рублевская О. Н. и др. Обработка и утилизация осадков сточных вод на очистных сооружениях Санкт-Петербурга: опыт и перспективы // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – №. 10. – С. 47-51.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К БООМСКОМУ УЩЕЛЬЮ ТЕРРИТОРИИ (КЫРГЫЗСТАН) С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Талантбекова А.Т.

Научный руководитель доцент Соболева Н.П.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Морфометрический анализ рельефа – это один из основных компонентов целого комплекса геоморфологических исследований, в котором важную роль играют количественные (размерные) характеристики, описывающие в полной мере форму рельефа [3].

Помимо рельефа подробный морфологический анализ может рассказать историю происхождения, возраст геологических объектов и их связь, используя простую математику, географию и геологию. На сегодняшний день текущие методики исследования достаточно формализованы и позволяют получать важные геоморфологические выводы, включая определение районов с потенциально опасными экзогенными процессами.

Опасные экзогенные процессы – это процессы, совершающиеся на поверхности литосферы, в её самых верхних зонах и граничащих с ней внешних оболочках (атмосфере, гидросфере, биосфере), приводящие к химическим изменениям, разрушению, перемещению и переотложению минеральных масс и горных пород, преобразующие сам рельеф литосферы [1]. Эти процессы характеризуются быстрым протеканием, негативно влияют на ведение хозяйственной деятельности, наносят материальный ущерб обществу, создают угрозу жизни населения при нарушении устойчивости природной (геологической) среды. На развитие экзогенных опасных процессов в литосфере влияет большое количество природных факторов – орографические (особенно крутизна склонов), климатические, геокриологические и др., но главным образом обусловлены действием силы тяжести и солнечной энергии. К такого рода процессам на территории Боомского ущелья относятся сели, оползни, обвалы и осыпи.

Боомское ущелье представляет собой глубокую впадину, расположенную в среднем течении реки Чу между западной оконечностью хребтов Заилийского и Кунгей Ала-Тоо и восточной частью хребта Киргизского (Александровского) Ала-Тоо. Ущелье соединяет Чуйскую долину с Иссык-Кульской котловиной и является единственным коридором между Иссык-Кульской и Чуйской областями.

Для морфометрического анализа рельефа на основе изучения SRTM-модели с помощью программного пакета ArcGIS 10 (ESRI Inc.) была построена серия карт ключевых показателей рельефа, а именно карта крутизны и экспозиции склонов.

С крутизной склонов связана активность гравитационных процессов, а также степень их прогрева. Анализ крутизны склонов позволит выделить участки наиболее вероятного образования опасных экзогенных процессов, характерных для Боомского ущелья.

Для типизации крутизны склонов на исследуемом участке была выбрана классификация В. К. Жучковой и Э. М. Раковской для горных стран [2]. С помощью инструмента переклассификации в модуле ArcGIS Spatial Analyst был проведен анализ высот и сторон горизонта (относительно солнца), по результатам которого были построены табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1

Распределение склонов по крутизне на исследуемой территории

Наименование поверхностей или склонов	Градусы	Доля от общей площади, %
Плоские и почти плоские поверхности	0-4	3,3
Пологие склоны	4-10	12,7
Покатые склоны	10-20	25,5
Склоны средней крутизны	20-30	26,2
Крутые склоны	30-45	30,1
Очень крутые склоны	45-60	2,1
Скалистые (обрывистые) склоны	60-90	0,003

Таблица 2

Распределение склонов по экспозиции на исследуемой территории

Наименование экспозиции склонов	Доля от общей площади, %	Наименование экспозиции склонов	Доля от общей площади, %
Плоскость	0,02	Юг	15,3
Север	9,6	Юго-запад	12,2
Северо-восток	13,4	Запад	9,3
Восток	8,3	Северо-запад	12,08
Юго-восток	11,4		

На рис. 1 представлена карта крутизны склонов. Исток основного русла реки Чу занимает плоские и почти плоские поверхности, пологие и покатые склоны в районе 0–20°, занимающие 41,5 % с преобладанием обвально-осыпных процессов. Далее река тянется вдоль склонов средней крутизны в районе 20–30°, занимающие 26,2 % с преобладанием оползневых процессов. Река, проходя дальше по склону, попадает в ущелье в более крутые,

в районе 30–45° уклоны, занимающие 30,1 % с преобладанием селевых и обвально-осыпных процессов. В районе притоков к основному руслу реки Чу также имеются очень крутые склоны выше 45°, занимающие 2,1 % исследуемого участка с преобладанием обвально-осыпных процессов. Следует отметить, что для образования опасных экзогенных процессов критичны уклоны от 20 и более градусов, составляющие 58,4 % от общей площади. В целом такая обстановка свидетельствует о том, что данный район характеризуется активными современными опасными экзогенными процессами и при определенных условиях имеет потенциал к их возникновению.

Карта экспозиции склонов включает в себя полную картину распределения орографических характеристик на исследуемом участке (рис. 2). Ориентация по отношению к солнцу определяет общий фон солнечной радиации на каждом участке, скорость накопления и схода снега, перемещение воздушных масс и в результате определяет будущую растительность.

Проанализировав карту экспозиции склонов, можно сказать, что большая часть исследуемой территории приходится на склоны южной экспозиции. Южные склоны более жаркие и сухие. Северные, наоборот, являются самыми холодными и сырыми, солнечные лучи проходят вскользь их поверхностей, почвенный покров слабо прогревается, что приводит к малому испарению и задержанию влаги, необходимой для питания растений. Если же склоны ориентированы на восток, то своей максимальной температуры они будут достигать утром, а если на запад – то вечером.

Вследствие вышеупомянутого склоны северной экспозиции намного меньше выгорают, чем склоны южной, т. е. на склонах с северной экспозицией произрастает большее количество растительности, что способствует укреплению склонов. В связи с этим на склонах южной экспозиции опасные экзогенные процессы протекают наиболее интенсивно.

Таким образом, морфометрический анализ территории позволит в дальнейшем выделить участки Боомского ущелья, наиболее опасные с точки зрения возникновения опасных экзогенных процессов (сели, оползни, обвалы и осыпи), что имеет важное народнохозяйственное значение.

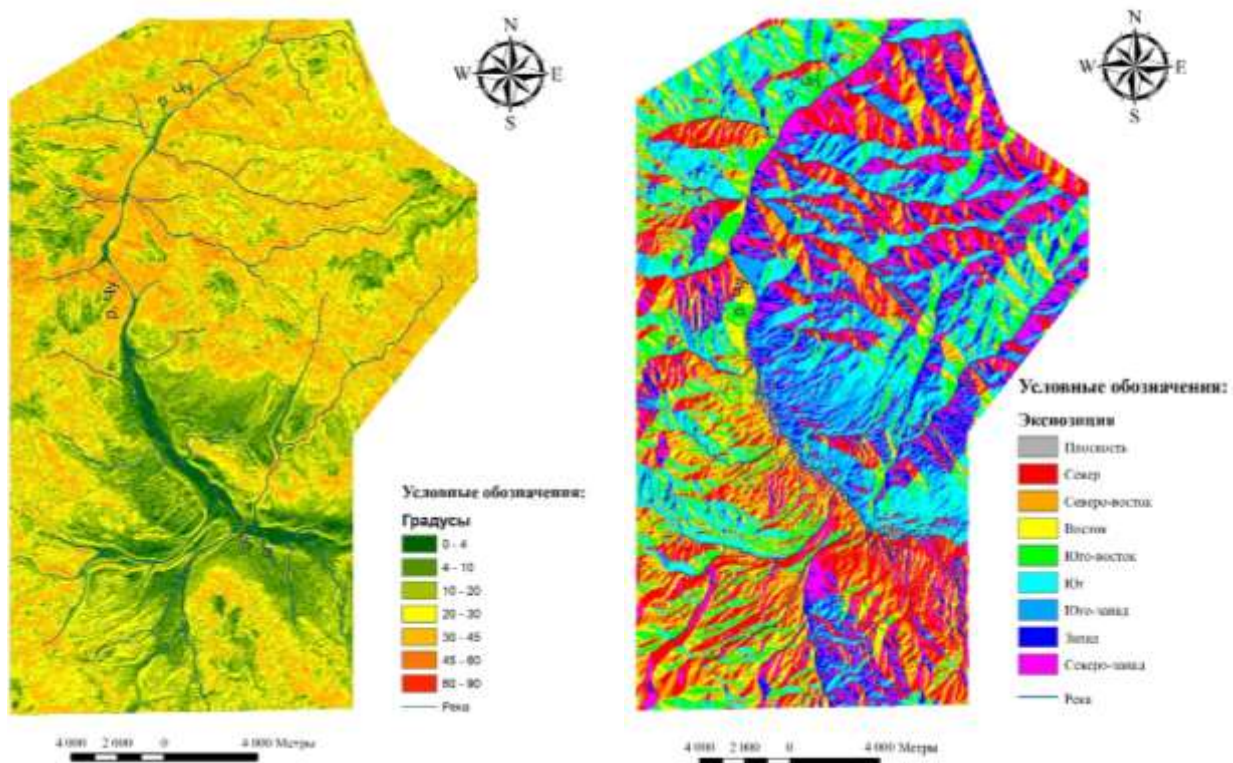


Рис. 1. Карта крутизны склонов исследуемого участка (составлена автором)

Рис. 2. Карта экспозиции склонов исследуемого участка (составлена автором)

Литература

1. Евсеева Н. С. и др. Экзогенные процессы рельефообразования и четвертичные отложения суши: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «021000.68-География». Ч. 1. – 2010.
2. Жучкова В. К., Раковская Э. М. Методы комплексных физико-географических исследований. – 2004.
3. Симонов Ю. Г. Морфометрический анализ рельефа. – 1998.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Федоров Д.В., Русских И.В., Ельчанинова Е.А.

Научный руководитель профессор Серебренникова О.В.

Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия

В работах [2, 3] показано, что территории нефтегазодобычи особенно подвержены тепловым и аэрозольным загрязнениям от действующих факельных установок по сжиганию попутного нефтяного газа. В связи с этим является актуальным проведение исследований по оценке воздействия факельных выбросов на почву.

Цель работы – оценка состояния почвенного покрова вблизи факельной установки, расположенной на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

В работе были проведены исследования органического вещества почв, отобранных в зоне влияния факельного хозяйства недалеко от города Пыть-Ях Ханты-Мансийского автономного округа. Отбор проб происходил с учетом преобладающей розы ветров на исследуемой территории. Были отобраны 5 проб почвы с поверхности земли на разных расстояниях от факельной установки (FH1 – 300 м; FH2 – 600 м; FH3 – 800 м; FH4 – 1200 м; FH5 – 1500 м) и 2 фоновых пробы почвы в разных биотопах (FB – верховое болото и FL – хвойный лес). Органическое вещество выделено из высушенной почвы (2–20 г) экстракцией 7 %-ным раствором метанола в хлороформе при 65 °С в течение 2 часов. Из экстракта выделяли углеводороды на хроматографической колонке длиной 400 мм, внутренним диаметром 20 мм. Колонку предварительно заполняли окисью алюминия четвертой степени активности (по Брокману) в весовом соотношении органическое вещество: Al_2O_3 , равном 1:20. Элюирование проводили гексаном. Детальный анализ компонентного состава органического вещества гексановой фракции, содержащей углеводороды, проводили при помощи хромато-масс-спектрометра DFS фирмы Thermo Scientific (Германия).

На основании проведенного анализа были идентифицированы: *n*-алканы и изоалканы (m/z 57), гопаны, гопены и олеанены (m/z 191), стераны (m/z 217), m/z 218, антрацен (m/z 178), флуорантен и пирен (m/z 202). Идентифицированы также хлорофенотаны (m/z 235).

Таблица

Распределение идентифицированных соединений в пробах почвы, отобранных с территории вблизи факельной установки, мкг/г

Соединения/образец	FH1	FH2	FH3	FH4	FH5	FB	FL
<i>n</i> -Алканы	1,21	17,90	75,30	29,02	20,01	42,97	17,52
Изоалканы	0,01	0,24	0,16	0,09	0,22	1,30	0,10
Гопаны	0,01	0,13	0,29	0,28	0,10	0,57	0,12
Гопены + олеанены	0,09	1,07	2,93	2,00	1,25	17,40	1,45
Природные стераны	0,12	4,32	0,95	8,11	3,95	0,88	3,30
Стераны	0,03	0,11	0,12	0,17	0,07	0,18	0,10
Антрацен	0,001	0,02	0,03	0,03	0,06	0,002	0,001
Флуорантен	0,0001	0,007	0,009	0,01	0,026	0	0
Пирен	0,0007	0,005	0,005	0,007	0,015	0	0
Хлорофенотаны	0,047	1,67	10,67	18,43	1,12	0	0

Молекулярно-массовое распределение *n*-алканов исследованной территории имеет схожий характер (рис.1). В почвах, отобранных в зоне влияния факела на расстоянии до 1500 метров, доминирует гомолог C_{27} , кроме него большую долю составляют гомологи C_{25} , C_{29} , C_{31} , что может свидетельствовать о влиянии на состав исходного вещества наземной растительности [1].

Хромато-масс-спектрометрический анализ показал, что в составе органического вещества почв преобладают алифатические углеводороды, их содержание варьирует от 50 % до 80 % от всех идентифицируемых соединений, с доминированием высокомолекулярных гомологов (C_{27} – C_{33}). Максимальное суммарное количество *n*-алканов отмечено в образце FH3 (75,3 мкг/г), минимальное – в FH1 (1,21 мкг/г). Идентифицированы соединения – антрацен, флуорантен и пирен, которые образуются, вероятно, при сжигании газа на факельной установке. Распределение полиароматических углеводородов, представленное на рисунке 2, указывает на увеличение их концентрации по мере отдаления от источника загрязнения. Максимальное содержание полиароматических углеводородов наблюдается в образце, удаленном на 1500 м от факела, что, вероятно, связано с их сгоранием, последующим рассеиванием в атмосфере и осаждением в почве. Кроме того, в образцах были обнаружены мононенасыщенные соединения – гопены и олеанены, характерные для природных веществ [4].

Во всех пробах почвы, кроме фоновых, были обнаружены хлорофенотаны, содержание которых существенно выше показателя предельно допустимой концентрации (ПДК) (ПДК хлорофенотана в почвах составляет 0,1 мкг/г) в 11–184 раз, за исключением образца FH1. Такое превышение ПДК соответствует очень сильной степени загрязнения данным поллютантом. По-видимому, хлорофенотан попал в почву из воздуха при борьбе с вредителями лесного

хозяйства инсектицидами, в состав которых он входит. В результате длительного пребывания хлорофенотана в почве произошло его накопление.

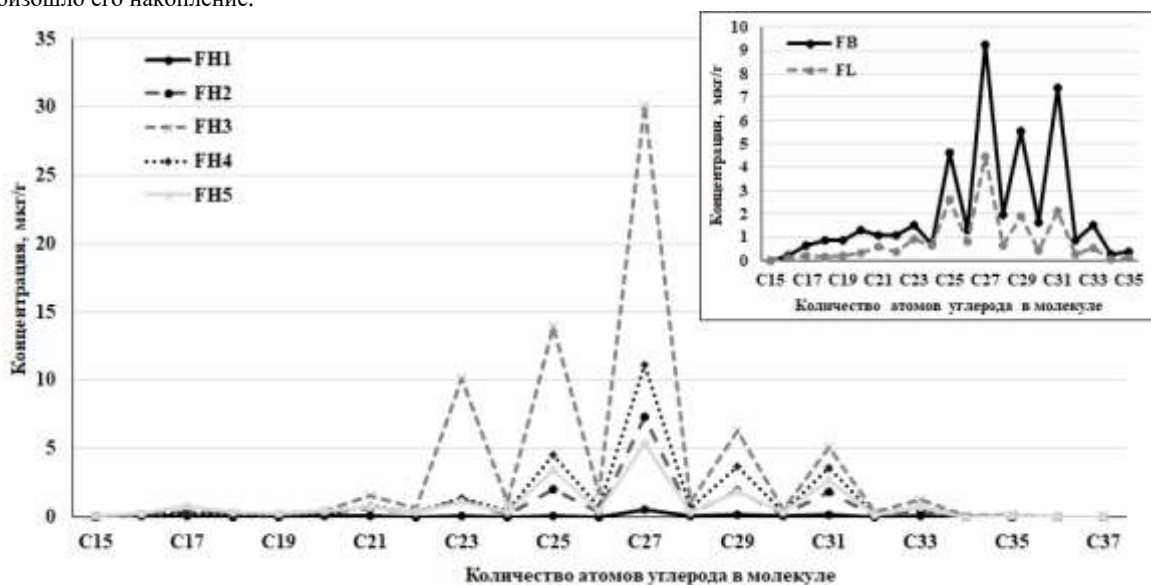


Рис. 1. Молекулярно-массовое распределение n-алканов

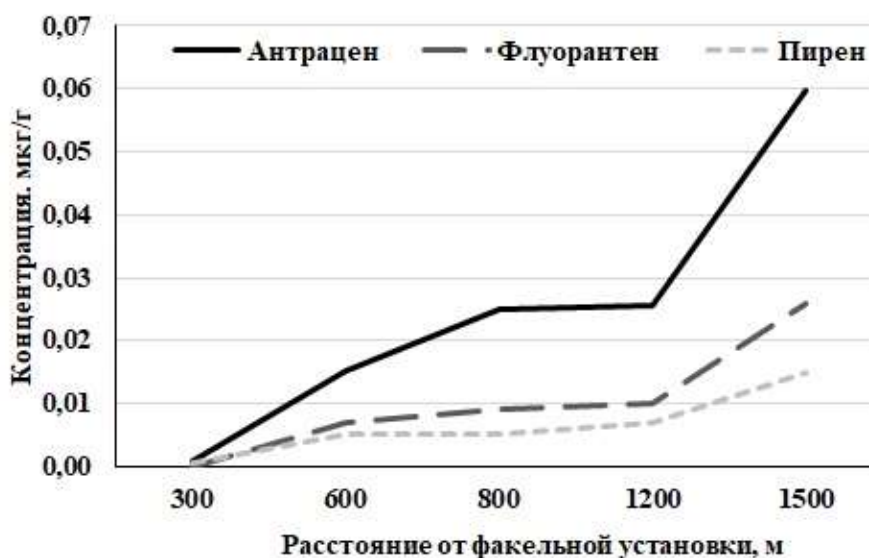


Рис. 2. Распределение полиароматических углеводородов в зоне влияния факельной установки

В результате проведенных исследований удалось обнаружить продукты горения, характерные при сжигании газа на факельной установке. При этом наблюдается постепенное увеличение содержания полиароматических углеводородов по мере отдаления от факела. В почвах был обнаружен хлорофенотан, концентрация которого превышает ПДК в несколько десятков раз.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХН СО РАН (НИОКТР 121031500046-7), финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

Литература

1. Peters K. E., Moldowan J. M., Walters C. C. The Biomarker Guide by KE Peters, CC Walters and JM Moldowan. – Cambridge University Press, 2005.
2. Алексеева М. Н. и др. Оценка атмосферного загрязнения при сжигании попутного газа по данным дистанционных наблюдений теплового излучения // Оптика атмосферы и океана. – 2019. – Т. 32. – №. 11. – С. 915-919.
1. Алексеева М. Н., Яценко И. Г. Риск воздействия сжигания попутного нефтяного газа на окружающую среду // Оптика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 34. – №. 6. – С. 466-470.
2. Дучко М. А. и др. Распределение n-алканов, стероидов и тритерпеноидов в торфе и растениях болота Тёмное // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2013. – Т. 323. – №. 1. – С. 40-44.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОДОРОГ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

Храмов А.Е., Галактионова Л.В.

Научный руководитель доцент Азарова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в городах вследствие деятельности человека, в том числе транспорта и дорожных служб, возникает деградация экосистем [1, 4]. Урбоэкосистемы представляют особый тип природно-технических геосистем, в пределах которых сконцентрировано большое разнообразие загрязнителей, таких как тяжелые металлы, аэрозоли, антибиотики, гормоны, микропластик, наночастицы и др. [6]. Масштабное загрязнение почвенного покрова оказывает влияние на условия роста и развития растений, жизнедеятельность животных и микроорганизмов. Использование методов фитотестирования позволяет оценить суммарное влияние загрязняющих веществ на живые организмы [1,5].

Целью данной работы является оценка экологического состояния черноземов, расположенных вдоль крупных автомагистралей в окрестностях и на территории города Оренбурга методом фитотестирования.

Объектом исследования являются чернозёмы обыкновенные тяжелосуглинистые, расположенные вблизи автомобильных дорог в окрестностях и на территории города Оренбурга.

Методика исследования основана на методе определения хронической фитотоксичности почвы в отношении высших растений (ГОСТ Р ИСО 22030-2009) [3], определении витальных и морфометрических показателей тест-культур, а также определении удельной электрической проводимости почвенной вытяжки согласно ГОСТ 26423-85 [2].

Таблица 1

Значение показателя индекса толерантности (ИТ, %) тест-культур

Расстояние от дороги	Нежинское шоссе		Беляевское шоссе		Загородное шоссе		Улица Терешковой	
	пшеница	горох	пшеница	горох	пшеница	горох	пшеница	горох
5 м	57,69	51,18	46,15	-	92,31	17,65	65,38	20,59
10 м	80,77	58,24	61,54	-	65,38	13,53	42,31	34,71
15 м	84,62	72,65	73,08	25,29	69,23	34,41	80,77	36,18
20 м	88,46	85	69,23	45	96,15	75,88	50	68,24

Таблица 2

Значение показателя индекса массы (ИМ, %) тест-культур

Расстояние от дороги	Нежинское шоссе		Беляевское шоссе		Загородное шоссе		Улица Терешковой	
	пшеница	горох	пшеница	горох	пшеница	горох	пшеница	горох
5 м	39,38	32,84	46,25	0	75,63	23,88	47,5	26,87
10 м	55,01	45,52	46,88	0	54,38	36,57	26,88	44,03
15 м	49,38	63,43	53,75	39,55	61,25	54,48	81,88	48,51
20 м	47,5	73,13	75,2	44,78	93,75	47,76	40	46,27

Таблица 3

Удельная электрическая проводимость почв (ЕС) участков исследования, дСм/м

Расстояние от дороги	Нежинское шоссе	Беляевское шоссе	Загородное шоссе	Улица Терешковой
5 м	7,14±0,03	12,69±1,32	6,78±1,2	10,23±1,11
10 м	5,38±0,12	11,4±0,09	7,85±0,4	9,4±0,21
15 м	4,16±0,43	7,32±0,03	5,12±0,21	6,03±0,35
20 м	1,23±0,02	5,87±0,4	3,24±0,02	6,84±0,13
Фон	0,07±0,02			

Исходя из представленных результатов, можно сделать выводы, что автодороги оказывают отрицательное влияние на почвы. Оно заключается в следующем:

1) растение гороха посевного оказалось более чувствительным тест-объектом и характеризовалось меньшей скоростью прорастания по сравнению с яровой пшеницей. 100 % всхожесть семян отмечена только для почв фонового участка, остальные образцы подавляли прорастание семян.

2) влияние автодорог выразилось в снижении индексов толерантности и массы растений. Наибольшее снижение показателя индекса массы растений отмечено в образцах, отобранных вдоль Беляевского шоссе и по ул. Терешковой.

3) повышение электропроводности почвенной вытяжки в образцах чернозема придорожной зоны связано с активным поступлением химических элементов металлической природы за счет поступления тяжелых металлов и внесения в зимний период антигололедных препаратов, содержащих легкорастворимые и токсичные для растений соли.

4) значения фитотоксичности почв участков, индексов толерантности и массы растений и величина удельной электрической проводимости свидетельствует о высокой степени загрязнения почв, отобранных вдоль Беляевского шоссе и по ул. Терешковой.

Литература

1. Ашихмина Т. Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие. – Киров: ООО «Типография Старая Вятка». – 2012.
1. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. Постановление Госкомитета СССР по стандартам от 08.02.1985 № 283. – Москва: Изд-во Стандартов, 1985. – 10 с.
2. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.
3. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Григориади А.С. Загрязнения почвы транспортом // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. – №1-4. – С. 102-108.
4. Хоружая Т.А., Никаноров А.М. Глобальная экология: Учебное пособие. – М: Книга сервис. Приор. – 2003. – 288 с.
5. Шуберт Р. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – 1988.

КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТАЛЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ

Цветкова Е.А.

Научный руководитель научный сотрудник Полетаева В.И.
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

На формирование гидрохимического режима р. Ангара большое влияние оказывает промышленная зона г. Усолье-Сибирское. Поступление загрязняющих веществ в реку происходит, главным образом, со сточными водами промышленных предприятий. Кроме того, поступление элементов с высокозагрязненной промышленной территории происходит с поверхностным стоком, объем которого значительно увеличивается в период снеготаяния. В процессе формирования талых вод снеговая вода обогащается элементами при контакте с почвой, что сказывается на ее химическом составе. В связи с этим талые воды являются важным фактором формирования речного стока, что необходимо учитывать при изучении миграции веществ в природно-техногенных системах.

По результатам гидрохимических исследований сточных вод промышленной зоны выявлен ряд микроэлементов с повышенными концентрациями – As, Cd, Hg, Zn, Pb, Ti, Co, Mo, Ni, V, Mn, Ge и Sb [1]. В работе рассмотрены концентрации Ti, Mo, Ni, V в талых водах промышленной зоны. Отбор проб талых вод проводился в 54 локациях в период наиболее интенсивного сезонного снеготаяния (апрель). Ti, Mo, Ni и V в талых водах проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивной связанной плазмой (ICP-MS). Построение моноэлементных карт выполнено в программном комплексе QGIS методом интерполяции (Ordinary Kriging).

Установлено, что медиана концентраций Ti в талых водах составила 1,8 мкг/л при C_{max}/C_{min} 32,5. Концентрации Ti в талых водах в диапазоне 1,0-4,0 мкг/л соответствует большей части образцов (67 %). Высокие концентрации Ti зафиксированы в районе шламохранилища и станций нейтрализации (5,2 мкг/л) наиболее крупного предприятия промышленной зоны – «Усольехимпром». Распределение концентраций Ti на поверхности шламохранилища и на прилегающих к нему территориях неоднородно (0,56-7,5 мкг/л). На его поверхности максимальная концентрация Ti составила 7,3 мкг/л, на прилегающих к нему территориях – 7,5 мкг/л. Вместе с этим, в дренажной канаве шламохранилища концентрации Ti находятся в невысоких пределах (0,53-1,10 мкг/л). Пиковые концентрации Ti (17,4 мкг/л) приходятся на единичную аномалию на удаленном от техногенных объектов участке.

Медиана концентраций Mo в талых водах составила 1,3 мкг/л при C_{max}/C_{min} 35,3. Для 61 % образцов характерны концентрации Mo в диапазоне 0,5-2,5 мкг/л (рис.). К участкам с повышенным содержанием Mo относятся территории, тяготеющие к крупным техногенным объектам. Высокие концентрации Mo зафиксированы на участках территории вокруг шламохранилища «Усольехимпром». Диапазон концентраций Mo в этой области составил 1,5-8,2 мкг/л при наибольших концентрациях элемента на прилегающих к шламохранилищу территориях с западной и юго-восточной сторон. Высокие концентрации Mo также зафиксированы в дренажной канаве шламохранилища – в её верхней (7,8 мкг/л) и нижней частях (2,6 мкг/л). В тоже время на поверхности шламохранилища величины концентраций Mo меньше (0,6-1,5 мкг/л). Одновременно, к участкам с повышенным содержанием Mo относится локальная область южной стороны промышленной зоны, граничащая с территорией «Усольехимпром» и теплоэлектростанции (1,6-2,7 мкг/л). К высоко загрязненным Mo участкам относятся территории станций нейтрализации «Усольехимпром» (10,2 мкг/л) и его канализационно-очистных сооружений (16,9 мкг/л). Единичная аномалия приходится на участок золоотвалных сооружений теплоэлектростанции, где на его поверхности зафиксирована ураганная концентрация Mo – 389,5 мкг/л.

C_{max}/C_{min} Ni в талых водах составили 45,4. Медиана концентраций Ni в талых водах – 2,3 мкг/л, что значительно выше, чем среднее содержание Ni в снеговой воде промышленной зоны (1,0 мкг/л) [2]. Участки с концентрациями Ni в талых водах, соответствующими их концентрациям в снеговых водах, носят спорадический

характер (рис). Для большей части образцов (84 %) характерны концентрации Ni в диапазоне 1,0–10,0 мкг/л. Пиковые концентрации Ni зафиксированы на территории, граничащей с «Усольехимпром» (22,5 мкг/л) и в районе канализационно-очистных сооружений «Усольехимпром» (24,4 мкг/л). Подобно Mo , распределение Ni на поверхности шламохранилища и в зоне его влияния неоднородно. Средние концентрации на его поверхности составили 1,1 мкг/л. Одновременно высокие концентрации элемента в талых водах определены в дренажной канаве (5,8–8,4 мкг/л) и на локальном участке с восточной стороны шламохранилища (7,4 мкг/л). Кроме того, высокие концентрации Ni зафиксированы в золоотвалных сооружениях (4,6 мкг/л).

C_{max}/C_{min} V в талых водах составили 159,4. Медиана концентраций V в талых водах – 0,9 мкг/л, что ниже его средней концентрации в снеговой воде (2,6 мкг/л) [2]. Для большей части образцов (83 %) характерны концентрации V в диапазоне 0,2–1,6 мкг/л (рис). Подобно другим элементам, для распределения V свойственно наличие нескольких очагов загрязнения. Его высокие концентрации в талых водах зафиксированы на участке скопления техногенных отходов (4,8–6,4 мкг/л). Участки вблизи теплоэлектростанции и «Усольехимпром» относятся к менее загрязненным (концентрации V 1,9–2,6 мкг/л). Пиковые концентрации V обнаружены на поверхности золоотвалных сооружений (36,8 мкг/л) и в районе станций нейтрализации «Усольехимпром» (36,0 мкг/л).

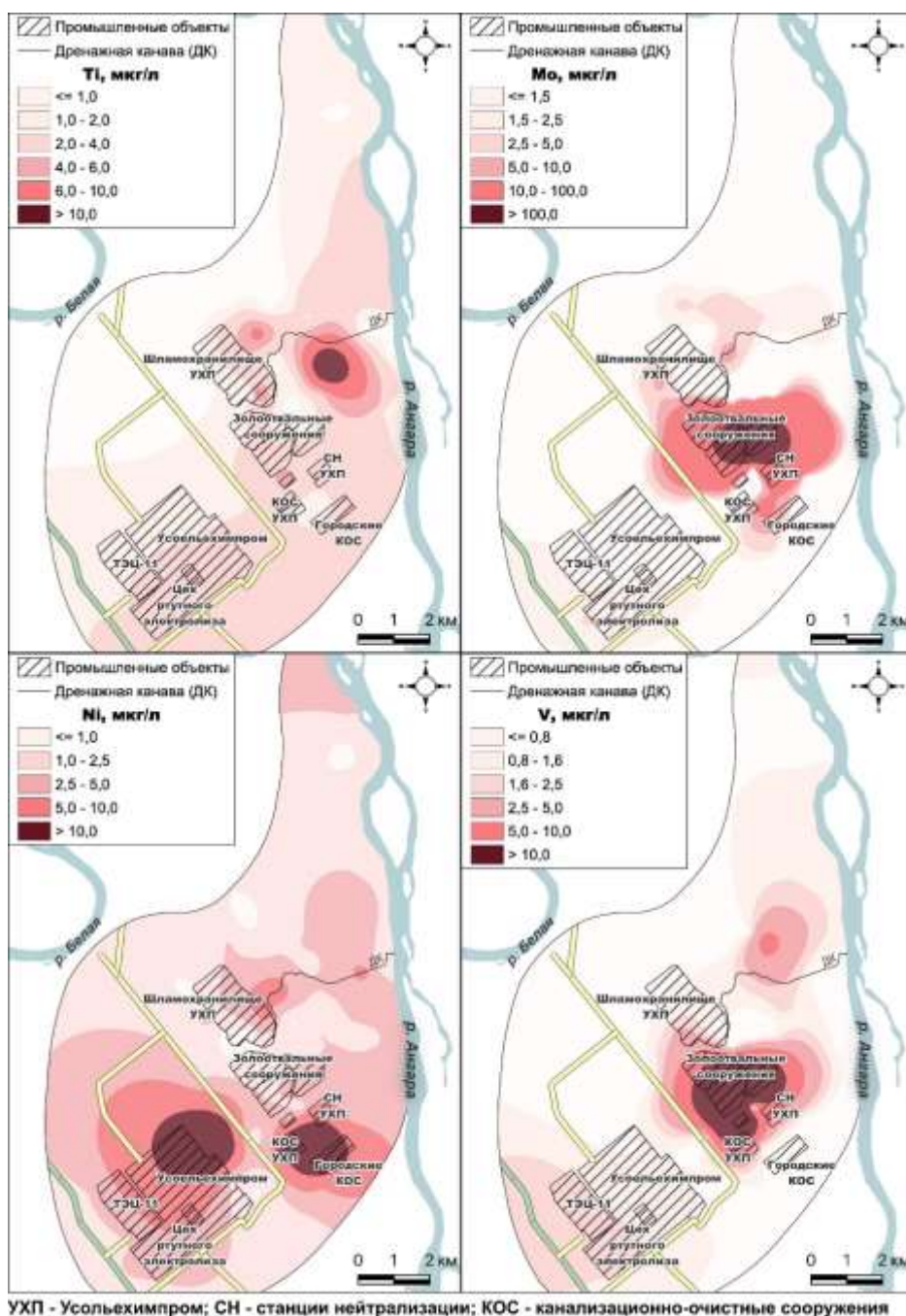


Рис. Карты-схемы пространственного распределения концентраций V , Ni , Mo и Ti в талых водах промышленной зоны г. Усолье-Сибирское

Таким образом, в пространственном распределении концентраций Ti, Mo, Ni и V в талых водах промышленной зоны выявлено наличие специфических особенностей. Общий тренд выражен в закономерном понижении концентраций по мере удаления от крупных техногенных объектов. На распределение концентраций Mo и V в большей степени влияет деятельность теплоэлектростанции, на что указывают аномальные концентрации на поверхности её золоотвалных сооружений. Подобные аномалии связаны с геохимической спецификой используемого теплоэлектростанцией угольного топлива. Загрязнение промышленной территории Ni связано с деятельностью комбината «Усольехимпром», о чем свидетельствуют максимальные и высокие концентрации элемента вблизи предприятия и в районе его инженерных объектов. Повышенные концентрации Ti в талых водах также связаны с деятельностью «Усольехимпром», что подтверждается наличием небольших загрязненных участков. Однако, его максимальные концентрации зафиксированы вне зоны влияния его техногенных объектов.

Литература

1. Цветкова Е. А., Полетаева В. И. Оценка воздействия промышленных сточных вод на качество вод реки ангара в период снижения техногенной нагрузки // Ответственный редактор. – С. 253.
2. Kholodova M. S., Poletaeva V. I., Pastukhov M. V. Features of the microelement composition of the liquid phase in snow cover from the towns of Usolye-Sibirskoe and Svirsk // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 381. – №. 1. – С. 012041.

УСЛОВИЯ САМООЧИЩЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ПОЯНХУ

Чжоу Д.

Научный руководитель профессор Савичев О.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Озеро Поянху является важным пресноводным озером в Китае. Бассейн озера Поянху расположен в зоне перемененно-влажных лесов субтропического пояса. Он имеет мощную функцию состояния окружающей среды и экологический эффект. Озеро Поянху несет воду из рек Ганьцзян, Синьцзян, Сюшуй, Жаохэ и Фухэ и впадает в реку Янцзы через Хукоу после регулирования и хранения. Последняя в среднем составляет около 4000 км² при диапазоне колебаний от 2,7–3,0 тыс. км² до 5,0 тыс. км² и более [4]. В бассейне озера Поянху проживает 45,2 млн человек, действует большое количество промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Это неизбежно окажет определенное влияние на качество воды в бассейне озера Поянху. Всё это обуславливает актуальность исследований водных ресурсов региона и их качества, чему в последние годы посвящено достаточно много работ.

При изучении способности к самоочищению поверхностных и подземных вод в бассейне озера Поянху использовались также данные о речных водах и донных отложениях в бассейне Красной реки на севере Вьетнама [3] и данные о болотных и подземных водах Обского болота в России [1] для сравнительного анализа.

Основные объекты исследования – притоки озера Поянху (прежде всего, река Ганьцзян и её притоки), подземные воды. На рис. показано расположение точек отбора проб на исследуемой территории в 2019 г. [1]. В 2022 г. автором отобраны пробы речных вод и донных отложений в этих же точках для сравнительного анализа химического состава речной воды во времени.

Лабораторные работы по определению химического состава вод выполнены в аккредитованной гидрогеохимической лаборатории Томского политехнического университета под руководством А.А. Хвощевской с использованием следующих методов: потенциометрический – pH; кондуктометрический – удельная электропроводность (ЕС); титриметрический – CO₂, CO₃²⁻, HCO₃³⁻, Cl⁻, Ca²⁺, перманганатная окисляемость (ПО); флуориметрия – бихроматная окисляемость (БО); ионная хроматография – F⁻; турбидиметрия – SO₄²⁻; фотометрический – NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, фосфаты, Fe; атомно-эмиссионная спектроскопия с пламенной атомизацией – Na⁺, K⁺; масс-спектрометрический метод с индуктивно связанной плазмой (МС-ИСП; масс-спектрометр NexION 300D) – концентрации более 30 химических элементов; высокотемпературное каталитическое окисление – углерод органический.

В таблице в качестве примера для анализа изменения концентрации вещества после сброса сточных вод взята концентрация сумма основных ионов и концентрации ионов хлора.

Таблица

Сумма главных ионов Σti , концентрации Cl^- и W в водах р. Цзиньцзян и стоках, поступающих в неё, в межень 2019 и 2022 гг

Расстояние от устья, км	Номер пробы	Σti , мг/дм ³		Cl^- , мг/дм ³	
		2019 г.	2022 г.	2019 г.	2022 г.
136,5	P98	176,7	165,8	10,8	15,3
63,68	P101 (стоки)	949,3	652,6	200,0	217,0
63,59	P100 (стоки)	190,1	228,9	33,0	50,9
63,50	P102	180,3	215,6	14,0	27,4
22,50	P95	180,7	181,0	15,4	19,8

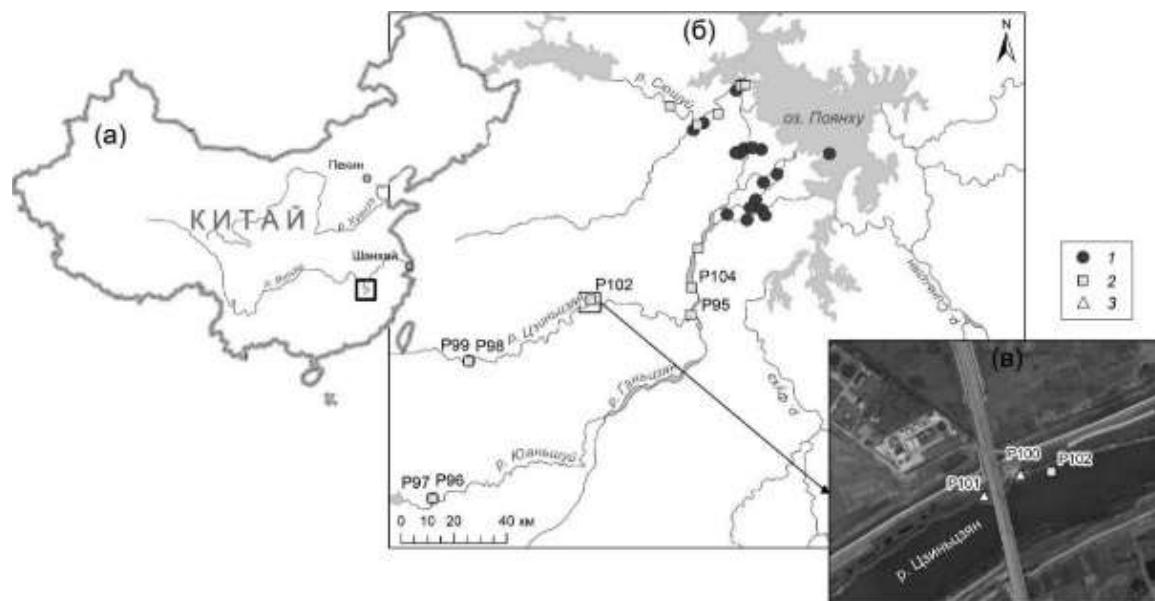


Рис. Схема опробования в водосборе оз. Поянху. (а) Схема расположения района исследований. (б) Расположение точек опробования подземных (1) и поверхностных (2) вод, включенных в расчет фоновых концентраций. (в) Расположение выпусков сточных вод (3) близ р. Цзиньцзян; пронумерованы точки, опробованные в межливневый период 2019 г. [4]

Результаты исследований 2019 и 2022 годов показывают, что концентрации сумма основных ионов и концентрации ионов хлора в точке P102, удаленной на 180 м от сточного выхода P101, значительно снижены. Кроме того, в речной воде уменьшилось содержание As, Cd, Ni, Sb, V, Mo, W и многих других веществ. В межсезонье 2019 и 2022 гг. Цзиньцзян находится примерно в 100-200 м ниже по течению от выхода сточных вод, и достигает 17–120 раз и более. Это связано с более высокой способностью поверхностных вод к самоочищению за счет осаждения нерастворимых соединений и соосаждения различных микроэлементов. Сравнительный анализ химического состава болотных вод в Обском болоте в России и речных вод в бассейне Красной реки во Вьетнаме показал, что еще одним важным фактором, возникающим в результате очистки, является биогеохимический процесс в водной среде с температурой $>20^{\circ}\text{C}$.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ № 23-27-00039 от 24.01.2023 г.

Литература

1. Shankman D., Keim B. D., Song J. Flood frequency in China's Poyang Lake region: trends and teleconnections // International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society. – 2006. – Т. 26. – №. 9. – С. 1255-1266.
2. Soldatova E. A. et al. Ecological–Geochemical Conditions of Surface Water and Groundwater and Estimation of the Anthropogenic Effect in the Basin of the Ganjiang River // Water Resources. – 2022. – Т. 49. – №. 3. – С. 483-492.
3. Van Luyen N., Savichev O. G. Assessing the influence of the mining operations on the state of streams in the northern part of the Red River Basin (Viet Nam) // Geography and natural resources. – 2018. – Т. 39. – С. 182-188.
4. Савичев О.Г., Ян Х., Чжоу Д. Гидрогеодинамические и гидрогеохимические условия самоочищения вод Обского болота (Западная Сибирь) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 115–125.

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ КИСЛОВКА

Швалова Е.В.

Научный руководитель доцент Осипова Н.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Основной целью настоящей работы является литогеохимическая характеристика особенностей накопления и распределения химических элементов и органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна р. Кисловка Томского района Томской области.

Кисловка – река в Томске и Томском районе Томской области. Длина Кисловки – 49 км, она начинается на территории Тимирязевской лесной дачи, в месте слияния рек Еловка и Жуковка, рядом с деревней Головина, протекает рядом с деревней Кисловка, сёлами Тимирязевское и Дзержинское, деревней Петрово, впадает в Томь в 51 км от её устья, напротив г. Северск [3]. Бассейн реки Кисловка находится в северо-восточной части Обь-Томского междуречья на юго-востоке Сибирской равнины. Река Кисловка является левым притоком реки Томь. По данным государственного водного реестра России относится к Верхнеобскому бассейновому округу, водохозяйственный участок реки – Томь от г. Кемерово до устья, речной подбассейн реки – бассейны притоков (Верхней) Оби до впадения Томи. Речной бассейн реки – (Верхняя) Обь до впадения Иртыша [5]. Площадь бассейна реки Кисловка составляет около 200 км², средняя глубина – 0,3 м. Почвообразующими в пределах бассейнов реки Кисловка выступают породы различного происхождения: аллювиального, озерно-аллювиального, водно-ледникового и др. [4]. Почвообразовательный процесс в районе исследования связан с повышенной обводненностью почв, длительным промерзанием, оттаиванием почв и суровым климатом [1].

Особенностью аллювиальных почв является высокое содержание органического вещества. Пойменные почвы обладают высокой продуктивностью в результате аккумуляции наносов, образующихся за счет подвижных продуктов выветривания и почвообразования, поступающих в пойму реки в виде механических и химических осадков с паводковыми водами. Вследствие этого в пойме накапливается большое количество элементов минерального питания растений [6]. Органический углерод играет роль катализатора биологических процессов, способствует сохранению влаги и является индикатором плодородия почвы. При повышенном содержании органического углерода почва защищена от эрозии и ветровой деградации. Благодаря большим запасам этого вещества растительный покров более интенсивно развивается и выделяет больше кислорода, что ускоряет биохимические процессы. Органическое вещество почвы, аккумулируя огромное количество углерода, способствует большей устойчивости круговорота углерода в природе. Общие запасы органического углерода в однометровом слое почвы на территории Российской Федерации составляют 317,1 Гт (или в среднем для территории страны – 19,2 кг·С/м²), в том числе 14,4 Гт (или 0,90 кг·С/м²) в подстилке [7].

Объект исследования – аллювиальные почвы территории нижней части бассейна р. Кисловка в Томском районе Томской области. Река имеет хорошо выраженную пойму, которая подтапливается в периоды половодья, что приводит к формированию аллювиальных почв. Отбор проб аллювиальных почв на территории Томского района проводился автором в сентябре 2022 года. Пробоотбор (10 проб) был проведен в Томском районе вблизи деревень Попадейкино, Борики и Петрово, а также села Дзержинского. Пробоотбор осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017 на глубине 20 см.

Для определения содержания органического углерода в пробах был выбран метод Тюрина [2], который основан на окислении углерода хромовой смесью и измерении оптической плотности растворов при длине волны максимального поглощения излучения образовавшимися аквасульфатными комплексными ионами хрома (III), количество эквивалентов которых равно количеству эквивалентов углерода органических соединений. Данный метод предусмотрен для почв с массовой долей органического углерода не более 15 % [2].

Для определения массы органического углерода в пробах строили градуировочную зависимость массы органического вещества (мг), соответствующую объему соли Мора в растворе сравнения, от оптической плотности раствора (рис.).

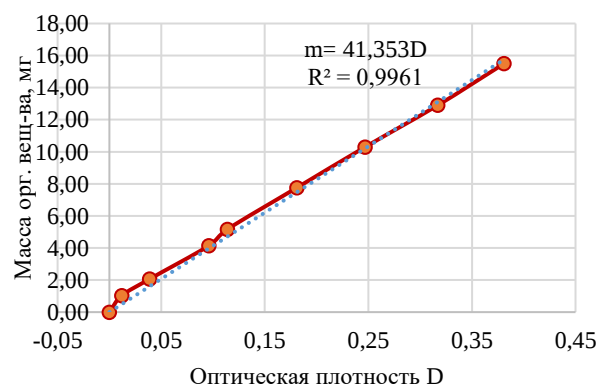


Рис. Градуировочная зависимость оптической плотности раствора от содержания органического вещества, мг

Концентрация органического вещества в пробах представлена в таблице. Массовая доля органического вещества для проб, отобранных с территории нижней части реки Кисловка, колеблется в пределах от 0,59 % до 3,87 %.

Для определения ртути в пробах проводили атомно-адсорбционный анализ посредством использования анализатора ртути «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+», в лаборатории микроэлементного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология», отделение геологии ИШПР ТПУ. Концентрация ртути в пробах представлена в таблице.

Таблица

Содержание органического углерода и ртути в пробах с территории нижнего бассейна реки Кисловка

№ пробы	Массовая доля орг. вещ-ва, %	m орг. вещ-ва, мг	C ртути, нг/г	СКО
1	3,16	3,31	67,7	2,3
2	3,87	4,05	378,8	3,7
3	1,42	1,49	22,8	1,4
4	2,49	2,61	88,9	4,8
5	2,72	2,85	74,8	4,8
6	1,03	1,08	10,7	0,7
7	2,21	2,32	20,5	0,3
8	0,59	0,62	7,5	0,1
9	1,90	1,98	32,7	2,4
10	0,99	1,03	9,7	0,1

С помощью инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) определяли элементный состав аллювиальных почв. Анализ проводился в учебном исследовательском ядерном реакторе ТПУ, в научной лаборатории ядерно-геохимических исследований отделения геологии ИШПР ТПУ. Аналитик – инженер Судыко А.Ф. В результате измерения была определена концентрация 28 элементов, таких как: Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Au, Hf, Ba, Sr, Nd, As, Ag, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, Eu, La, Sb.

Для установления зависимости между содержанием элементов и органического вещества определяли коэффициент корреляции по методу парных корреляций Пирсона. Коэффициент парной корреляции для органического углерода и ртути равен 0,77, что свидетельствует о прямой зависимости концентрации данных элементов.

Для определения линейной корреляции с 28 элементами строили корреляционную матрицу. Коэффициент вариации свыше 0,7 наблюдается у 7 элементов, таких как: Lu, Hf, Sc, Fe, Zn, Co, La, что говорит о высокой степени корреляции содержания данных элементов с концентрацией органического углерода.

Таким образом, в результате работы были определены запасы органического углерода в аллювиальных почвах нижнего бассейна реки Кисловка в слое 0-20 см. Установлено, что самое высокое содержание углерода характерно для пробы № 3. Среднее значение массы органического углерода равно 2,13 мг для 10 проб. Корреляционные зависимости ртути и других металлов с органическим веществом можно объяснить образованием в почве связанных металлорганических комплексов, которые за счет своих свойств являются устойчивыми соединениями и удерживаются в почве.

Литература

1. Герасько Л. И., Пашнева Г. Е. Почвы Томского Приобья // Генезис и свойства почв Томского Приобья.-Томск: ТГХ. – 1980. – С. 32-84.
2. ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества». Дата введения: 29.12.1991 г. № 2389
3. Долгова Л.А. Кредит [Электронный ресурс] // Википедия: Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/361915> (дата обращения: 20.03.2023).
4. Евсеева Н. С. и др. География Томской области: Природные условия и ресурсы. – 2001.
5. Кисловка // Энциклопедия рыбалки и охоты Catcher.fish. – Режим доступа: <https://catcher.fish/enciklopedia/vodoemy/sfo/kislovka/>. (Дата обращения: 20.03.2023)
6. Полякова Н. В., Лавринова М. Г., Володина Е. Н. Органическое вещество аллювиальных почв разной степени гидроморфизма // Плодородие. – 2016. – №. 3 (90). – С. 13-15.
7. Щепаченко Д. Г. и др. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. – 2013. – №. 2. – С. 123-123.

ШЛАМООТСТОЙНИКИ КАК ОБЪЕКТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Юркова Д.И.

Научный руководитель доцент Азарова С.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

При проведении буровых работ на нефтеперерабатывающих, горнодобывающих и металлургических предприятиях образуются отходы – шлам, который необходимо утилизировать. Для этого используют специальные накопители или водоемы, которые называются шламоотстойники. Здесь происходит осаждение шлама, а осветленная вода вытесняется на поверхность сооружения. Чаще всего именно такие объекты не имеют должного обустройства, или неправильную эксплуатацию, что в значительной степени негативно влияет на окружающую среду и, следовательно, на людей и их здоровье. Шламоотстойники оказывают негативное влияние на окружающую среду: на почву, поверхностные и подземные воды, водные экосистемы и атмосферный воздух, а также на человека.

Почва. Буровой шлам содержит в себе тяжелые металлы (цинк, мышьяк, кадмий, свинец), углеводороды и токсичные элементы. В результате долгого хранения химические элементы мигрируют, а также накапливаются в почве, оказывая негативное воздействие на флору и фауну: происходит накопление вредных веществ в тканях растений и животных, а также изменение структуры почвенных слоев и уменьшение урожайности сельскохозяйственных земель. Как известно, ртуть – тяжелый металл, который вызывает значительные и губительные изменения при больших концентрациях в почвах. Было проведено исследование на содержание ртути в отходах горнодобывающих предприятий Республики Хакасия и выяснено, что самые высокие концентрации ртути наблюдались в почвах шламоотстойниках [6]. Именно избыток ртути приводит к ухудшению роста растений, их гибели, уменьшению количества питательных веществ в земле, и в целом оказывает негативное влияние на фауну. Было оценено воздействие отходов ТВМК (Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината) на территорию Приэльбрусья [4] – выявилось превышение ПДК по ряду тяжелых металлов в почвах, прилегающих к шламоотстойникам ТВМК, а также установлено перераспределение рудного вещества, которое сопровождается его концентрированием на более глубоких горизонтах давно рекультивированного шламоотстойника. Также существует еще одно исследование об уровне загрязнения отстойников тяжелыми металлами, которое показало, что максимальная концентрация тяжелых металлов наблюдалась в области шламоотстойников. Чем дальше от шламоотстойника – тем больше падает концентрация тяжелых металлов [5].

Поверхностные и подземные воды. Как уже было сказано, буровой шлам содержит в себе углеводороды, ароматические углеводороды постепенно окисляются до ароматических спиртов (фенолов), попадая с грунтовыми водами в поверхностные, которые, в свою очередь, используются для питьевого водоснабжения. Также оказывает негативное влияние на физические и химические свойства воды (степень солености, окисляемости, электропроводности). Например, сброс в море 1 м³ бурового шлама приводит к загрязнению 5 тыс. м³ морской воды [4]. Чаще всего загрязнение вод происходит из-за неправильной эксплуатации шламоотстойников. Также существует проблема сброса вредных веществ и в природные объекты общего пользования. Отличным примером является полигон в городе Балашихе: с 2014 года осуществлялась незаконная деятельность из-за переполненности полигона. Только после прямого обращения жительницей Балашихи к президенту Российской Федерации в 2017 году удалось закрыть данный объект.

Водная экосистема. Шлам содержит не только углеводороды и тяжелые металлы, но и глину, остатки пород. Именно благодаря глине и остаткам пород появляется муть, которая приводит к губительным последствиям водных экосистем. Небольшие концентрации шлама вызывают изменения в жизнедеятельности рыб. А также наблюдается уменьшение выживаемости, оплодотворяемости, изменение биохимических показателей в тканях головного мозга [1, 2].

Атмосферный воздух. Шламоотстойники являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Вещества, входящие в буровой раствор, представляют опасность, в первую очередь, для обслуживающего персонала буровой установки.

Человек страдает не только от попадания вредных веществ в почву и воды, но и от самого существования шламоотстойников. После 80–90-х годов прекратили свою деятельность многие угольные предприятия, соответственно, шламоотстойники остались без надзора, пользования и правильной утилизации. Это всё может привести к подземным пожарам. На территории Кузбасса погиб несовершеннолетний ребенок, провалившись под землю бывшего шламоотстойника, который не был ничем огорожен. Два ребенка увидели тление почвы, заинтересовались, подошли ближе и оба провалились, а выжил только один [3]. Это и еще подобные случаи показывают необходимость огораживать бывшие шламоотстойники, следить за их эксплуатацией и надлежащей ликвидацией отходов, и самих шламоотстойников.

Данным проблемам пытаются придумать различные решения. Так, одно из решений проблемы загрязнения шламоотстойниками предложили С.Ю. Теплых, М.А. Гриднева и Е.В. Дремина. Их эксперимент заключается в использовании технологии мембранного компостирования. Использовалось специальное мембранное покрытие, которое состоит из специально разработанной микропористой структуры на основе политетрафторэтилена, устойчивый к ультрафиолетовому излучению и механическому воздействию. Именно благодаря данному покрытию обеспечивается стабильный климат внутри отстойников. С помощью этой разработки снизился показатель влажности. На рисунке можно увидеть различные показатели, которые учитывались в ходе данного эксперимента [7].

На данный момент, в нашей стране широкое применение имеют именно такие специальные накопители – шламоотстойники. Их вред на окружающую среду, несомненно, негативный. Страдают не только почвы и подземные воды, но и поверхностные воды, а также водные экосистемы. Это всё отражается не только на почве, водных

обитателях, но и на человеке и его здоровье. Сейчас продумываются различные решения для уменьшения негативных последствий на окружающую среду, но на данный момент они не применяются из-за своей дороговизны, а также отсутствия оптимальных разработок и достаточной их изученности.

Литература

1. Бортников Н. С. и др. Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского комбината на почвенно-растительный слой Приэльбрусья // Вестник Владикавказского научного центра. – 2013. – Т. 13. – №. 2. – С. 35-45.
2. Усманова Т. В., Азарова С. В. Экологические проблемы в районах размещения горнопромышленных отходов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №. 2. – С. 684-684.
3. Фомин А. И., Бесперстов Д. А., Рудюк О. В. Обеспечение безопасности граждан в районах проживания угольных предприятий шламоотстойники // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – №. 4. – С. 39-43.
4. Милютин А. и др. Экология. Основы геоэкологии. Учебник для академического бакалавриата. – Litres, 2015.
5. Avdeeva I. I. et al. Assessment of heavy metals pollution level in sludge pit // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 866. – №. 1. – С. 012035.
6. Azarova S. V. et al. Hg in waste from mining and processing enterprises in the Republic of Khakassia // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – С. 1266-1268.
7. Teplykh S. Y., Gridneva M. A., Dremina E. V. Sludge pits of biological treatment plants and their reclamation //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 1010. – №. 1. – С. 012131.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
Секция 1. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ	
Баус А.Е. НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОФИЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРНА НА ПРИМЕРЕ МЕТОДА ИК-ФУРЬЕ СПЕКТРОМЕТРИИ.....	12
Будников О.А., Цинкобурова М.Г. КРАТКАЯ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНИЙ ФРАН) ОКРЕСТНОСТЕЙ ПСКОВА	13
Волчатова Е.В., Безрукова Е.В., Решетова С.А., Кербер Е.В. ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ БАССЕЙНА ОЗЕРА САГАН-НУР ЗА ПОСЛЕДНИЕ 8600 ЛЕТ	16
Герасимов С.А. ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОТУОБИНСКОГО ГОРИЗОНТА (Vb ₁) ЧАЯНДИНСКОГО НГКМ	17
Гопп Д.Д. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	19
Горьин Д.С. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРФЕНОВСКОГО ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА ВЕНДА АНГАРО-ЛЕНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	20
Дегтярев В.А. ЭТАПЫ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ РАЙОНОВ СО СЛАБОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТЬЮ НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО САХАЛИНА	22
Егорова А.С. ЛИТОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ХАМАКИНСКОГО ГОРИЗОНТА ЧАЯНДИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	24
Ербаева М.А., Намзалова О.Д.-Ц. ПРИРОДНАЯ СРЕДА ПЛЕЙСТОЦЕНА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	25
Жданова Ю.Ю. ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СКВАЖИН В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИ-КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ ГИС	26
Касимов Ж.Д. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ.....	28
Козлов А.А., Красильников В.П. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ХОРЕЙВЕРСКОЙ ВПАДИНЫ	30
Козлов М.С., Шадрин В.А. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КРАПИВИНСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА СКВАЖИНЫ 235).....	32
Кузнецов С.П. НОВОЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ РАННЕТУРНЕЙСКОЙ ЛЕПИДОФИТОВОЙ ФЛОРЫ В РАЙОНЕ ГОРОДА УЖУР (СЕВЕРО-МИНУСИНСКАЯ ВПАДИНА).....	34
Можейко А.В. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ХАМАКИНСКОГО ГОРИЗОНТА ЧАЯНДИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	35
Назарова А.А., Жукова В.В., Михненко Д.В., Шугалей А.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫХ И ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ЮРСКО-МЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЛЬКАНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЯНАО).....	37
Назарова А.А., Усова И.И. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОФАЦИАЛЬНЫХ И ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ДЕВОНСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ.....	39
Оберемок И.А. ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ В МЕСТАХ ФОКУСИРОВАННОЙ РАЗГРУЗКИ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ФЛОИДОВ НА ШЕЛЬФЕ МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ	40
Овчаренко В.М., Тишенская А.В. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА П122 ОДНОГО ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОГО ЯМАЛА.....	42
Панин В.Р. ПОЛИМОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ВТОРИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПЕСЧАНЫХ ПОРОДАХ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	44
Пахтаева М. Г. ПРИМЕНЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАЛЕОНТОЛОГИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЗМОВ	46
Полтавская Н.А., Гершелис Е.В., Чаркин А.Н., Гусева Н.В., Семилетов И.П. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ЧАУНСКОЙ ГУБЫ (ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ МОРЕ): ДАННЫЕ ПО МЕТОДУ ROCK-EVAL	47
Попов П.П. КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРОЕНИЯ И ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНО-КОЛЬЧУМСКОЙ АНТИКЛИНАЛИ.....	48
Салайдинова Ю.Л. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ АКВАТОРИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ	49
Симонова Е.А. ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВОГО ТИПА БЫМСКО-КУНГУРСКОЙ МОНОКЛИНАЛИ	51
Солтанова А.О., Самойленко В.В., Трушков П.В. ГЕНЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МУХАНО-ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	53

Усова И.И. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРНОЙ ХАКАСИИ	55
Федяев Н.Я. КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАВЕРНОЗНОСТИ КАРБОНАТНОГО КОЛЛЕКТОРА НА ОСНОВЕ МАКРОТОМОГРАФИИ.....	57
Хлыстов В. А. ИЗУЧЕНИЕ ПОРОВО-ТРЕЩИНОВАТОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ПЕТРОГРАФИЧЕСКИМ ШЛИФАМ СРЕДНЕ-ХАРЬЯГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	59
Ходоров И.С. ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД ПЛАСТА ХМ2 МЕСТОРОЖДЕНИЯ N ПО ДАННЫМ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН.....	59
Читадзе К.С., Толоконникова З.А. МЕЛОВЫЕ МШАНКИ РОДА LUNULITES LAMARCK, 1816.....	61
Шабутдинов Т.Д. КОНОДОНТОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЛОЖЕНИЙ МЕНДЫМСКОГО ГОРИЗОНТА ФРАНСКОГО ЯРУСА В РАЗРЕЗЕ «РЯУЗЯК» РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	63
Шумаков Д.Е. ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ПОИСКОВЫХ УЧАСТКОВ В ПРЕДЕЛАХ КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (РЕСПУБЛИКА ТЫВА, РОССИЯ).....	65

Секция 2. РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

Белоусов П.Е. МИНЕРАЛООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННО ВАЖНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ	68
Паниковровский Т.Л., Яковенчук В.Н., Гойчук О.Ф., Калашникова Г.О., Базай А.В., Кривовичев С.В. МИНЕРАЛЫ ТРАНСФОРМЕРЫ: ПРЕВРАЩЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА	70
Рампилов М.О., Рампилова М.В., Избродин И.А. ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОВ И ПЕГМАТИТОВ ИНГУРСКОГО МАССИВА, ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ.....	71
Рудмин М.А. ГЛАУКОНИТ: ОБЗОР УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ, ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	73
Бадмажапов Б.Б. ЗОНАЛЬНОСТЬ РУДНОЙ ЗАЛЕЖИ ОЗЕРНОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	75
Болдина Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ ДИФфуЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РУДОГЕНЕЗА ЗОЛОТА	76
Грязнова Д.В., Самбуров Г.О., Яковенчук В.Н., Паниковровский Т.Л. ПОВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛА ДЕЛЬХАЙЕЛИТА В КИСЛОЙ СРЕДЕ	78
Дибров А.М., Диброва Ю.А. МИРОВОЙ РЫНОК ТАНТАЛА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ДОБЫЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ	80
Калашникова Г.О., Грязнова Д.В., Гойчук О.Ф., Базай А.В., Паниковровский Т.Л. ДЕКАТИОНИЗАЦИЯ ПРИРОДНОГО МУРМАНИТА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	81
Калинина А.М., Сейров Ф.Е. О ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОМ ТИПЕ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ МЕДИ УЛАНДРЫК И АКСАЙ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ).....	84
Калинина Н.А. ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И ХИМИЗМА ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В ААЛЕНСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ ЛАБИНО-МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ).....	86
Калинина Н.А. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ООИДОВ В ААЛЕНСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКАХ ЛАБИНО- МАЛКИНСКОЙ ЗОНЫ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ).....	88
Королькова Д.А.М. ЗОЛОТО-ТЕЛЛУР-ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РУД СЕКИСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН	90
Левочская Д.В., Ерофеев А.Е., Якич Т.Ю. ОСЦИЛЛЯТОРНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ АЛЮМО-СУЛЬФО-ФОСФАТОВ В ЭПИТЕРМАЛЬНОМ ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ СВЕТЛОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	91
Максимов П.Н. ОЦЕНКА СХОДСТВА МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)	92
Максимов П.Н. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ РУДНОГО ВЕЩЕСТВА ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)	94
Молукпаева Д.К. ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РУДНОГО ПОЛЯ (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ).....	96
Николаева А.Н. ЗОЛОТАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ ВЕРНИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ ТОЛЩ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)	98
Новгородцева К.В., Калинина Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ АВТОХТОННОСТИ ФОРМЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ БАЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	100
Рудмин М.А., Калинина Н.А., Максимов П.Н. О ПРИРОДЕ ЦИНКА В МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ	102
Самбуров Г.О., Паниковровский Т.Л., Гойчук О.Ф., Базай А.В., Яковенчук В.Н. РАЗМЫШЛЕНИЯ О ТОМ, КАК МИНЕРАЛ ТЕРСКИТ, БУДУЧИ ОБМЫТЫМ КРЕПКОЙ ВОДКОЙ, ЕСТЬЕВО СВОЕ МЕНЯЕТ В ЛИТВИСКИТ	104
Сухорукова В.А. МЕТАСОМАТИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ И ВКЛЮЧЕНИЯ РЗЭ В РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ (НАТАЛКИНСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ)	106
Хитрин И. С., Максимов П.Н. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ АЛЛОТИГЕННОГО МАТЕРИАЛА МОРСКИХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ БАЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ).....	108
Шадчин М.В., Лосев В.И., Макаров В.А. ИНТРУЗИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ КАК ИСТОЧНИК ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ.....	110

Ярославцев Д.А., Якич Т.Ю. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ПИРИТА УЧАСТКА СЕВЕРНЫЙ БАРАНЬЕВСКОГО AU-AG МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАМЧАТКА).....	112
---	-----

Секция 3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Крутенко Д.С. ВЫЯВЛЕНИЕ СВЯЗИ ГЛУБИННОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА СО СТРУКТУРАМИ ФУНДАМЕНТА	114
Крутенко М.Ф. ТЕРМИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА НИЖНЕТАБАГАНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ В АСПЕКТЕ ПРОБЛЕМЫ ИСТОЧНИКА «ПАЛЕОЗОЙСКОЙ НЕФТИ»	116
Моисеев М.В. СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОДАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНЫ НА ПРИМЕРЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	118
Рагозин И.Д. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ ПАСПОРТОВ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД	120
Riabova S.A. IONOSPÄRISCHE WIRKUNG DES KATASTROPHEN ERDBEBEN IN DER TÜRKEI AM 6. Februar 2023	122
Riabova S.A. ENGER GEOMAGNETISCHER EFFEKT DER PAROXYSMALEN AKTIVITÄT DES VULKANS STROMBOLI AM 9. OKTOBER 2022.....	123
Федоров В.Г. О ПРИРОДЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ОРУДЕНЕНИЯ ЗОЛОТО-МЕДНО-ПОФИРОВОГО ТИПА СИХОТЭ-АЛИНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ.....	124
Шелемехова С.Д., Любимый Е.В., Смоляков Д.Д. ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ РАДИУСА РАСТЕПЛЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН.....	126

Секция 4. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Адьякса И.П. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГРУНТОВЫХ ВОД В РАЙОНЕ ГРЯЗЕВОГО ВУЛКАНА (ЛУСИ) В СИДОАРДЖО, ВОСТОЧНАЯ ЯВА, ИНДОНЕЗИЯ.....	129
Барановская М.Л. УГРОЗА СОХРАННОСТИ ОПОРНЫХ ОБНАЖЕНИЙ СТАРОИЗБОРСКОЙ СВИТЫ (НИЖНИЙ ФРАН) В РАЙОНЕ ДЕРЕВЕНЬ ВЫБУТЫ И ВОЛЖЕНЕЦ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)	130
Белова А.С. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИХОТЭ-АЛИНЯ.....	133
Бирулина А.Г. ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	134
Борисова А.Д. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЧАСТИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ ЗА ПЕРИОД 2000-2022 ГГ. В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	136
Быкова Е.Н., Кезик Ю.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРАКТИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	138
Вихоть А.Н. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ОПОЛЗНЕВОГО СМЕЩЕНИЯ В ДОЛИНЕ Р. ВОРКУТА.....	141
Владимирова О.Н. ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ТОМЬ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ)	143
Гагарина К.М., Балобаненко А.А., Пасечник Е.Ю. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ ТЫВА ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	145
Голубева Е.Д. ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ВОД ИСТОРИЧЕСКОГО РУДНИКА ГЕРБЕРТЦ ПИТКЯРАНТСКОГО РАЙОНА (ЮЖНАЯ КАРЕЛИЯ).....	147
Зайцев А.В. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОБОДНОГО НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ	148
Зрелова М.И. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ПГТ СЕЛЕНГИНСК (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....	150
Кузнецов Е.Н. ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ГТМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	152
Малков Д.С. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕРА КУОЛЛАНДА-КЮЁЛЬ (ПРЕДВЕРХОЯНСКИЙ ПРОГИБ, ЯКУТИЯ).....	154
Мальцев Д.А., Окороков Д.И., Дудкевич П.В. ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ПОДТОПЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ Г. ИРКУТСК).....	155
Моисеева Ю.А., Пургина Д.В., Пипко И.И., Гусева Н.В. ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ РЕЧНЫХ И МОРСКИХ ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЕЯ ЛАПТЕВЫХ.....	157
Остроумова В. С. ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ УЧЁТА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЧАСТКА СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭТАПЕ ОБОСНОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ	160
Палилкин А.А. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМОСНИМКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРУНТОВ	162
Пальцева Д.Е., Студенкова Н.А. ПОДХОДЫ К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	164
Пургина Д.В., Зарипова Н.А., Моисеева Ю.А., Гусев В.В. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНЫХ СВОЙСТВ НАМЫВНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ИХ КОНСОЛИДАЦИИ.....	166
Румак А.В., Козырская К.В., Козырский С.С. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОВ ВОСПОЛНЕНИЯ	

ЗАПАСОВ МОХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ) НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОЙ СЪЕМКИ LANDSAT	168
Соина К.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ УСЛУГ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА (РЕКОНСТРУКЦИИ) ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ	170
Субботина Д.А., Стукова Е.В., Борисов Е.С., Гантимурова С.А. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УЧАСТКОВ, ПРЕДРАСПОЛОЖЕННЫХ К СКАЛЬНО-ОБВАЛЬНЫМ ЯВЛЕНИЯМ, НА ОСНОВЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ	172
Суранов Н.А. ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ДЗЗ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИНВАЗИВНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО	174
Тажиев С.Р. ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА САМОИЗЛИВАЮЩИХСЯ СКВАЖИН МЕРКЕНСКОГО РАЙОНА ДЛЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПОСЛЕ ДЕТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ	176
Тукмачёв Д.В., Чихирева В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	178
Ченсизбаев Д.Б. ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАССОЛОВ ШУ-САРЫСУЙСКОЙ ВПАДИНЫ В КАЧЕСТВЕ ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	180
Чихирева В.В., Тукмачёв Д.В. СОДЕРЖАНИЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА И ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИНАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10-Й ХУТОР	182
Чуржакова Д.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СНЕГОЗАНОСА В ПРОВЕТРИВАЕМОМ ПОДПОЛЬЕ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОГНОЗНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ	183
Шахмайкин Н.А. ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПАСНЫХ ЭКОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЛАГЕРНОГО САДА (Г.ТОМСК)	185
Ядав Б. ЯВЛЕНИЯ ЯДОВИТОЙ ПЕНЫ ИЛИ ВСПЕНИВАНИЯ В РЕКЕ ЯМУНА (ДЕЛИ, ИНДИЯ)	187
Ян Хэн ВВЕДЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ И БОЛОТНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ ВЕТЛАНТОВ В ВОДОСБОРЕ ОЗЕРА ПОЯН (КИТАЙ) И ОБСКОГО БОЛОТА (РОССИЯ))	188

Секция 5. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Фархутдинов И.М., Злобина А.Н. РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН - ПОЛИГОН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МЕДИЦИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ	190
Мягкая И.Н. МИГРАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ВОДА – ОРГАНО-СОДЕРЖАЩЕЕ ВЕЩЕСТВО» ИЗ ОРЕОЛОВ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	191
Филимоненко Е.А., Ватулин Г.Д., Приходько Н.В. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ЛЕСОТУНДРЕ НА СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ПОЧВАХ	194
Адильбаева Т.Е. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ (2014–2022 гг.) В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В Г. КАРАГАНДА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН) ПО ДАННЫМ СНЕГОВОЙ СЪЕМКИ	196
Акимова С.С. ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ СЛАБО- И СИЛЬНОУРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	198
Алентьев Ю.Ю., Кокорев О.Н., Жилина Е.Н. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОГО ВЫХОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАЙОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	200
Антонова В.М. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЯ В Г. МОСКВА И Г. ЧЕЛЯБИНСК	202
Арбузова Е.А., Филимоненко Е.А., Упорова М.А., Ибраева К. ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	204
Ахназарова З.А. БИОРЕСУРСНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОРОДА ТОМСКА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	206
Баенгуев Б.А., Белоголова Г.А. СВИНЕЦ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ» В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	208
Бектенов Д.Е., Субботина К.А. ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ CS-137 НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОГО РАЙОНА ПОДВЕРГШЕГОСЯ ВЫПАДЕНИЮ РАДИОНУКЛИДОВ	210
Беспалова А.И. РТУТЬ В УЛИЧНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА	212
Волкова Н.А. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ОРГАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПОЧВ	214
Гончаров Г.А. ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА	215
Дуплищева А.В., Горячев А.А. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АПАТИТ-НЕФЕЛИНОВЫХ РУД	218
Евстигнеева И.Н. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В ОЧИСТКЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД	219
Зеновская А.И., Царябина С.И., Скуратовская К.Д. ВЛИЯНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ: СОЗДАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ЦЕНТРА ДЛЯ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ	221
Иванова Д.А. ПОКАЗАТЕЛИ СООТНОШЕНИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩЕГО ПРИМОРСКОГО КРАЯ	222
Канайкин И.Е., Синошко К.В., Парамзин А.Р. ПРОБЛЕМЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ПОПУТНЫХ ВОД	

ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	224
Капинос Л.Ю. ЗОЛОШЛАКОВЫЕ ОТХОДЫ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	225
Клокова А.О., Ханхасаева С.Ц., Бадмаева С.В. ПОЛУЧЕНИЕ РЕ-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ И ТЕСТИРОВАНИЕ ИХ В ФОТООКИСЛЕНИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ	226
Колотыгина В.Н., Кривенок Л.А., Солдатова Е.А. ЭМИССИЯ МЕТАНА И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НА ФОНОВОМ И АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННОМ УЧАСТКАХ ОБСКОГО БОЛОТА	228
Коротаева А.Э. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	230
Крестьянникова Е.В., Пожитков Р.Ю. РТУТЬ В ПЫЛЕАЭРОЗОЛЯХ ГОРОДА ТЮМЕНЬ	231
Круковская О.Ю. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ	233
Куровская В.В. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ВИСМУТА В ОРГАНИЗМЕ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ТЕРРИТОРИИ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОФАГИИ	235
Матюхин И.А., Икрамов З.Л., Шулунов А.И. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ОБЪЕКТА II КЛАССА ОПАСНОСТИ НА УРБАНИЗИРОВАННУЮ СРЕДУ В Г. СВИРСК	236
Мезенцева В.Е. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОМПОНЕНТОВ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ РОМАШКА	238
Носкова А.А., Никулина Е.П. РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТНОГО СЕНСОРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РТУТЬОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ	240
Новиков В.С. СЛЕД ТУНГУССКОГО СОБЫТИЯ 1908 Г. В ДОННОМ ОСАДКЕ ОЗЕРА ПЕЮНГДА ПО ДАННЫМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА-СИ	242
Оманбоев Д.И., Адонин Н.Р., Матвеев И.С., Кокорев О.Н. ПЛАНИРОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПУНКТА ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ФИЛИАЛА «СЕВЕРСКИЙ» ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	244
Петуныкин С.П. ДИНАМИКА УРОВНЯ ПЫЛЕВОЙ НАГРУЗКИ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (Г. ТОМСК)	245
Покидько Б.В., Изосимова Ю.Г., Данилин И.В., Толпешта И.И., Тюпина Е.А., Белоусов П.Е. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КИСЛОТНОЙ АКТИВАЦИИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА	247
Пушкарева А.А. РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ	249
Сапрунова И.А. ПРИМЕНЕНИЕ КАППАМЕТРИИ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ Г. КАРАГАНДА (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)	250
Санарова Р.Ю. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРОДА ТОМСК	252
Семёнов М.А. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОЭКОЛОГИИ И ГЕОХИМИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ	253
Стрежнева А.А., Бадмаева С.В., Ханхасаева С.Ц. РАЗРАБОТКА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СОРЕБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ	254
Стрепетов Д.А. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА БЛАГОРОДНОГО ОЛЕНЯ (CERVUS ELAPHUS) НА ТЕРРИТОРИЯХ РАЗВИТИЯ ГЕОФАГИИ (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ, РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)	255
Сучков Д.В., Виноградова К.И., Дмитриева Д.В., Курганова С.М., Русских Е.А. ОТХОДЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ Ж/Д ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК ВТОРИЧНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	257
Талантбекова А.Т. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К БООМСКОМУ УЩЕЛЬЮ ТЕРРИТОРИИ (КЫРГЫЗСТАН) С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	259
Федоров Д.В., Русских И.В., Ельчанинова Е.А. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА	261
Храмов А.Е., Галактионова Л.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОДОРОГ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ	263
Цветкова Е.А. КОНЦЕНТРАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТАЛЫХ ВОДАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ	264
Чжоу Д. УСЛОВИЯ САМООЧИЩЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА ПОЯНХУ	266
Швалова Е.В. ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА РЕКИ КИСЛОВКА	268
Юркова Д.И. ШЛАМОУСТОЙНИКИ КАК ОБЪЕКТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	270

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Труды XXVII Международного молодежного научного симпозиума
имени академика М.А. Усова,
посвященного 160-летию со дня рождения академика В.А. Обручева
и 140-летию академика М.А. Усова,
основателям Сибирской горно-геологической школы

Издано в авторской редакции

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