

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

*Проды XXVIII Международного молодежного научного симпозиума
имени академика М.А. Усова,
посвященного 125-летию со дня рождения академика
Академии наук СССР, профессора К.М. Сатпаева
и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента
Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова*

Томск 2024

УДК 504(063)

ББК 20.1л0

П78

П78 **Проблемы геологии и освоения недр** : труды XXVIII Международного молодежного научного симпозиума имени академика М.А. Усова, посвященного 125-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова. Том 1 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2024. – 297 с.

ISBN 978-5-4387-1207-7 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-1206-0

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, геoinформационных 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, к.г.-м.н., доцент.

Ответственные редакторы секций:

Секция 1 – Н.М. Недоливко, к.г.-м.н., доцент;

Секция 2 – М.А. Рудмин, к.г.-м.н., доцент;

Секция 3 – Ю.В. Колмаков, д.г.-м.н., доцент;

Секция 4 – Н.В. Гусева, д.г.-м.н., профессор;

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

Секция 6 – В.С. Рукавишников, PhD, доцент;

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, ведущий эксперт.

ISBN 978-5-4387-1207-7 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-1206-0

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2024

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
NATIONAL RESEARCH TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY
SCHOOL OF EARTH SCIENCES & ENGINEERING

PROBLEMS OF GEOLOGY AND SUBSURFACE DEVELOPMENT

Part I

*Proceedings of the 28th International Scientific Symposium
of students, postgraduates and young scientists devoted to
the 125th Anniversary of Academician K.I. Satpaev
and 130th Anniversary of Corresponding member
of RAN of USSR F.N. Shakhov*

Tomsk 2024

UDC 504(063)
BBC 20.1.10
P78

Problems of Geology and Subsurface Development : Proceedings of the 28th International Scientific Symposium of students, postgraduates and young scientists devoted to the 125th Anniversary of Academician K.I. Satpaev and 130th Anniversary of Corresponding member of RAN of USSR F.N. Shakhov. Part I / Tomsk Polytechnic University. – Tomsk : Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2024. – 297 p.

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

UDC 504(063)
BBC 20.1.10

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

Director for Science and Academic Affairs,

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

Panels' executive editors:

Panel 1 – N.M. Nedolivko, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 2 – M.A. Rudmin, Associate Professor, PhD (in Mineralogy);

Panel 3 – U.V. Kolmakov, 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) 1-5 апреля 2024 г. состоялся XXVIII Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», посвященный 125-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова.

Организация и проведение XXVIII 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 полярник СССР; профессор М.К. Коровин, первым указавшей на перспективы нефтегазоносности Западной Сибири и многие другие. Из более чем 35 тысяч выпускников научной школы (факультета) более 450 стали первооткрывателями месторождений полезных ископаемых, 1 – Лауреатом Нобелевской премии, 50 – Лауреатами Ленинской и Государственной премий, более 270 – докторами и более 1700 – кандидатами наук. Из стен ИШПР вышло 15 академиков и членов-корреспондентов Академии Наук СССР (РАН), 5 Героев Социалистического Труда.

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

В 2024 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 516 авторов из России, ближнего и дальнего зарубежья, 274 участника из Томска и 242 участника иногородние, все доклады были заслушаны в гибридном формате.

По отраслевой принадлежности участники были представлены следующим образом: из ВУЗов: из них Томский политехнический университет - 221, Томский государственный университет - 36, Томский государственный архитектурно-строительный университет - 2, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники - 2, Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ - 2, Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ - 1, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь - 1, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань - 15, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва - 11, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск - 7, Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан - 1, Кубанский государственный университет, г. Краснодар - 5, Молдавский государственный университет, г. Кишинев, Республика Молдова - 1, Научно-технологический университет «Сириус», г. Сочи - 1, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород - 3, Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург - 1, Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск - 5, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь - 4, Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Республика Беларусь - 4, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, г.

Москва – 4, Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе, г. Москва – 3, Самарский государственный технический университет, г. Самара – 2, Санкт-Петербургский Горный университет – 6, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, г. Саратов – 1, Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, г. Саяногорск – 2, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск – 2, Северский технологический институт-филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СТИ НИЯУ МИФИ), г. Северск – 5, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск – 2, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск – 2, Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, г. Ташкент, Республика Узбекистан – 4, Тюменский государственный университет, г. Тюмень – 5, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень – 1, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск – 3, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону – 1; из средних специальных образовательных учреждений: Томский политехнический техникум – 2; из школ – 40; из НАН: Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ – 1, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ – 2, Геологический институт РАН, г. Москва – 2, Институт биофизики, ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск – 1, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск – 1, Институт геологии и сейсмологии, г. Кишинев, Республика Молдова – 1, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва – 3, Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа – 5, Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск – 6, Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск – 3, Институт горного дела УРО СО РАН, г. Екатеринбург – 7, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва – 1, Институт динамики геосфер им. академика М. А. Садовского, г. Москва – 2, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, г. Якутск – 3, Институт металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН, г. Москва – 5, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск – 5, Институт химии нефти СО РАН, г. Томск – 4, ФИЦ Кольский Научный центр РАН, г. Апатиты – 8, Национальная академия наук Таджикистана, г. Душанбе – 1, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток – 2, Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УРО РАН, г. Архангельск – 9, Федеральный исследовательский центр Якутский научный центр СО РАН - обособленное подразделение Института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, г. Якутск – 5, Институт тектоники и геофизики им. А.Ю. Косыгина, ДВО РАН, г. Хабаровск – 1, из НИИ: Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург – 1, Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности (ФБУ «НТЦ ЯРБ»), г. Москва – 9, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень – 5, из предприятий: Saudi Aramco – 1, Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, филиал «Северский», г. Северск – 1, ООО «Газпром инвест» филиал «Томск» – 2, ООО «Газпромнефть-Заполярье», г. Тюмень – 1, ООО «Лаборатория преобразовательной техники», г. Санкт-Петербург – 1, ООО «ПБЭ» г. Томск – 1, ООО «АЛРОСА-Спецбурение», г. Мирный – 2, Хабаровский филиал АО «Полиметалл УК», г. Хабаровск – 2.

Статус участников Симпозиума, выступивших с докладами, следующий: школьников – 39, студентов средних специальных образовательных учреждений – 2, студентов ВУЗов – 244, молодых ученых – 224.

Дальнее зарубежье было представлено странами: Иран, Ирак, Сенегал, Китай, Йемен, Перу, Саудовская Аравия. Ближнее зарубежье (страны СНГ) было представлено странами: Республика Казахстан, Республика Узбекистан, Республика Таджикистан, Республика Молдова, Республика Беларусь.

Перед участниками симпозиума на открытии каждой секции выступали ведущие ученые, профессора, представители ведущих производственных организаций, которые осветили проблемы и перспективы развития науки 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 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 XXVIII Международного симпозиума был проведен конкурс лучших научных докладов. Лауреаты конкурса лучших докладов по всем научным направлениям (секциям) традиционно награждены дипломами и призами. Всем участникам симпозиума были выданы сертификаты. Все результаты симпозиума размещены на сайте <http://usovma.tpu.ru>.

В рамках Симпозиума сотрудниками Научно-технической библиотеки ТПУ была подготовлена выставка: посвященная 125-летию со дня рождения академика Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова.

В рамках Симпозиума силами Центра Херiot-Ватт Томского политехнического университета проводилась деловая игра «Синтез Лайт» в которой приняли участие студенты, а также преподаватели. 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_merop.

В рамках Симпозиума были проведены молодежные школы по направлениям: «Прогноз тепловых режимов многолетнемерзлых грунтов в условиях теплового влияния объектов нефтегазодобычи», «Создание цифровых двойников керна. Исследование керна 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, геологии нефтегазоносных бассейнов. Объекты исследования охватывали широкий стратиграфический диапазон – от венда до четвертичного периода: изучались карбонатные, терригенные и углеродистые осадочные отложения, сформированные в различные геологические эпохи. Актуальные темы, затронутые докладчиками, рассматривались с помощью новейших методов изучения горных пород, рассенного органического вещества, заключенного в них, и органических остатков. В докладах активно использовались как традиционные (палеонтологические, биостратиграфические, литолого-фациальные, литохимические, геофизические и др.), так и современные методы, опирающиеся на результаты хромато-масс-спектрометрии, пиролитических, рентгенофлуоресцентных, рентгеноспектральных, изотопных и др. видов анализов; трассерные исследования, газовая съемка.

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.

Обращает на себя внимание тот факт, что часть работ выполнена в рамках Госзадания РАН, грантов Российского научного фонда, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Доклады, представленные на **секцию 2 «Рудообразующие системы: проблемы минералогии, геохимии и петрологии»** полностью соответствовали тематике секции. Открыл заседание секции молодой учёный Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН П.Е. Белоусов, специалист в области геологии нерудных полезных ископаемых, с докладом о новой классификации месторождений минеральных сорбентов. Также в качестве открывающих заседаний секции с расширенными докладами выступили молодые учёные Кольского научного центра РАН, Тюменского государственного университета и Томского политехнического университета, которые представили свои актуальные работы по различным фундаментальным и прикладным направлениям. Т.Л. Паниковский презентовал новые результаты о минеральных трансформациях в линтисите и кукисумите, а М.В. Слуковская посвятила аудиторию в варианты использования серпентинитовых материалов для восстановления экосистем нарушенных грунтов. А.В. Вергунов рассказал о новом проекте исследования вулканогенного вещества в угленосных толщах и М.А. Рудмин сделал пленарный доклад о результатах моделирования тонких взаимодействий на базальных плоскостях глауконита. Следует отметить, что эти научные исследования молодых учёных поддержаны грантами Российского научного фонда. В целом в работе секций актуальность докладов участников секций заключалась в решении разнородных проблем в области месторождений полезных ископаемых, геохимии и прикладной минералогии. В результате работы секции был отмечен высокий содержательный и презентационный уровень исследований молодых учёных.

Работа **секции 3 «Геофизические методы исследования природных и техногенных систем»** началась с доклада заведующего лабораторией геологии нефти и газа Сибирской платформы ИНГГ СО РАН, кандидата геолого-минералогических наук Игоря Алексеевича Губина о сейсмогеологической характеристике нижне-среднекембрийской нефтегазовой системы Сибирской платформы.

Тематика докладов, представленных на секции, охватила широкий спектр проблем геофизики. Наиболее многочисленная часть сообщений была посвящена решениям инженерно-экологических задач геофизическими методами. Были показаны возможности методов электроразведки для поисков подземных вод в условиях Восточной Бурятии и оценки их химического загрязнения в промышленной зоне города Гомель республики Беларусь. В комплексе с термометрией рассмотрена методика выявления путей фильтрации техногенных жидких отходов через плотину мерзлого типа в республике Саха (Якутия). По снимкам с БПЛА оценивалась обвальная опасность скальных откосов вдоль Кругобайкальской железной дороги путем определения интенсивности их трещиноватости. В Томской области методом геотермии картировались зоны с аномальными геотемпературными полями для прогнозирования ресурсов термальных вод.

В проблематике месторождений углеводородов рассмотрены новые подходы к изучению свойств битумов на нефтегазоконденсатных месторождениях Восточной Сибири. В докладах по тепловому полю Земли показаны связь глубинного теплового потока со структурами фундамента Западно-Сибирской плиты и методика реконструкции термической истории палеозойско-мезозойских нефтематеринских отложений юго-востока Западной Сибири. На примере Самотлорского месторождения нефти в Ханты-Мансийском автономном округе продемонстрированы результаты исследований полимодального распределения пористости в терригенных пластах и возможности их применения для оценки фациальных условий осадконакопления.

В выступлениях по сейсмологии демонстрировались результаты наблюдений геомагнитных и ионосферных эффектов, вызванных ивержением вулкана Шивелуч (2024 г.) и землетрясениями в Тихом океане у побережья Тонга (2022 г.) и в Японском море (2022 г.), а также изучения структуры Кубадринского разлома в Горном Алтае методом электротомографии в связи с палеосейсмологическими исследованиями.

В докладах по петрофизике были представлены материалы магнитостратиграфического изучения катавской свиты в Южном Урале, разработки средств регистрации сейсмоакустической эмиссии при трехосном испытании дисперсных грунтов и исследований влияния интенсивности вторичных процессов на физические свойства пород месторождений углеводородов.

По вопросам количественной интерпретации гравимагнитных аномалий было сделано одно сообщение, касающееся практического понятия бесконечности нижней кромки тел.

В рамках рудной тематики рассматривались методика электроразведочных исследований и результаты интерпретации данных на Западно-Уландрыкском участке в Республике Алтай для выделения рудных зон, а также природа магнитных аномалий на золоторудных месторождениях медно-порфирового и кварц-сульфидного типов в Сихотэ-Алине и Енисейском крае соответственно.

Секцию 4 «Гидрогеология, инженерная геология и землеустройство» открывала 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 горные 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, устойчивого развития территорий, функционирования и мониторинга природных и природно-технических систем, глобальных и региональных экологических кризисов, исторических (палеоэкологических и палеоклиматических) реконструкций, моделирования и прогноза современных изменений окружающей среды и климата, рационального природопользования, охраны и защиты окружающей среды. В рамках работы секции было представлено 3 пленарных доклада молодыми ведущими учеными из Архангельска (Е.Ю. Яковлев, к.г.-м.н., ФИЦ комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН, тема доклада – «Радиоактивность природной среды западного сектора Российской Арктики»), Казани (Д.М. Кузина, к.г.-м.н., Казанский (Приволжский) федеральный университет, тема доклада – «Озера – природные архивы изменений условий окружающей среды последних тысячелетий»), Тюмени (Е.А. Солдатова, к.г.-м.н., Тюменский государственный университет, тема доклада – «Стабильные изотопы углерода, азота и кислорода в геоэкологических исследованиях»). 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 малодебитного фонда скважин, системный подход к анализу эксплуатации скважин, позволяющий осуществлять постоянный автоматизированный контроль параметров работы скважины, своевременно реагировать на изменения условий эксплуатации малодебитных 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»**, рассмотрели широкий спектр актуальных тем по специфике секции: от материалов, применяемых в отрасли, и подготовки продукта к транспортировке до мероприятий, направленных на повышение конструктивной эффективности оборудования, и определения оптимальных условий его эксплуатации.

Приведены исследования изменения прочностных характеристик неметаллических композиционных материалов, применяемых в трубопроводном транспорте углеводородов, была получена зависимость глубины полимеризации и процентного упрочнения от толщины образца и времени выдержки, а также разработанная методика упрочнения изделий из «слоистых» композиционных материалов путем выдержки в водном растворе; рассмотрены методики расчета некруглых зубчатых колёс планетарного механизма роторной гидромашины, возможности и реализация оптимизации корпуса трубопроводной задвижки.

Интересным является подход, связанный с возможностью создания подземных хранилищ природного газа в гидратном состоянии в зонах распространения многолетней мерзлоты; установлено, что наиболее целесообразным является сооружение хранилищ в пористых средах с пресной и слабоминерализованной пластовой водой.

Обоснована возможность внедрение инновационных продуктов в производственные процессы в нефтегазовой отрасли. В ходе анализа организационно-технических мероприятий по проведению диагностического обследования объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов были предложены рекомендации, направленные на повышение энергоэффективности дополнительного дефектоскопического контроля с применением дополненной реальности.

Установлены закономерности влияния смолистых компонентов разного состава на степень ингибирования присадки в высокопарафинистой нефти. Рассмотрены ингибирующие композиции и установлен характер их влияния на температуру фазовых переходов, температуру застывания и количество асфальтосмолопарафиновых отложений в системе.

Приведены результаты натурных и вычислительных экспериментов по оценке влияния вынужденных колебаний на участках неметаллического трубопровода; эрозии с полидисперсным составом на преждевременное возникновение коррозии труб.

Интересной является разработка предложений по повышению эффективности эксплуатации магистрального газопровода с упруго-пластическим изгибом. Были определены степени опасности участков такого газопровода, что позволит обеспечить более высокий показатель надежности и снизить количество аварий на магистральных газопроводах, преимущественно за счет устранения ранней причины возникновения трещин, расслоения металла и коррозионного растрескивания.

Результаты значительного количества докладов основаны на вычислительном эксперименте, применении компьютерных технологий, которые позволяют оценить напряженно-деформированное состояние оборудования, выбрать его оптимальную конструкцию, оценить допустимость дефектов, прогнозировать отказы.

Доклады, представленные на **секции 8 «Химические технологии переработки минерального и углеводородного сырья»** традиционно касались совершенствования процессов подготовки и переработки нефти, газоконденсатов, природных и попутных газов и горючих сланцев, а также минерального сырья природного происхождения. В работах были представлены результаты экспериментальных исследований каталитического крекинга тяжелых нефтей в присутствии различных дисперсных катализаторов, продуктов раздельного крекинга полярных и неполярных компонентов окисленного высокосернистого вакуумного газойля, бензина каталитического крекинга с использованием различных хроматографических методов, продуктов гидрокрекинга смесового сырья методом двумерной газовой хроматографии.

Особое внимание было уделено вопросам моделирования углеводородного состава и процессов переработки нефтяных фракций. Доложены результаты исследований в области повышения энергоэффективности процесса сжигания природного газа в арктических условиях, моделирования процесса гидратообразования в процессах добычи и транспортировки природного газа, парового риформинга природного газа с использованием алгоритмов искусственного интеллекта, каталитического риформинга бензинов, замедленного коксования гудрона на основе формализованной схемы превращений веществ и сульфирования алкилбензолов с получением полуфабрикатов синтетических моющих средств.

Авторами продемонстрированы возможности синтеза искусственных газовых гидратов с добавлением специализированных ПАВ для использования в пожаротушащих технологиях, переработки зол ТЭС от сжигания мазута, утилизация угольной пыли методом брикетирования с использованием связующего реагента, синтеза плотноспеченной аноритовой керамики на основе природного сырья с добавками оксидов магния и железа (III),

применения наносекундных электромагнитных импульсов в процессе выщелачивания благородных и цветных металлов из руды.

В представленных результатах исследований использованы современные подходы и методы как экспериментального, так и численного характера: газовая, жидкостно-адсорбционная и двумерная хроматография, метод структурно-ориентированного объединения, математическое и нейросетевое моделирование, пинч-анализ.

На секции 9 «Энергоснабжение и автоматизация объектов нефтегазовой промышленности» тематика работ посвящена широкому спектру вопросов обеспечения эффективного и надежного эффективного и надежного энергоснабжения объектов нефтегазовой промышленности, анализу применения объектов генерации на базе возобновляемых источников и систем накопления энергии, работающих в сетевом или в автономном режиме, вопросам повышения устойчивости функционирования таких энергосистем, энергоэффективного режима работы оборудования, вопросам уменьшения углеродного следа, анализу возможности применения новых устройств и технологий.

Рассмотрены и обсуждены аспекты физико-химических основ и моделирования технологических процессов переработки нефтяного газа, зажигания и горения топлива, снижения вредных выбросов и утилизации накопленных отходов, влияния объектов на базе возобновляемых источников энергии на статическую и динамическую устойчивость, применения программных и программно-аппаратных средств моделирования для анализа и расчета генерируемой электрической энергии объектами генерации, устройств релейной защиты и автоматики.

Отдельное внимание уделено задачам моделирования процессов в области энергоснабжения и автоматизации, в том числе для определения оптимальных настроек систем автоматического регулирования генерирующих установок, устройств регулирования частоты и напряжения в сети, система автоматического управления силовым преобразователем на основе свободно конфигурируемой структуры виртуального синхронного генератора.

На секции 10 «Юные исследователи в Науках о Земле» были представлены доклады самых молодых исследователей, которые отличаются высоким уровнем подготовки и соответствуют тематике симпозиума. В докладах рассмотрены темы, касающиеся исторической геологии, минеральных образований, влияния промышленных предприятий на состояние окружающей среды, моделирование природных процессов.

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

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

Оргкомитет симпозиума

С Е К Ц И Я 1

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

ГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ГЕНЕЗИС ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТАНОПЧИНСКОЙ СВИТЫ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ А

Алтухова И.Ю.

Научный руководитель доцент И.В. Афонин

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Район исследований находится в северной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, Гыданской нефтегазоносной области. Танопчинская свита имеет сложное полифациальное происхождение, что затрудняет оценку перспектив нефтегазоносности отложений, которая невозможна без анализа присутствия в разрезе нефтегазоматеринских толщ – генерационных источников существующих углеводородных скоплений [1], которые напрямую зависят от типа органического вещества и его содержания в породе.

Объектом исследования выступает танопчинская свита, вскрытая параметрической скважиной Б в пределах Гыданского полуострова. Свита сложена неравномерным переслаиванием светло-серых песчаников с серыми алевритистыми глинами и алевrolитами. В текстурном плане преобладает пологоволнистая и линзовидная слоистость со следами взмучивания. Встречаются сидеритовые конкреции и пласты бурых углей.

Материалом для исследования служат данные газовой хромато-масс-спектрометрии в количестве 19 образцов и результаты пиролитических исследований в количестве 65 образцов.

В разрезе свиты выделяется 4 группы пластов: ТП₁₋₂, ТП₆₋₈, ТП₁₆₋₂₁, ТП₂₄₋₂₇. Основываясь на пиролитических характеристиках разреза свиты (рис. 1), для образцов группы ТП₁₋₂ (15 определений) количество свободных углеводородов варьирует от 0 до 0,85 мг/г, генерационный потенциал пород в среднем составляет 9,04 мг/г, а водородный индекс изменяется в пределах 10–107 мг/г. Средний коэффициент продуктивности для данных пластов составляет 0,08 (при максимальном значении 0,92), а количество общего органического углерода в среднем составляет 13,07 %. Для образцов группы ТП₆₋₈ (13 определений) количество свободных углеводородов варьирует от 0 до 0,3 мг/г, генерационный потенциал пород в среднем составляет 9,71 мг/г, а водородный индекс изменяется в пределах 51–179 мг/г. Средний коэффициент продуктивности для данных пластов составляет 0,02 (при максимальном значении 0,06), а количество общего органического углерода в среднем составляет 6,6 %. Для образцов группы ТП₁₆₋₂₁ (34 определения) количество свободных углеводородов варьирует от 0 до 1,64 мг/г, генерационный потенциал пород в среднем составляет 14,39 мг/г, а водородный индекс изменяется в пределах 5–329 мг/г. Средний коэффициент продуктивности для данных пластов составляет 0,1 (при максимальном значении 0,8), а количество общего органического углерода в среднем составляет 7,13 %. Для пластов группы ТП₂₄₋₂₇ (3 определения) количество свободных углеводородов варьирует от 0,01 до 0,04 мг/г, генерационный потенциал пород в среднем составляет 0,46 мг/г, а водородный индекс изменяется в пределах 6–85 мг/г. Средний коэффициент продуктивности для данных пластов составляет 0,29 (при максимальном значении 0,8), а количество общего органического углерода в среднем составляет 0,63 %. Максимальная температура пиролиза варьирует от 400 до 444 °С при единичном отклонении в 289 °С.

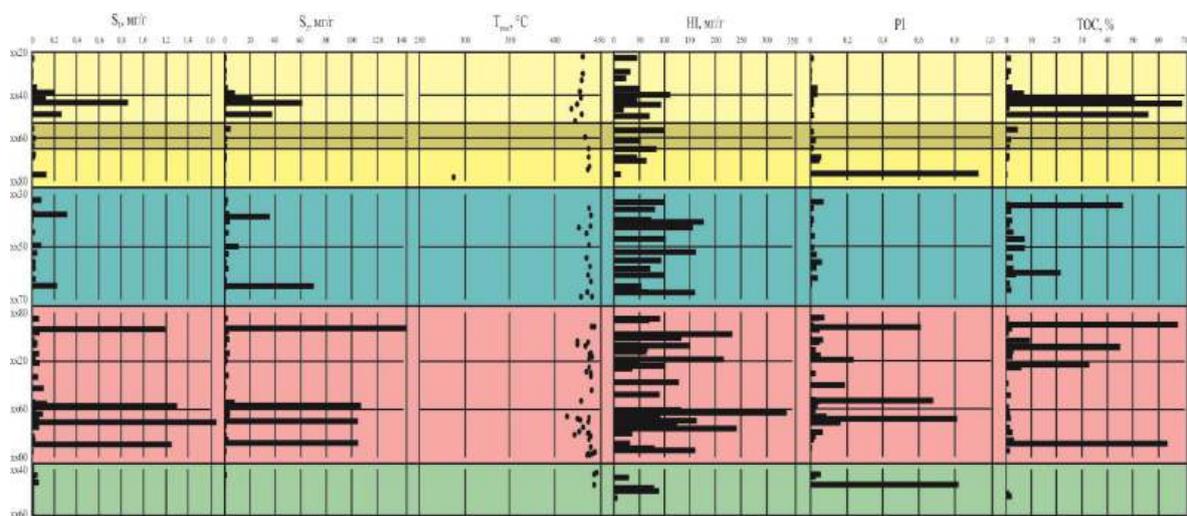


Рис. 1. Пиролитическая характеристика разреза танопчинской свиты

В соответствии с рисунком 2 органическое вещество свиты характеризуется низким уровнем преобразования, за исключением единичных значений пластов ТП₆₋₈, ТП₁₆₋₂₁, которые попадают в главную зону нефтеобразования. Подобные же результаты показывает и модифицированная диаграмма Ван Кревелена (рис. 3), помимо образцов пластов ТП₆₋₈ и ТП₁₆₋₂₁ в зону нефтеобразования частично отнесены образцы пластов ТП₁₋₂.

Модифицированная диаграмма Ван Кревелена (рис. 3) также используется для определения генезиса органического вещества. Большая часть образцов принадлежит к керогену типа III, который образуется из разложившихся остатков высших наземных растений и характеризуется весьма умеренным нефтегенерационным потенциалом. К керогену типа II частично принадлежат образцы пластов ТП₆₋₈ и ТП₁₆₋₂₁. Данный тип образуется в осадках, обогащенных детритом зоо- и фитопланктона, разложившего бактериями, и характеризуется значительным нефтегенерационным потенциалом [2]. К подобным выводам приводит и тригонограмма распределения стеранов C₂₇, C₂₈, C₂₉, построенная по результатам газовой хромато-масс-спектрометрии (рис. 4), где все изученные образцы относятся к фитопланктону.

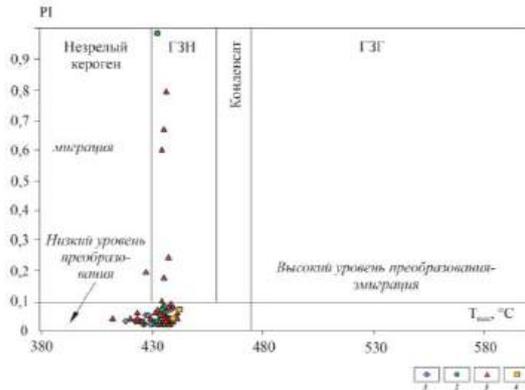


Рис. 2. Диаграмма соотношения индекса продуктивности PI и максимальной температуры пиролиза Tmax [3–5]. Примечание: 1 – ТП1-2; 2 – ТП6-8; 3 – ТП16-21; 4 – ТП24-27

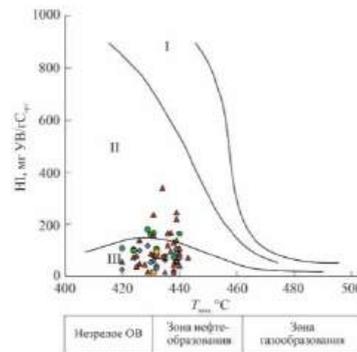


Рис. 3. Модифицированная диаграмма Ван-Кревелена зависимости водородного индекса HI от максимальной температуры пиролиза Tmax [3–5]. Усл. обозначения см. на рис. 2

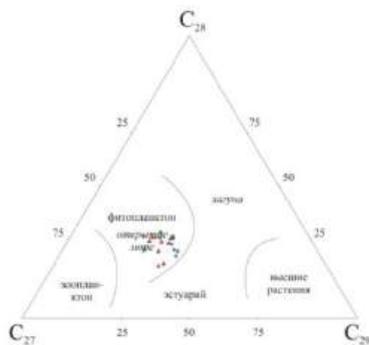


Рис. 4. Тригонограмма распределения стеранов C₂₇, C₂₈, C₂₉ [3–5]. Условные обозначения см. на рис. 2

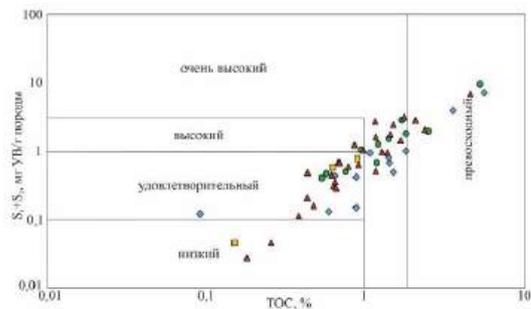


Рис. 5. Диаграмма изменения полного генерационного потенциала (S1+S2) от общего органического углерода TOC для выделенных пластов танопчинской свиты [3–5]. Условные обозначения см. на рис. 2

Опираясь на диаграмму изменения полного генерационного потенциала от общего органического углерода (рис. 5), можно сделать вывод, что генерационный потенциал пластов ТП₂₄₋₂₇ изменяется от низкого до удовлетворительного, пластов ТП₁₆₋₂₁ – от низкого до превосходного, пластов ТП₁₋₂ и ТП₆₋₈ – от удовлетворительного до превосходного. В целом, генерационный потенциал свиты в пределах данной скважины можно охарактеризовать как высокий.

Литература

- Афанасенков А. П. Геохимическая характеристика и нефтегазогенерационный потенциал мезозойских отложений Гыданской и Енисей-Хатангской нефтегазоносных областей [Текст] / А. П. Афанасенков, А. Л. Петров, Э. М. Грайзер // Геология нефти и газа. – 2018. – № 6. – С. 109–127.
- Богородская, Л. И. Кероген. Методы изучения, геохимическая интерпретация [Текст] / Л. И. Богородская, А. Э. Конторович, А. И. Ларичев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал Гео, 2005. – 254 с.

3. Тиссо, Б. Образование и распространение нефти [Текст] / Б. Тиссо, Д. Вельте. – М.: Мир, 1981. – 504 с.
4. Peters, K.E. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis [Text] / K.E. Peters // AAPG bulletin. – 1986. – V. 70. – №. 3. – P. 318–329.
5. Peters, K. E. The biomarker guide. 2nd ed. [Text] / K. E. Peters, C. C. Walters, J. M. Moldowan. – New York: Cambridge University Press, 2005. – 1155 p.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ПРИСАЯНСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРОВКА

Андрейча Д.В.

Научный руководитель доцент С.В. Иванцов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В настоящее время для отложений Иркутского бассейна разработана региональная стратиграфическая шкала, принятая в 1981 году решением 3-го Межведомственного стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири [3]. Исходя из этого, бассейн имеет трехчленное деление с выделением черемховской (плинсбах-начало тоара), присаянской (тоар-аален) и кудинской (аален) свит. Присаянская свита впервые была выделена Ю.П. Деевым в 1957 году. Согласно действующей схеме, присаянская свита относится к верхнеааленскому и байосскому ярусам, а ее общая мощность составляла от 70 до 260 метров и содержит остатки *Equisetites asiaticus*, *Coniopteris maakiana*, *Ginkgo sibirica* [4].

Объектом исследования является местонахождение Владимировка (в некоторых публикациях Ия), расположенное вблизи деревни Владимировки, Тулунского района, Иркутской области, на левом берегу реки Ия. Стратиграфически местонахождение относится к присаянской свите ранней-средней юры. В ходе полевых работ был описан сводный разрез местонахождения, выделено 29 слоев общей мощностью 31 метр (рис.).

Литолого-фациальный анализ проводился по методике, предложенной В.П. Алексеевым [1, 2]. По ряду признаков отложения разреза относятся к континентальной ассоциации аллювиальной обстановки осадконакопления. По закономерному изменению гранулометрического состава выделено девять полных аллювиальных циклов. Циклиты начинаются с крупно-среднезернистых осадков русловых фаций или мелко-среднезернистых песчаных фаций прирусловой части поймы, далее постепенно переходящих в более тонкие отложения. Циклит завершается пойменными фациями слабопроточной части поймы, зарастающих стариц или вторичных водоемов пойм, а также углями торфяных болот. Медианное значение мощности циклитов – 1,5 м, наименьшая мощность циклита – 0,8 м, наибольшая – 5,2 м. Вверх по разрезу, мощность циклитов сокращается, а частота их повторения увеличивается. Отложения разреза формируют завершённый седиментационный цикл, сложенный более грубыми осадками русловых фаций в своем основании и завершающийся чередованием пойменных и болотных фаций в верхней части разреза, осложненный циклитами второго порядка.

В основании разреза наблюдаются мощные слои крупно-среднезернистых песчаников с выраженной косою слоистостью и отсутствием каких-либо растительных остатков, что является признаком русловой фации рек с достаточно сильным течением в момент формирования осадка. Однако, в слое 3 переслаивающихся алевро-аргиллитов, были найдены остатки рыбы, а также лист *Ginkgo tapkensis*, данный слой, вероятно, относится к обстановке оставленного русла и соответствует фации застойных, зарастающих стариц и вторичных водоемов пойм. Начиная с шестого слоя, наблюдается более спокойная обстановка осадконакопления с преобладанием мелкозернистого глинистого песчаника, алевролитов и аргиллитов, ритмично чередующихся с прослоями углей. Преобладает горизонтальная и пологоволнистая слоистость, а также обилие растительных остатков. В верхней части разреза (слои 17–18) обнаружены раковинки *Phyllopora*, разнообразные растительные остатки хорошей сохранности: *Czekanowskia*, *Desmiophyllum*, *Coniopteris*, *Equisetites* и др. (полевое определение остатков флоры было проведено А.О. Фроловым, научным сотрудником Института земной коры СО РАН).

Наблюдая за динамикой смены отложений, можно рассмотреть разные причины формирования седиментационного цикла и сделать вывод о влиянии различных факторов. Мощные циклы в основании разреза связаны с тектонической активизацией горного обрамления, что поспособствовало накоплению грубообломочного материала. Менее мощные циклы ассоциированы со сменой сезонов, подъемом уровня воды в связи с обильным выпадением атмосферных осадков и, следовательно, увеличением динамики течения реки. Циклы завершаются в период более сухого сезона, сопровождаемого более слабой динамикой реки и зарастанием пойм и временных водоемов. Преобладание пойменных фаций над русловыми в верхней части разреза может быть связано с латеральной миграцией русла реки.

На основании литологического состава, отложения местонахождения Владимировка можно отнести к верхнеприсаянской подсвите относимой к ааленскому ярусу средней юры [5]. Для времени ее формирования характерна низкая тектоническая активность и соответствующее этому частое чередование пойменных и болотных фаций. В сравнении со среднеприсаянской подсвитой, наблюдается более тонкий материал, слои углей относительно небольшой мощности в верхней части разреза. Данное предположение в дальнейшем будет подтверждено или опровергнуто палеонтологическими и геохимическими данными.

Автор выражает благодарность Фролову Андрею Олеговичу, научному сотруднику Института земной коры СО РАН, за помощь в проведении полевых исследований и первичное определение остатков юрской флоры. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2024-0006).

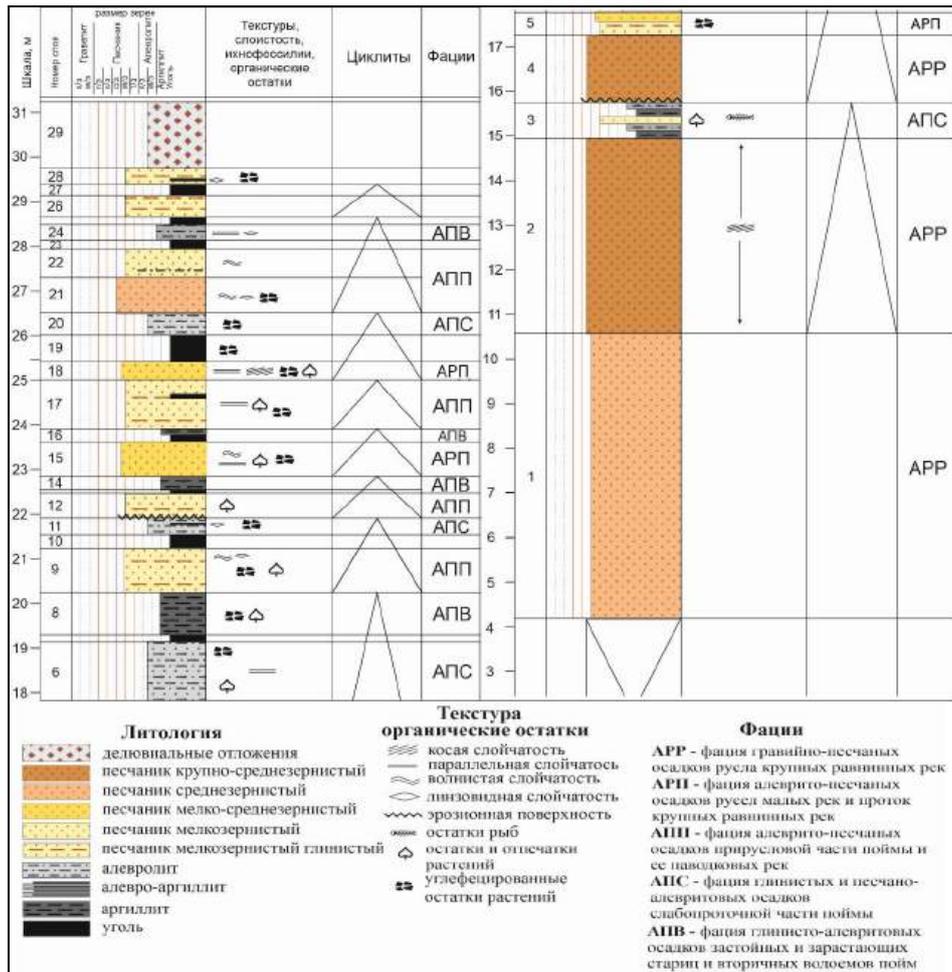


Рис. Литологическая колонка и седиментологическая интерпретация сводного разреза местонахождения Владимировка (составлено автором)

Литература

1. Алексеев, В. П. Атлас фаций юрских терригенных отложений (угленосные толщи Северной Евразии) [Текст] / В. П. Алексеев. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 209 с.
2. Алексеев, В. П. Литолого-фациальный анализ: учебно-методическое пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе по дисциплине «Литология» [Текст] / В. П. Алексеев. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 147 с.
3. Решения III Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. МСК СССР. – Новосибирск, 1981. – 91 с.
4. Стратиграфический словарь СССР. Триас, юра, мел [Текст] / Под общей редакцией В. Н. Верещагина. – Л.: Недра, 1979. – 592 с.
5. Фролов, А. О. Присянская свита (нижняя и средняя юра) Иркутского угольного бассейна: новые данные по лито- и флористратиграфии [Текст] / А. О. Фролов, С. В. Иванцов, И. В. Афонин, И. М. Машук, К. П. Лялюк // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63. – № 10. – С. 1369–1400.

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОДАЙБИНСКОГО РАЙОНА

Бережнова Д.Д., Гуменных Д.А., Аитов Р.Н., Пугачев М.А.

Научный руководитель доцент Л.А. Краснощекова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Углеродистые или черные сланцы – это осадочные горные породы, обогащенные органическим веществом, в которых концентрация органического углерода (Сорг) превышает 1 %. В углеродистых сланцах органическое вещество является полигенным по составу с выделением терригенного и аквагенного типов. К первому относятся остатки растительности, ко вторым – сапропеля [2]. Кроме того, к терригенно-черносланцевым отложениям приурочены повышенные концентрации благородных металлов.

Мировые запасы золота составляют около 59 тыс. т [9]. На долю России приходится 19 % запасов и 15 % мировых ресурсов золота. В РФ запасы золота в россыпных месторождениях составляют только 8,2 %, остальная часть запасов – 91,8 % – приходится на коренные месторождения, из которых более половины приурочено к углеродисто-терригенным комплексам [10]. Поэтому задача всестороннего исследования таких образований является актуальной в настоящее время.

Цель работы – изучение минерало-петрографических особенностей углеродистых сланцев на примере месторождений Угахан и Голец Высочайший Бодайбинского района для дальнейшего сопоставления их с генезисом месторождений суходожского типа и установления закономерностей развития и осаждения золота в вещественном составе пород.

Материал для исследований представлен штуфами пород, полированными шлифами и двуполированными пластинами. Образцы пород определялись макроскопически, полированные шлифы изучались на поляризационном петрографическом микроскопе Olympus BX53F и минераграфическом – Полам 213-Р, двуполированные пластины и брикеты исследовались на дисперсионном конфокальном микроскопе комбинационного рассеяния Thermo Fisher Scientific DXR2. Использовался диодный лазер с длиной волны возбуждения 785 нм, спектральный диапазон составлял интервал 50–3360 см⁻¹, частота 50Гц±1, мощность лазера соответствовала 10–15 мВ при максимальной мощности 30 мВ. Диаметр лазерного пятна не более 2 мкм в фокальной плоскости. Увеличение объективов 50 и 100.

Район исследования географически располагается в Иркутской области Витимо-Патомского нагорья. Бодайбинский золоторудный район занимает центральную часть Байкало-Патомской (Ленской) металлогенической провинции Восточной Сибири. Рифейские и позднепалеозойские комплексы, слагающие данный район, формировались последовательно при смене палеотектонических режимов от окраинно-континентального раннерифейско-вендского осадконакопления на коллизионные процессы в кембрии-раннем карбоне [7].

Северо-восточная часть Мамско-Бодайбинского синклинория, где располагаются изучаемые месторождения, сложена углеродистыми и углеродсодержащими терригенными и терригенно-карбонатными отложениями, которые в разной степени метаморфизованы. Отложения смяты в линейные складки и прорваны позднепалеозойскими гранитоидами [3, 5, 7].

В районе зафиксировано несколько рудных узлов, один из которых – Хомолхинский – включает в себя месторождения Угахан и Голец Высочайший. Первое относится к малым, а второе – к крупным по запасам месторождениям. Оруденение приурочено непосредственно к висячему крылу Верхне-Угаханской антиклинальной структуры, которая сложена отложениями хомолхинской и бужухтинской свиты среднего рифея [1].

Петрографическое изучение пород месторождений позволило выделить неравноценно развитые группы: алевропсаммитовые и пелитовые породы составляют до 95–98 %; карбонатные – до 1–2 %. В терригенных образованиях часто фиксируются кварцевые линзы, прожилки и трещины.

Метапесчаники и метаалевролиты по составу существенно кварцевые или полевошпат-кварцевые, где содержание полевых шпатов достигает 10 %. Породы преимущественно мелкозернистые, со сланцеватыми и пloyчатými текстурами, обychно с элементами реликтовых осадочных слоистой и полосчатой текстур. Характерно, что направление слоистости и сланцеватости часто совпадают. Цемент пород состоит из продуктов перекристаллизации первичного цемента (глинистого, часто с примесью карбонатного материала). Тип контактово-порový. В цементе преобладает серицит, хлорит, присутствует мелкозернистый кварц, альбит, анкерит (рис.).

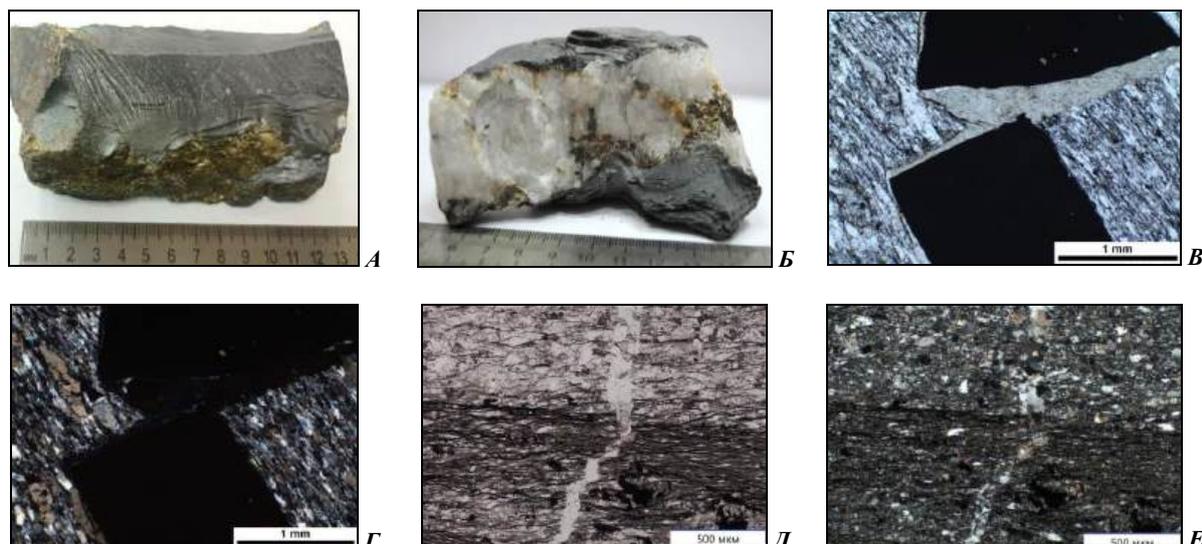


Рис. Образцы пород (А – углеродистый сланец с сульфидной минерализацией, Б – кварцевый прожилок в углеродистом сланце) и фотографии шлифов (В-Г - метапелит алевритовый углеродистый с линзовидными выделениями кальцита, крупные порфиробласты пирита изометричной формы с хлоритовой каемкой; Д-Е – контакт углеродистого сланца и метаалевролита, субнормально к контакту породо сечет кварцевый прожилок). Фотографии шлифов сверху – без анализатора, внизу – с анализатором

Пелитовые породы – филлиты и сланцы – формировались за счет глин и алевроитовых глин, иногда с примесью карбоната. Основная масса пород представляет собой тонкорассланцованный серицит-хлоритовый агрегат, образованный в результате перекристаллизации глинистого вещества. Характерны сланцеватые, микроплойчатые текстуры. Повсеместно отмечается цементация и пигментация метапелитов тонкодисперсным углеродистым веществом, количество которого не превышает 5–8 %, что обуславливает темную, до черной окраску пород.

В результате процессов регионального метаморфизма в условиях фации зеленых сланцев первично осадочный протолит перекристаллизован с развитием метаморфических структур и текстур.

Формирование месторождений проходило в несколько этапов. Первичный – конседиментационный – захватывал верхний рифей и нижний венд (610–590 млн лет назад) и вторичный – катагенный начался 550 млн лет назад в эпоху верхнего венда. Последующими стали два метаморфогенных этапа, соответственно, 450 млн и 350 млн лет назад [1].

Кварцевые жилы выполняют трещины скола и отрыва и сложены крупнокристаллическим слабдеформированным кварцем, содержащим ряд относительно крупных газово-жидких включений (ГЖВ).

В кварцевых двуполированных пластинах определяли спектры комбинационного рассеяния каждой фазы во включениях.

Преимущественно включения двухфазные, образованы водно-солевыми растворами – это жидкая фаза и газообразный водяной пар или жидкая уголекислота. Полученные КР-спектры позволили установить, что в газовой фазе отмечается присутствие смеси CO₂ с низкокипящими газами CH₄ и N₂. Это может указывать на воздействие гидротермально-метасоматических растворов на субстрат протолитов, в результате чего, вероятно, и шло формирование рудной минерализации, в том числе и золота. Отметим, что данный вопрос требует дальнейшего изучения.

Углеродистое вещество на месторождениях представлено дисперсным тонкорассеянным нерастворимым углеродистым веществом и незначительным количеством битумоидов. Из заимствованных данных следует, что по направлению к рудной зоне увеличивается суммарное содержание битумоидов [6]. Подобный анализ связан с поиском возможных концентраторов благородных металлов.

В масштабных исследованиях [8] показана возможность сорбции благородных металлов флюидом органического происхождения до содержаний, превышающих 1 г/т. С углеродистым веществом связан и один из возможных вариантов общего развития месторождения. Согласно ему, рудообразование связано с региональным метаморфизмом металлоносных углеродистых толщ с первичным содержанием золота в органическом веществе [1, 4].

Литература

1. Блинов, А. В. Минералого-петрографическая характеристика месторождения Угахан [Текст] / А. В. Блинов, Ю. И. Тарасова // Науки о земле и недропользование. – 2020. – Т. 43. – № 2. – С. 160 – 167. DOI:10.21285/2686-9993-2020-43-2-160-176
2. Геохимия черных сланцев [Текст] / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис; отв. ред. А. И. Перельман; АН СССР, Коми науч. центр, Ин-т геологии. – Л.: Наука: Ленингр. отд-ние, 1988. – 270 с.
3. Единая неопротерозойская-раннепалеозойская эволюция рудоносных осадочных комплексов юга Сибирского кратона [Текст] / А. Е. Будяк, С. Ю. Скузоватов, Ю. И. Тарасова, К. Л. Ванг, Н. А. Горячев // Доклады Академии наук. – 2019. – Т. 484. – № 3. – С. 335–339.
4. Кизильштейн, Л. Я. Роль органического вещества в образовании месторождений золота (на примере черных сланцев) [Текст] / Л. Я. Кизильштейн // Российский химический журнал. – 2000. – № 3. – С. 108 – 114.
5. Немеров, В. К. Биогенно-седиментационные факторы рудообразования в неопротерозойских толщах Байкало-Патомского региона [Текст] / В. К. Немеров, А. М. Станевич, Э. А. Развозжаева, А. Е. Будяк, Т. А. Корнилова // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51. – № 5. – С. 729 – 747.
6. Русинов, В. Л. Околорудный метасоматизм терригенных углеродистых пород в Ленском золоторудном районе [Текст] / В. Л. Русинов, О. В. Русинова, С. Г. Кражев, Ю. В. Щегольков, Э. И. Алышева, С. Е. Борисовский // Геология рудных месторождений, 2008. – Т. 50. – № 1. – С. 3–46.
7. Шепель, Е. В. Минералого-геохимические особенности рудовмещающей толщи месторождения Угахан, Бодайбинский рудный район [Текст] / Е. В. Шепель, Н. Р. Аюпова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 1. – С. 209–225.
8. Sugiyama, I. Metal transport by oil: application to ore genesis. [Text] / I. Sugiyama. – Montreal: McGill University, 2015.
9. Сайт Statista [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1125421/world-mine-reserves-of-gold/> (дата обращения 25.03.2024)
10. Сайт Золото [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vims-geo.ru/documents/15/Au.pdf> (дата обращения 25.03.2024).

БИОСТРАТИГРАФИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА БОЛЬШИЕ ТАРХАНЫ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

Газизуллин Б.М.

Научный руководитель доцент Г.М. Сунгатуллина

Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

Разрез Большие Тарханы расположен на правом берегу Волги, близ урочища Тархановская Пристань в пределах Ульяновско-Саратовского прогиба (рис. 1). Он сложен породами юрской системы, содержащими богатый

СЕКЦИЯ 1. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

комплекс ископаемых организмов: аммонитов, белемнитов, остракод и фораминифер. Юрский период ознаменовался расцветом данных групп фауны в морских бассейнах, особенно фораминифер, что позволяет их успешно использовать в биостратиграфии и фациальном анализе мезозойских отложений.

Однако, их современная изученность на территории Республики Татарстан крайне мала. Так, последней значимой работой по биостратиграфии данных отложений по фораминиферам можно считать «Стратиграфию средней юры юго-запада Республики Татарстан» [7]. В ней авторы приводят краткую сводку по распространению фораминифер из верхнего келловея разреза Большие Тарханы, выделив зону *Lenticulina tumida* – *Epistomina elschankaensis*. Возраст отложений нижней части разреза был определен по единичным находкам аммонитов (верхний байос), однако фораминиферы из данного интервала не изучались, поэтому исследование является актуальным.

Цель работы – изучить комплекс фораминифер из нижней части разреза Большие Тарханы.

Для достижения поставленной цели было обработаны образцы глинистых пород, получен и изучен комплекс фораминифер, выполнено определение и фотографирование видов, установлен систематический состав комплекса фораминифер и их стратиграфическое положение в обнажении.

Материалом для исследования послужили два образца глинистых пород из нижней части разреза Большие Тарханы (рис. 1), отобранные летом 2023 года во время экспедиции на правый берег Волги, в которых обнаружено 1662 экземпляра фораминифер.

Для извлечения фораминифер из юрских глин использовалась стандартная методика обработки с последующим кипячением образцов в щелочной среде. Для установления систематического состава микрофоссилий использовались определители фораминифер, монографии и статьи [2, 3, 5, 6]. Частота встречаемости отдельных видов определялась по семибалльной шкале (рис. 2) [4]. Изучение микрофауны проводилось с помощью тринокуляра Carton DSTZ-70, фотографирование – использованием цифровой камеры Levenhuk M500 Base.

Изученный интервал разреза (рис. 2) (слой 1) сложен глинами плотными, серыми, со слабозеленоватым оттенком, алевроитовыми, известковистыми. Макрофауна представлена единичными пиритизированными раковинами двустворчатых моллюсков вида *Gresslya cf. aldumi* Fischer [1] и обломками ростров белемнитов. Видимая мощность – 4 м.

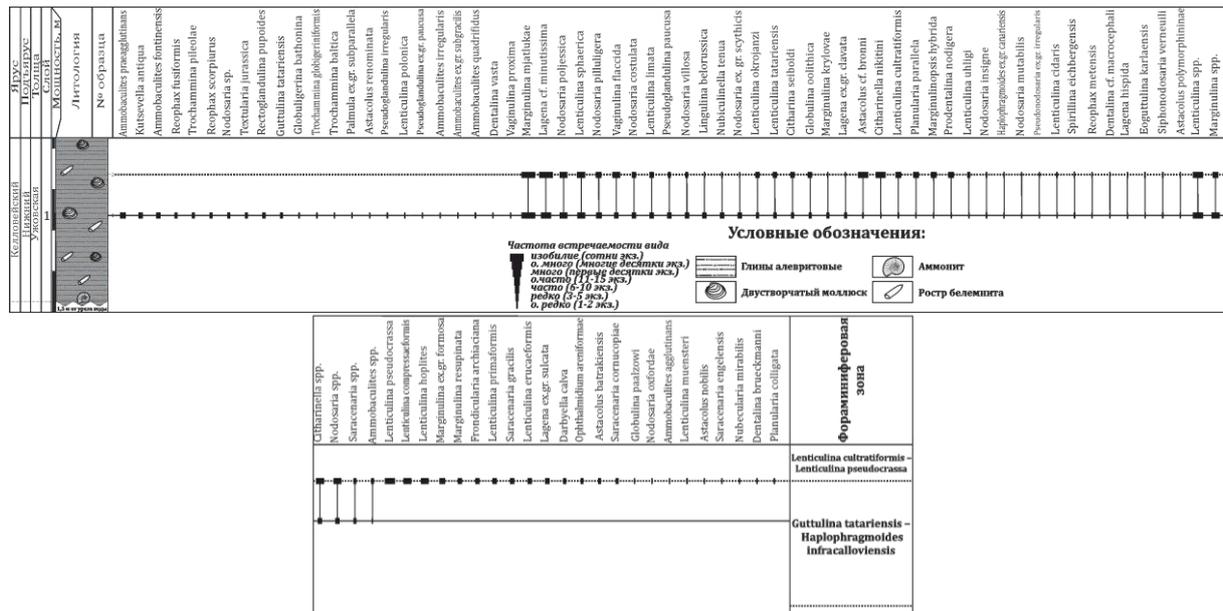


Рис. 2. Распределение фораминифер в нижнем – среднем келлоеве нижней части разреза Большие Тарханы, ур. Тархановская Пристань

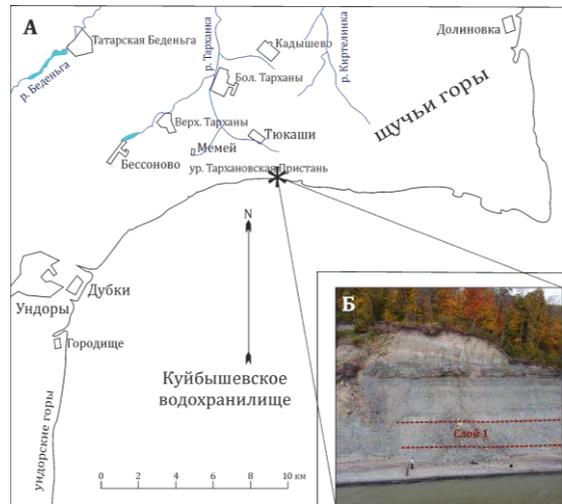


Рис. 1. Схема расположения обнажения Большие Тарханы в Ульяновском Поволжье:

А – детальная, звездочкой (*) обозначено исследуемое обнажение;

Б – фотография исследуемого обнажения

Комплекс фораминифер из обр. № 1 включает 59 видов, относящихся к 31 роду. Среди них преобладают представители родов *Marginulina* (36 %), *Lenticulina* (16,7 %), *Nodosaria* (11,7 %) и *Lagena* (9,8 %). В видовом отношении доминирует *Marginulina mjatliukae* Mjatliuk (32,6 %), *Lagena cf. minutissima* Kübler & Zwingli (8,7 %), *Lenticulina sphaerica* Kübler & Zwingli (3 %), *Nodosaria poljessica* Mityanina (3 %) и *Ammobaculites praeagglutinans* Makarieva (2,8 %). В комплексе также были найдены фораминиферы *Lenticulina okrojanzi* Mjatliuk (рис. 3, фиг. 1), *Lenticulina tatarsiensis* Mjatliuk (рис. 3, фиг. 2), *Guttulina tatarsiensis* Mjatliuk (рис. 3, фиг. 4), *Kutsevelia antiqua* Yakovleva (рис. 3, фиг. 8) и др., которые являются характерными для фораминиферовой зоны *Guttulina tatarsiensis* – *Haplophragmoides infracallovienensis* нижнего келловоя [8].



Рис. 3. Фораминиферы зоны *Guttulina tatarsiensis* – *Haplophragmoides infracallovienensis* (нижний келловей) из образца №1 (длина масштабной линейки – 0,1 мм): 1 – *Lenticulina okrojanzi* Mjatl.; 2 – *Lenticulina tatarsiensis* Mjatl.; 3 – *Eoguttulina karlaensis* Mjatl.; 4 – *Guttulina tatarsiensis* Mjatl.; 5 – *Spirillina eichbergensis* (Kubl. et Zw.); 6 – *Marginulina mjatliukae* Schokh.; 7 – *Marginulina krylovae* Mjatl.; 8 – *Kutsevelia antiqua* Yak.

Ассоциация фораминифер из обр. № 2 включает 61 вид, относящихся к 28 родам (рис. 2). В комплексе доминируют роды *Marginulina* (35,3 %), *Lenticulina* (17,7 %), *Lagena* (16,8 %) и *Citharinella* (7,2 %). Среди видов наиболее многочисленными являются *Marginulina mjatliukae* Mjatliuk (30,3 %), *Lagena cf. minutissima* Kübler & Zwingli (15,7 %) и *Citharinella nikitini* Uhlig (5,3 %). В комплексе присутствуют *Lenticulina cultriformis* Mjatliuk (рис. 4, фиг. 3), *Lenticulina pseudocrassa* Mjatliuk (рис. 4, фиг. 2), *Astacolus batrakiensis* Mjatliuk (рис. 4, фиг. 5) и *Ophthalmidium areniforme* Вукова (рис. 4, фиг. 6), типичные для фораминиферовой зоны *Lenticulina cultriformis* – *Lenticulina pseudocrassa* среднего келловоя [6, 8].



Рис. 4. Характерные виды зоны *Lenticulina cultriformis* – *Lenticulina pseudocrassa* (средний келловей) из образца №2 (длина масштабной линейки – 0,1 мм): 1 – *Lenticulina compressaeformis* (Paalz.); 2 – *Lenticulina pseudocrassa* Mjatl.; 3 – *Lenticulina cultriformis* Mjatl.; 4 – *Lenticulina polonica* (Wisn.); 5 – *Astacolus batrakiensis* (Mjatl.); 6 – *Ophthalmidium areniforme* (E. Byk.)

Таким образом, в изученном интервале наблюдается последовательная смена ассоциаций фораминифер зоны *Guttulina tatarsiensis* – *Haplophragmoides infracallovienensis* и *Lenticulina cultriformis* – *Lenticulina pseudocrassa*, что позволяет провести границу между нижним и средним келловеем в разрезе Большие Тарханы.

Литература

1. Герасимов, П. А. Руководящие ископаемые мезозоя Центральных областей Европейской части СССР. Часть 1 [Текст] / П. А. Герасимов. – М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 379 с.
2. Камышева-Елпатьевская, В. Г. Атлас мезозойской фауны и спорово-пыльцевых комплексов нижнего Поволжья и сопредельных областей. Вып. 1 [Текст] / В. Г. Камышева-Елпатьевская. – Саратов: Изд-во Саратовский университет, 1967. – 256 с.
3. Мятлюк, Е. В. Фораминиферы нижнего келловоя бассейна р. Карлы Татарской АССР [Текст] / Е. В. Мятлюк // Микрофауна СССР. Сборник 10. Остракоды и фораминиферы Русской платформы и Средней Азии. – 1959. – Вып. 136. – С. 393–441.
4. Опорный разрез верхнеюрских отложений р. Хеты [Текст]: (Хатангская впадина). – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. – 208 с.
5. Пяткова, Д.М. Фораминиферы и остракоды юры Украины. Палеонтологический справочник [Текст] / Д. М. Пяткова, М. Н. Пермякова. – Киев: Наук. Думка, 1978. – 289 с.
6. Соколов, Б. С. Практическое руководство по микрофауне СССР. Т. 5: справочник для палеонтологов и геологов [Текст] / Б. С. Соколов, А. Я. Азбель, А. А. Григялис и др. – Л.: Недра, 1991. – 375 с.
7. Стратиграфия средней юры юго-запада Республики Татарстан [Текст] / В. В. Митта, В. В. Костылева, Л. А. Глинских, Б. Н. Шурыгин, И. А. Стародубцева // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2014. – Т. 22. – № 1. – С. 31–46.

8. Унифицированная региональная стратиграфическая схема юрских отложений Восточно-Европейской платформы [Текст]: Объяснительная записка / В. В. Митта, В. Я. Вукс, Л. А. Глинских и др.; под. ред. В. В. Митта. – М.: ПИН РАН – ФГУП «ВНИГНИ», 2012. – 64 с.

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРФЕНОВСКОГО ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНГАРО-ЛЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Горяйнов Д.С.^{1,2}, Закирьянов И.Г.^{1,2}

Научный руководитель И.В. Варакина²

¹Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

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

Одним из наиболее перспективных регионов для развития газодобычи в России является южная часть Восточной Сибири. В частности, на территории Ангаро-Ленской ступени разрабатывается значительное количество углеводородных месторождений. Главные нефтегазоносные комплексы связаны с терригенными отложениями венда, среди которых парфеновский продуктивный горизонт считается наиболее перспективным объектом. Он выделяется в основании верхней подсвиты чорской свиты и сложен существенно кварцевыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Горизонт залегает на алевроглинистых породах нижней подсвиты чорской свиты и перекрывается карбонатной катангской свитой. Парфеновские песчаники представляют собой гранулярные (поровые) коллекторы, в которых открытая пористость составляет 2–15 %; проницаемость достигает 0,1 мкм². Ранее было установлено, что изученные отложения формировались в дельтовых обстановках со значительным влиянием приливно-отливной деятельности и неравномерным развитием постседиментационных процессов [1, 6, 9]. Именно эти факторы повлияли на неоднородность коллекторских свойств.

Фактическим материалом настоящей работы являются результаты определения породообразующих окислов в керне двух скважин восточной части Ангаро-Ленского месторождения, полученные методом рентгенофлуоресцентного анализа, выполненного в Институте геологии и минералогии имени В.С. Соболева. На основе полученного ряда петрогенных окислов были рассчитаны геохимические модули, систематизированные Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис [11]. Согласно проведенным исследованиям, наиболее информативными для характеристики парфеновского горизонта являются следующие модули: гидролизатный, алюмокремниевый, титановый, железный, калиевый, натриевый и модуль общей нормативной щелочности [11]. Кроме того, для выявления литохимических особенностей дополнительно был использован химический индекс изменчивости (Chemical Index of Alteration) [12]. Перечисленные модули успешно применяются при изучении осадочных пород в России [3, 8 и др.] и в Восточной Сибири, в частности [5, 7 и др.].

При использовании гидролизатного модуля ($\{Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + MnO\}/SiO_2$) установлено, что песчаники парфеновского горизонта согласно геохимической классификации Я.Э. Юдовича [11] отвечают группе силитов (0,06 до 0,09), а алевролиты и аргиллиты – группе сиаллитов и сиферлитов (0,30–0,50 и 0,36–0,49 соответственно).

С гидролизатным модулем хорошо коррелируется алюмокремниевый модуль (Al_2O_3/SiO_2), значения которого в песчаниках от 0,11 до 0,03, алевролитах – 0,18–0,29, аргиллитах – 0,28–0,35.

Породы характеризуются, в целом, достаточно низкими значениями титанового модуля (TiO_2/Al_2O_3); в алевролитах и аргиллитах – от 0,046 до 0,066, в песчаниках – от 0,02 до 0,07. Иногда встречаются образцы, содержащие ильменит и продукты его распада, в которых показатель увеличивается до 0,1–0,33. Согласно [4], низкие показатели TiO_2 при высокой зрелости обломочных пород могут свидетельствовать о значительной удаленности от материнских отложений и формировании в прибрежно-морских обстановках.

При применении железного модуля ($\{Fe_2O_3 + MnO\}/\{Al_2O_3 + TiO_2\}$) установлено, что исследуемые образцы относятся преимущественно к классу нормально-железистых со значениями 0,27–0,59, а также к классу повышено-железистых (от 0,66 до 0,95). Лишь единичные образцы относятся к классу высокожелезистых (1,15 и 1,2). Повышенные показатели характерны для красноцветных песчаников и алевролитов с глинисто-железистым цементом (более 0,60).

Значения калиевого модуля (K_2O/Al_2O_3) в песчаниках составляют 0,26–0,52, в алевролитах 0,30–0,35, а в аргиллитах 0,32–0,37. Эти величины указывают на присутствие гидрослюд, хлоритов и ортоклаза [2], что подтверждается петрографическими исследованиями. Кроме того, величина калиевого модуля увеличивается вместе с глубиной морского бассейна. В изученных пробах значения не слишком велики, что указывает на седиментацию в береговой зоне [11].

Парфеновские песчаники отличаются низкими значениями натриевого модуля (от 0,041 до 0,13) (Na_2O/Al_2O_3), что свидетельствует о небольшом поступлении натриевых плагиоклазов из источника сноса, а также о доминировании хлоритов в осадке. Помимо этого, малые величины модуля характерны для переходных и морских обстановок [11].

Модуль общей нормативной щелочности ($\{Na_2O + K_2O\}/Al_2O_3$) в песчаниках варьирует в пределах 0,36–0,64, а в алевролитах и аргиллитах – 0,34–0,48. Терригенные породы горизонта являются нормально-щелочными (0,20–0,40) и повышено-щелочными (0,40–0,70). Такие значения модуля общей нормативной щелочности, в совокупности данными, полученными при литологических исследованиях, свидетельствуют о кислом петрофоне [2].

Индекс химического изменения ($\{Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)\} \times 100$) в образцах аргиллитов и алевролитов находится в диапазоне от 59,2 до 74,4 со средними значениями 66,7, что характерно для многократно переотложенных образований со слабой и средней степенью выветривания [12].

Анализ литохимических модулей показал, что парфеновский горизонт сложен зрелым материалом с низким содержанием плагиоклазов, накопление которого происходило в переходных, вероятно, дельтовых обстановках, что подтверждается имеющимися седиментологическими данными.

Работа выполнена в рамках Госзадания РАН по Фундаментальным научным исследованиям (проект FWZZ-2022-0008)

Литература

1. Горяйнов, Д. С. Состав, строение и условия формирования верхневендских терригенных коллекторов центральной части Ангаро-Ленской ступени (юг Сибирской платформы) [Текст] / Д. С. Горяйнов, И. В. Вараксина // *Науки о Земле. Современное состояние.* – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 103–105.
2. Интерпретация геохимических данных [Текст]: учеб. пособие / И. В. Складов и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
3. Мельничук, О. Ю. Идентификация петротипов песчаников по литохимическому составу [Текст] / О. Ю. Мельничук // *Литология и я: от идеи до выводов: Материалы 3-й Всероссийской школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии.* – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого, 2018. – С. 102–105.
4. Мигдисов, А. А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах [Текст] / А. А. Мигдисов // *Геохимия.* – 1960. – № 2. – С. 149–163.
5. Мотова, З. Л. Источники вещества и условия седиментации вендских терригенных пород юга Непско-Ботубинской антеклизы (Сибирская платформа) [Текст] / З. Л. Мотова, А. В. Плюснин // *Геодинамика и тектонофизика.* – 2022. – Т. 13. – № 5. – С. 4.
6. Пушкарева, М. М. Литологическая характеристика парфеновского и ботубинского продуктивных горизонтов венда Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботубинской антеклизы [Текст] / М. М. Пушкарева, Е.М. Хабаров, И. В. Вараксина // *Известия Томского политехнического университета.* – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 78–83.
7. Рясной, А. А. Литолого-геохимические особенности пород-коллекторов и флюидоупоров ордовикского потенциально нефтегазоносного резервуара (Северо-Тунгусская нефтегазоносная область, Восточная Сибирь) [Текст] / А. А. Рясной // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений.* – 2022. – № 6(366). – С. 17–34.
8. Сараев, С. В. Литология, геохимия среднедевонских отложений и влияние вулканизма на осадконакопление на юго-востоке Западной Сибири [Текст] / С. В. Сараев, А. С. Ганашилин, Н. Г. Изох, Б. М. Попов // *Геология и геофизика.* – 2023. – Т. 64 – № 10 – С. 1434–1456.
9. Скузоватов, М. Ю. Критерии оценки перспектив газоносности парфеновского горизонта центральных районов Ангаро-Ленской ступени [Текст] / М. Ю. Скузоватов // *Геология нефти и газа.* – 2014. – № 1. – С. 101 – 109.
10. Стафеев, К. Г. Петрохимические методы исследования горных пород [Текст]: справочное пособие / К. Г. Стафеев. – М.: Недра, 1985. – 512 с.
11. Юдович, Я. Э. Основы литохимии [Текст] / Я. Э. Юдович., М. П. Кетрис. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
12. Nesbitt, H. W. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites [Text] / H. W. Nesbitt, G. M. Young // *Nature*, 1982. – V. 299. – P. 715–717.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО АВЛАКОГЕНА, КАК ВОЗМОЖНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ

Дьякова С.А.¹, Сергеева Н.Д.¹, Башкова С.Е.²

¹ *Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия*

² *Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия*

На территории Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна (ВУНГБ) известны уникальные и крупные месторождения нефти и газа в отложениях палеозоя, которые, однако, характеризуются тенденцией к истощению запасов углеводородного (УВ) сырья. Для восстановления ресурсной базы региона требуются новые перспективные объекты, к числу которых относят глубокопогруженные комплексы рифей-вендского авлакогенового бассейна [1]. Многочисленные нефтегазопрооявления и наличие залежей углеводородов в терригенных и карбонатных породах рифея и венда на территории ВУНГБ свидетельствуют об активном развитии генерации и аккумуляции УВ. Интерес к проблеме нефтегазоносности рифей-вендских отложений в Волго-Уральском регионе возрос в связи с открытием крупных месторождений нефти в древних отложениях Восточной Сибири.

В пределах ВУНГБ карбонатные отложения верхнего рифея в составе шиханской и леузинской свит развиты на востоке Камско-Бельского авлакогена (КБА), где вскрыты единичными скважинами (рис. 1). Ранее проводились исследования карбонатных пород шиханской и леузинской свит в скв. 1 Леузинская методом пиролиза, в результате которых были определены содержания Сорг и битумоидов. В мергелях и известняках шиханской свиты значение Сорг колеблется от 0,09 до 0,85 %, в трещиноватых разностях известняков – 0,09–0,17 %, а в метасоматических доломитах – 0,30–0,57 %. Для доломитов леузинской свиты содержания Сорг варьируют от 0,05 до 0,29 %. Самые низкие концентрации отмечены в трещиноватых разностях доломитов [2].

СЕКЦИЯ 1. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ

В настоящей работе представлены результаты по изучению карбонатных пород шиханской и леузинской свит в разрезах скважин 188 Южно-Тавтимановская и Красноусольская методом пиролиза (пиролизатор Rock-Eval 6) (рис. 1, Б).

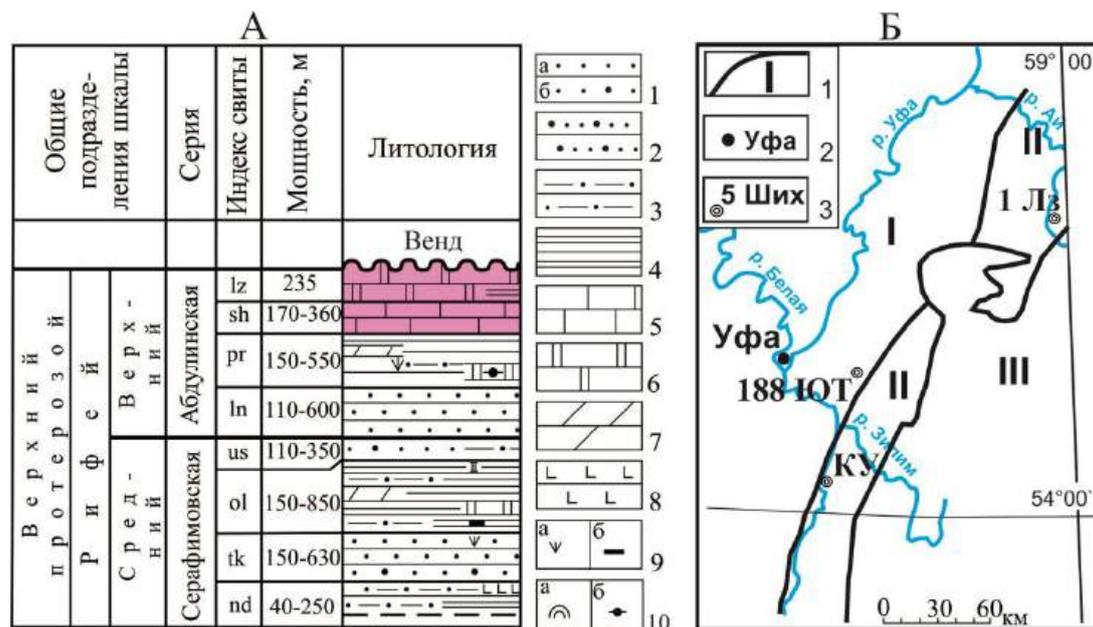


Рис. 1. Литолого-стратиграфическая колонка отложений рифея Камско-Бельского авлаогена (А) и обзорная карта (Б) с расположением изученных скважин [3, с изменениями].

Условные обозначения к колонке (А): 1–2 – песчаники: 1 – кварцевые (а) и полевошпат-кварцевые (б); 2 – аркозовые; 3 – алевролиты; 4 – аргиллиты; 5 – известняки; 6 – доломиты; 7 – мергели; 8 – метабазальты; 9–10 – характеристика пород: 9 – глауконит (а) и углеродистость (б); 10 – строматолиты (а) и микрофитолиты (б). Условные обозначения к карте (Б): I – границы структур первого порядка: I – восточная окраина Восточно-Европейской платформы (Камско-Бельский авлаоген); II – Предуральский краевой прогиб; III – Уральская складчатая система; 2 – города; 3 – местоположение скважины, ее номер и название (Ку – Красноусольская; Лз – Леузинская; ЮТ – Южно-Тавтимановская).

Шиханская свита верхнего рифея (RF₃sh) представлена известняками тонкозернистыми, вишневыми и серыми, реже – зеленовато-серыми. Редко наблюдаются линзовидные прослои алевролитов глинисто-карбонатных, темно-серых и черных. Мощность свиты от 170 до 360 м. Благодаря особенностям состава и окраски пород, наличию специфических структур и текстур (ленточная слоистость и «струйчатость») известняков, свита служит надежным маркером при корреляции разрезов рифея платформы и складчатого Урала.

Леузинская свита верхнего рифея (RF₃lz) состоит из двух подсвит: нижняя (карбонатная) представлена доломитами средне-, мелкозернистыми, серыми, слабо битуминозными, с тонкими темно-серыми углеродисто-глинистыми слоями. Прослоями доломиты глинистые, отмечаются слойки аргиллита темно-серого. Верхняя подсвита существенно терригенная. Общая мощность достигает 576 м.

Формирование карбонатных осадков шиханской и леузинской свит происходило преимущественно в мелководно-морских восстановительных обстановках, где существовали благоприятные условия для накопления и сохранения органического вещества.

В результате исследований геохимических особенностей карбонатных толщ шиханской и леузинской свит верхнего рифея, вскрытых скважинами Южно-Тавтимановская и Красноусольская, установлены низкие содержания органического углерода (Сорг) – 0,06 и 0,02, за исключением доломитов леузинской свиты, где отмечено повышенное содержание органического углерода – 0,38 % (табл. 1).

Низкие значения (0,0009 и 0,0003) хлороформенных битумоидов свидетельствуют об их сингенетичности и отражают генерационную способность толщи.

По пиролитическим характеристикам изученные свиты имеют пониженные значения S1 и более высокие значения показателя S2. Соответственно, все исследованные образцы относятся к бедным нефтематеринским (S2 менее 1 мг/г) породам. Показатель продуктивности S1 низок (значения менее 0,25 мг/г).

Показатель HL в изученных свитах определен в размере 250 (шиханская свита) и 367, 41 (леузинская свита), что позволяет относить их к среднему показателю нефтегазоматеринских пород.

По результатам геохимических исследований методом пиролиза для отложений шиханской и леузинской свит верхнего рифея установлено сходство геохимических параметров, а их показатели позволили выделить на данном этапе изучения только породы с бедным генерационным потенциалом.

Таблица 1

Результаты пиролиза отложений шиханской и леузинской свит верхнего рифея

Интервал	Порода	Н.О. %	Сорг %	Содержание битумоидов			Гуминовые кислоты %	Тип Бжл	Кн= Бжл/Бсб	β=Бжл* 100/Сорг г.%	S1, мг/г	S2, мг/г	Tmax °C	HL
				Бпэ	Бжл	Бсб								
Шиханская свита верхнего рифея														
Скв. 188-Южно-Тавтимановская														
3670,4	Извест-няк	21,7	0,06	0	0,009	0,012	0,0001	мл	0,75	1,50				
3672	Извест-няк			0	0,003	0,004	0,0001	мл	0,75					
Скв. Красноуфимская														
3420,6	Извест-няк		0,02								0,04	0,05	402	250
Леузинская свита верхнего рифея														
Скв. Красноуфимская														
3644,3	Извест-няк		0,02								0,04	0,07	455	367
3617,5	Извест-няк		0,38								0,06	0,22	492	41

Отложения свит имеют небольшие мощности, вскрыты на ограниченной территории небольшим количеством скважин и имеют слабую изученность геохимическими методами исследования, поэтому для выделения нефтематеринских толщ среди карбонатных пород верхнего рифея ВУНГБ полученного материала недостаточно, и необходимы дальнейшие исследования отложений этого стратиграфического уровня.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24 - 27 - 00311.

Литература

1. Башкова, С. Е. Прогноз нефтегазоносности рифей-вендских отложений Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [Текст]: монография / С. Е. Башкова, Т. В. Карасева. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – 190 с.
2. Козлов, В. И. Литолого-петрографическая характеристика и перспективы нефтегазоносности доверхнедевонских отложений, вскрытых скважиной 1 Леузинская (северо-восток платформенного Башкортостана) [Текст]: Препринт / В. И. Козлов, Т. В. Иванова, И. М. Горохов и др. – Уфа: УНЦ РАН, ИК БашНИПИнефть, ИГГД РАН, 2003. – 40 с.
3. Сергеева, Н. Д. Верхний протерозой (рифей и венд) Волго-Уральской области в параметрических и глубоких скважинах [Текст]: монография / Н. Д. Сергеева, В. Н. Пучков, Т. В. Карасева. – Уфа: Книга-Принт, 2021. – 196 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЛЛЕКТОРОВ ТЮМЕНСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗНЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТОЛЩИН В РАЗРЕЗАХ РАЗНОЙ ФАЦИАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ

Зервандо Я.В.

Руководитель: эксперт управления ГРП-Уват О.В. Елишева
ООО «Тюменский нефтяной научный центр», г. Тюмень, Россия

Уватский район юга Тюменской области относится к периферийным территориям Западно-Сибирского бассейна (ЗСБ), что сказалось на специфике среднеюрского осадконакопления. На описываемой территории основной объём ресурсов углеводородов (УВ) приурочен к резервуарам пластов Ю₂, Ю₃, Ю₄ тюменской свиты.

В фациальном отношении коллекторы этих пластов представлены отложениями континентального и переходно-континентального (переходно-морского) генезиса, что обусловило их сложное, хаотичное развитие как по площади, так и по разрезу.

Большая часть территории «Уватского проекта» до сих пор находится на поисково-оценочной стадии геологоразведочных работ (ГРП), поэтому изученность отдельных площадей глубоким бурением остается крайне низкой. На территориях Западно-Сибирского бассейна, которые слабо изучены поисково-разведочным бурением прогноз резервуаров тюменской свиты выполняется преимущественно по данным 3D-сейсморазведки.

На сегодняшний день подтверждается прогнозных суммарных эффективных толщин коллекторов тюменской свиты, построенных по данным МОГТ 3D на территории Уватского проекта, достигает не более 44 %. При этом от достоверного выделения зон глинизации в отложениях сложного полифациального генезиса и расчета карт эффективных толщин коллекторов зависит корректная геометризация потенциальных залежей УВ, а также расчёт их ресурсного потенциала. Поэтому для более точного прогноза значений эффективных толщин, важным фактором является учёт всех геологических факторов, влияющих на фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) современных тюменских резервуаров – как седиментационных, так и постседиментационных процессов.

На территории Уватского района юга Тюменской области коллекторы пластов Ю₂₋₄ тюменской свиты представлены группой русловых фаций и группой фаций внешней песчаной поймы. Как правило, каждая фациальная зона характеризуется определённым набором фаций, которые дают разные значения эффективных толщин с разбросом от 1 до 10–20 м.

Коллекторы каждой фациальной зоны, помимо определённых эффективных толщин, также обладают определёнными фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС), анализ которых показал, что пористость изменяется от 3 до 16 %, проницаемость от 0,01 до 5 мкм². Чтобы повысить успешность прогноза коллекторов по данным МОГТ 3D, рассмотрены вопросы влияния вторичных изменений на качество тюменских резервуаров на территории Уватского региона.

Для того чтобы разобраться на каких глубинах на описываемой территории залегают резервуары пластов Ю₂, Ю₃, Ю₄ тюменской свиты, были проанализированы структурные карты кровли пластов. По результатам анализа установлено, что разброс глубин современного залегания этих отложений варьирует от -2400 до -3200 м. В интервале этих глубин по данным поисково-разведочных скважин проведен анализ термобарических пластовых условий и степень преобразования рассеянного органического вещества. Затем разброс пластовых температур сопоставлен с определенными уровнями (зонами) катагенетических изменений, которым соответствуют определенные наборы минеральных компонентов, которые по-разному влияют на фильтрационно-ёмкостное пространство коллекторов тюменской свиты, увеличивая или уменьшая ФЕС.

Еще в первой половине 2000-х годов для решения задач нефтегазопроисковых работ ряд академических и производственных научно-исследовательских институтов для ЗСБ начал активно разрабатывать тему влияния процессов эпигенеза на фильтрационно-ёмкостные свойства (ФЕС) коллекторов юрских и меловых отложений в различных структурно-фациальных зонах.

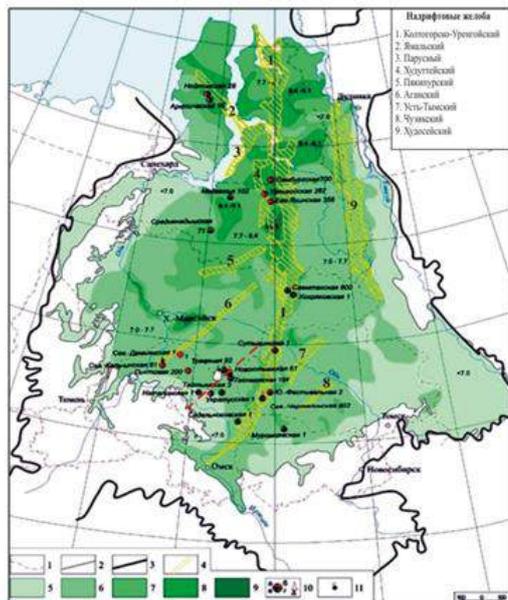
На сегодняшний день докторские диссертации – Е.А. Предтеченской [3] и А.В. Поднебесного [4] являются наиболее проработанными исследованиями для территории Западно-Сибирского бассейна. Поэтому они, включая также публикации в открытой печати – О.В. Япаскурта [6–8], Р.С. Сахибгареева [5], А.Т. Коссовской [1], Б.А. Лебедева [2] и многих других специалистов, легли в основу теоретического обоснования возможности использования количественного показателя фактора вторичных изменений на промысловые характеристики коллекторов тюменской свиты на территории Увата.

Так, в работе Е.А. Предтеченской впервые для крупных структурно-фациальных зон были определены парагенетические минеральные фации вторичных изменений для разных стадий катагенеза, установлено влияние вторичного минералообразования на ФЕС коллекторов, а также установлена приуроченность зон эпигенеза к определенным современным глубинам. Несмотря на то, что исследовательская работа Е.А. Предтеченской выполнялась преимущественно на материалах северных районов ЗСБ, многие из изложенных автором фундаментальных результатов могут транслироваться на другие территории этого бассейна.

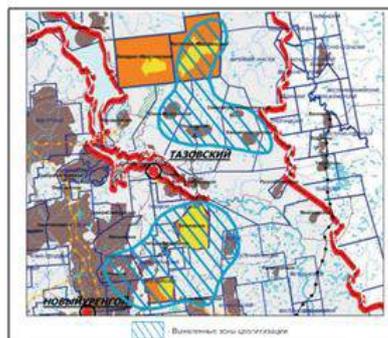
В Западной Сибири тематика вторичных изменений пород разрабатывается более 50 лет. Как правило, практическим результатом таких работ являются карты катагенетических (эпигенетических) минералогических аномалий, учитывающие влияние вторичных изменений на ФЕС коллекторов на качественном уровне [4].

Пример таких карт разных специалистов приведен на рис. 1.

Схематическая карта распределения минералогических аномалий в отложениях малышевского горизонта Западно-Сибирской плиты (Предтеченская, Фомичев, 2011)



Зона развития цеолитизации на территории Западно-Сибирской плиты (Поднебесных, 2019)



Зона развития карбонатизации на территории Западно-Сибирской плиты (Поднебесных, 2019)

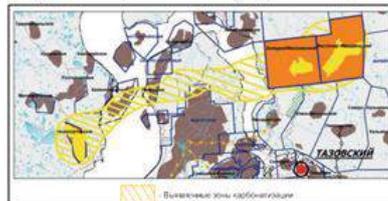


Рис. 1. Примеры традиционного подхода учета влияния вторичных изменений на территории Западно-Сибирского бассейна

Без сомнения, такие карты являются очень нужными, однако они не позволяют использовать фактор вторичных изменений коллекторов на количественном уровне, что необходимо в рамках оценки геологических рисков при проектировании поисково-разведочных скважин. В ходе работы был проанализирован геолого-геофизический материал по данным скважин (описание керна, описание шлифов, лабораторные определения пористости, проницаемости и т.д.) по интервалу всех трех пластов Ю₂–Ю₄ тюменской свиты.

Анализ литолого-петрографического состава песчано-алевритовых отложений, отнесенных к группе русловых фаций, показал, что породы оказались подвержены аутигенному минералообразованию. Изменению подверглась не только обломочная часть (кварц, КПШ, обломки пород), но и цемент, в котором кроме глинистых минералов обнаружилось большое количество карбонатного, кремнистого и пиритового материала.

Анализируя многочисленные данные, были сделаны выводы, что использование напрямую литофациальных моделей пластов тюменской свиты для обоснования прогнозных эффективных толщин, рассчитанных по сейсмическим данным, без учета влияния вторичных изменений на емкостное пространство резервуаров нецелесообразно. Это зачастую приводит к ошибкам в прогнозе коллекторов и к необходимости корректировать по результатам поисково-разведочного бурения зоны глинизации и контуры структурно-литологических ловушек, что сказывается на пересчете ресурсной оценки поисковых объектов, так как меняется не только их площадь, но и эффективная ёмкость резервуаров.

Установлено, что в одних и тех же фациальных типах разрезов, залегающих на разных глубинах, встречаются различные вторичные изменения. Сопоставление этих данных и современных глубин залегания позволили сделать вывод, что одна и та же группа фаций, находясь на разных глубинах (стадиях катагенеза), подвержена разным вторичным минеральным образованиям. Таким образом, была установлена связь значений ФЭС в разных фациях с глубиной.

Литература

1. Косовская, А. Т. Проблема эпигенеза [Текст] / А. Т. Косовская, В. Д. Шутов // Эпигенез и его минеральные индикаторы. – 1971. – Вып. 221. – С. 9–34.
2. Лебедев, Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах [Текст] / Б. А. Лебедев. – Л.: Недра, 1991. – 238 с.
3. Предтеченская, Е. А. Катагенетические преобразования нижнесреднеюрских нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского мегабассейна [Текст]: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Предтеченская Елена Андреевна. – Екатеринбург, 2011. – 616 с.
4. Поднебесных, А. В. Научно-методическое обоснование выделения зон вторичных изменений пород-коллекторов и оценка их влияния на разработку месторождений (на примере месторождений Западной Сибири) [Текст]: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук / Поднебесных Александр Владимирович. – Уфа, 2020. – 274 с.
5. Сахибгареев, Р. С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей [Текст] / Р. С. Сахибгареев. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
6. Симанович, И. М. Геодинамические типы постседиментационных литогенетических процессов [Текст] / И. М. Симанович, О. В. Япаскурт // Вестник Моск. Ун-та, сер. 4. Геология. – 2012. – №6. – С. 20–21.
7. Япаскурт, О. В. Генетическая минералогия и стадийный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования [Текст] / О. В. Япаскурт. – М.: ЭКСЛАН, 2008. – 356 с.
8. Япаскурт, О. В. Породообразование в стратосфере (опыт стадийно-генетических исследований) [Текст] / О. В. Япаскурт // Вестник Моск. Ун-та, сер. 4. Геология. – 2011. – №5. – С. 3–14.

ПРОГНОЗ УГЛЕННОСТИ ЗАПАДНОГО БЕРЕГА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ Зюзюкин И.В.

Научный руководитель доцент Т.Б. Волченкова
**Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. Карпинского,
г. Санкт-Петербург, Россия**

Каменный и бурый уголь являются одними из профильных полезных ископаемых Западной Камчатки. Первые сведения об углях Камчатки приводятся С.П. Крашенинниковым в 1755 году, изучались они и различными исследователями в XIX веке. Систематическое изучение угленосности началось в 1928-1936 г.г., в частности, в 1934 году Н.Ф. Гантманом обнаружены каменные угли реки Крутогоровой, где впоследствии было открыто Крутогоровское месторождение. Результаты этих работ были обобщены в 1936 году в работе Л.В. Микулича «Угольные месторождения Камчатки».

Поисково-оценочные и детальные разведочные работы на Крутогоровском месторождении проводились в 1951–1954, 1961–1967, 1982–1989 годах. Угленосные отложения Западной Камчатки изучены в большинстве случаев лишь попутными исследованиями при разномасштабных геологических съемках, а также при бурении глубоких скважин на нефть и газ.

Наиболее существенное изучение угленосных отложений Западной Камчатки с применением различных методов и обобщением данных бурения и съемочных работ, было проведено Г.В. Жегаловой в рамках тематических работ 1985–1988 гг. Проведенные работы в основном касались среднемиоценовых отложений Крутогоровского месторождения, и авторами указывалось, что угленосность более древних этапов углеобразования требует дополнительных исследований. С тех пор специальных работ по изучению угленосности Западной Камчатки не проводилось. Однако, интерес как к каменным, так и к бурым углям Западной Камчатки возрос после обнаружения в них германия и других редких элементов.

Перспективы выявления залежей угля связаны с образованиями эоцен-плиоценового осадочного чехла, в объеме которого можно выделить три угленосных комплекса: Тигильский, Воямпольский и Кавранский.

В состав Тигильского комплекса эоценового возраста входят образования платонической толщи, снатовской и ковачинской свит. На изученной территории угли комплекса имеют точечное распространение и вскрыты только в скважинах на больших глубинах.

Воямпольский угленосный комплекс охватывает временной интервал олигоцена – нижнего миоцена и включает породы аманинской, гакхинской, ухлолокской, вивентекской и кулувенской свит. Скважины глубокого бурения в большинстве случаев вскрыли морские фации комплекса, на изученной территории имеется лишь 2 проявления углей, расположенных ближе к Срединно-Камчатскому массиву.

Кавранский угленосный комплекс средне-позднемиоценового возраста включает в себя ильинскую, какертскую, этолонскую и эрмановскую свиты. Угленосность комплекса связана с ильинской и эрмановской свитами. С ильинской свитой связана угленосность Крутогоровского месторождения, расположенного в предгорьях Срединного хребта. Эрмановская свита включает в себя наибольшее количество проявлений углей на описываемой территории, однако, большая их часть вскрыта скважинами глубокого бурения.

Для прогноза угленосности осадочных толщ западного берега Камчатки проведено обобщение данных полевых работ ГК-200 и материалов глубокого бурения скважин Ичинского и Колпаковского прогибов, проанализировано проявление основных факторов, определяющих размещение углей в разрезе.

Структурно-тектонический фактор. Углеобразование Тигильского комплекса происходило, по-видимому, на приморских равнинах периферических частей кинкильского вулканического пояса и небольших участках затопляемого берега моря. Зоны Воямпольского угленакпления совпадают с участками аккумулятивного берега Центрально-Камчатского и Южно-Камчатского поднятий, представляющих собой области континентального осадконакопления, тогда как на большей части территории в это время существовал морской бассейн. С отложениями низов ильинской свиты связана угленосность Крутогоровского месторождения, принадлежащего к глинисто-песчанниковой с конгломератами формации межгорных впадин.

Угленосная толща сложена большим количеством аллювиальных, озерных, озерно-болотных и болотных, а также морских отложений и характеризуется возвратно-поступательным характером развития бассейна седиментации. Западнее Крутогоровского месторождения отложения ильинской свиты либо размывты, либо представлены морскими фациями, отражающими обстановку ильинской трансгрессии (рис. 1, а). Накопление бурых углей эрмановской свиты происходило в прибрежных условиях приморских равнин паралического бассейна. Этому соответствует их широкое распространение на площади, но малые мощности; они являются аналогами современных торфяников. Если считать тектонический режим верхней половины кавранского времени платформенным, то угленакпления эрмановской свиты легко сопоставляются с признаками угленосных формаций платформ, причем, в основном, древних [1].

Стратиграфический фактор. Стадии литогенеза отражают возможность образования каменного, бурого угля, торфа. Качество углей Тигильского комплекса определено как каменные длиннопламенные. Информация о качестве углей Воямпольского комплекса в пределах изученной территории отсутствует. Угли ильинской свиты являются каменными длиннопламенными, их образование соответствует начальной стадии метакатагенеза. Преобразование бурых углей эрмановской свиты соответствует протокатагенезу.

Палеогеоморфологический фактор. Обуславливает фациальную обстановку углеобразования и имеет важное значение в возникновении и распространении зон торфообразования. Вместе с палеоклиматическим и палеофитологическим факторами оказывает влияние на скорость нарастания торфяников и предопределяет мощность углей. Угли Тигильского и Воямпольского комплексов, предположительно, связаны с глинисто-песчанниковой с конгломератами угленосной формации межгорных впадин. Угленосная формация ильинской свиты в пределах Крутогоровского месторождения накапливалась в лимническом бассейне в условиях мелководной лагуны и прибрежных болот. В это же время, западнее существовал открытый морской бассейн, в котором накопление углей было невозможно. В эрмановское время регрессия моря способствовала смещению береговой линии к западу – в область, которая длительное время развивалась в режиме открытого моря. Таким образом, угли эрмановской свиты накапливались в обширной зоне паралического бассейна.

Палеоклиматический фактор. Проявлен в постоянно существующем теплом и влажном климате, способствующем распространению и развитию растений-торфообразователей. Углеобразованию тигильского комплекса способствует климатический оптимум среднего эоцена [2, 3]. Отложения воямпольского комплекса накапливались в достаточно прохладном климате, что не способствовало интенсивному торфообразованию. Накопление ильинской свиты пришлось на пик среднемиоценового климатического оптимума. Торфообразование эрмановского времени проходило в достаточно теплом климате.

Фактор эрозионного среза. Проявления углей тигильского комплекса вскрыты глубокими скважинами на глубинах 1,5–3,1 км, воямпольского комплекса – на глубинах 0,9 км. Угли ильинской свиты выходят на поверхность в пределах Крутогоровского месторождения; эрмановской свиты имеют разную глубину залегания (рис. 1, б): в Ичинском прогибе – от дневной поверхности до глубины 100 м, в Колпаковском прогибе – 470–1300 м, в пределах Соболевского поднятия глубина залегания углей изменяется от 1000 до 200 м с севера на юг, в восточной части поднятия известны проявления на поверхности.

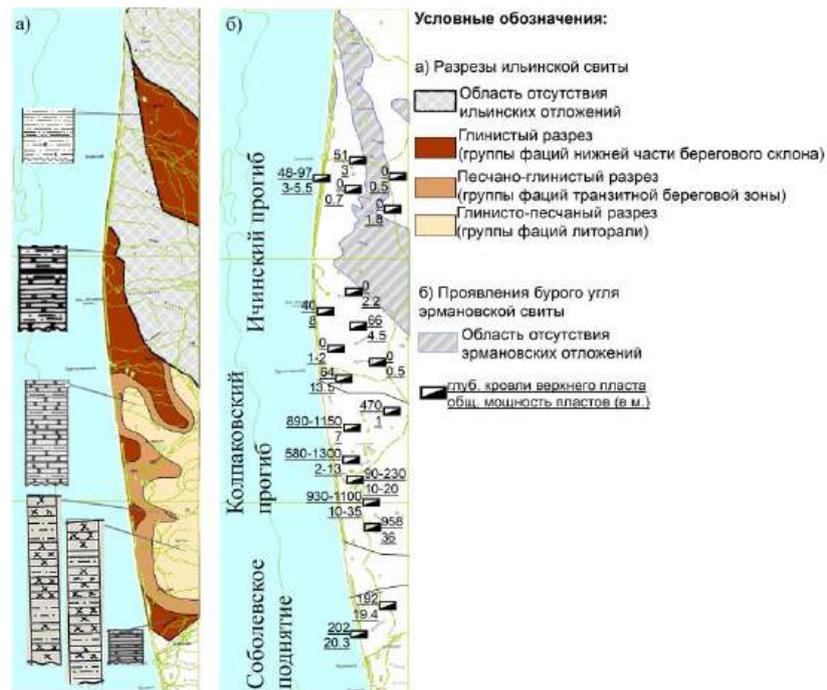


Рис. 1. Разрезы ильинской свиты (а), проявления бурого угля эрмановской свиты (б)

Таким образом, на территории западного берега Камчатки угленосными являются три комплекса: Тигильский, Воямпольский и Кавранский. Однако Тигильский и Воямпольский комплексы не имеют промышленных перспектив по причине малочисленности угольных отложений и больших глубин их залегания, в рамках Кавранского комплекса ильинская свита имеет перспективы в предгорьях Срединного Хребта, где расположено Крутогоровское месторождение, тогда как в приморской части она сложена отложениями открытого моря. Эрмановская свита является перспективной для поисков угля в области Ичинской впадины, в пределах и по периферии которой известны проявления бурых углей на поверхности, в то время как на большей части территории угли свиты при широком их развитии, имеют малые мощности, большую глубину залегания и невысокую промышленную ценность, что делает их добычу нецелесообразной.

Работа выполнена в рамках подготовки к изданию комплекта ГГК 1000/3 листа N-56 (Гос. задание № 049-00003-24-00 от 27.12.23).

Литература

1. Крашенинников, Г. Ф. Условия накопления угленосных формаций СССР [Текст] / Г. Ф. Крашенинников. – М.: Изд-во МГУ, 1957. – 294 с.
2. Скиба, Л. А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое [Текст] / Л. А. Скиба. – М.: Наука, 1975. – 70 с.
3. Челебаева, А. И. Вопросы стратиграфии континентального кайнозоя Камчатки [Текст] / А. И. Челебаева. – Л.: Наука, 1971. – 114 с.

ИЗМЕНЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ В УСЛОВИЯХ РАЗГРУЗКИ ГАЗОСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ

Касимов Ж.Д.

Научный руководитель доцент А.С. Рубан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Арктический шельф Восточной Сибири характеризуется активной разгрузкой метан-насыщенных флюидов, что подтверждается многочисленными «газовыми факелами» в водной толще, а также прямыми наблюдениями за выделением метана с морского дна [9]. Данные очаги разгрузки метана интересны с точки зрения определения его влияния на условия протекания раннего диагенеза, воздействия на образование аутигенных минералов, а также на геохимические циклы углерода, серы и других элементов. Целью данного исследования являлась оценка изменения гранулометрического состава донных осадков под влиянием восходящих газосодержащих флюидов.

Шельф моря Лаптевых расположен на сочленении трёх тектонических структур: рифтовой системы моря Лаптевых с характерными грабенами и горстами с амплитудами смещения до 2 км, Хатангско-Ломоносовской зоны

разломов, являющейся по последним данным многоканальной сейсморазведки трансформным разломом, и Срединно-океанического хребта Гаккеля [2]. Верхнемеловой-кайнозойский осадочный чехол толщиной 13–16 км обладает потенциалом для генерации углеводородов [7]. Анализ сейсмических данных, полученных АО «МАГЭ» в период с 2005 по 2009 год, выявил многочисленные потенциально газонасыщенные объекты в среднемиоцен-четвертичных отложениях осадочного чехла, расположенных в основном на глубинах менее 200 м от морского дна [4].

В качестве фактического материала для исследования были использованы три коротких (от 8 до 26 см) осадочных керны со станций АМК-6045, АМК-6947, АМК-6952, полученных с помощью коробчатого пробоотборника на борту судна «Академик Мстислав Келдыш» в 2018 и 2020 гг. Керны разрезались горизонтально с интервалом 1 см для верхних 10 см и 2 см для остальных секций керна. Интервал отбора проб для керна АМК-6045 составлял 2 см. Образцы донных осадков помещались в пластиковые пакеты и хранились в замороженном состоянии до дальнейших аналитических исследований.

Гранулометрический состав образцов донных осадков определялся на лазерном дифракционном анализаторе частиц Analysette 22 (Fritsch, Германия) с диапазоном обнаружения 0,01–3800 мкм. Образцы диспергировали в дистиллированной воде и подвергали ультразвуковому воздействию в течение 5 мин. Статистические параметры размера зерен были рассчитаны с помощью программного пакета GRADISTAT v.8. [3]. Осадки классифицировали в соответствии с трехкомпонентной системой Фолка песок (2000–63 мкм), алевроит (63–2 мкм) и пелит (<2 мкм) [5].

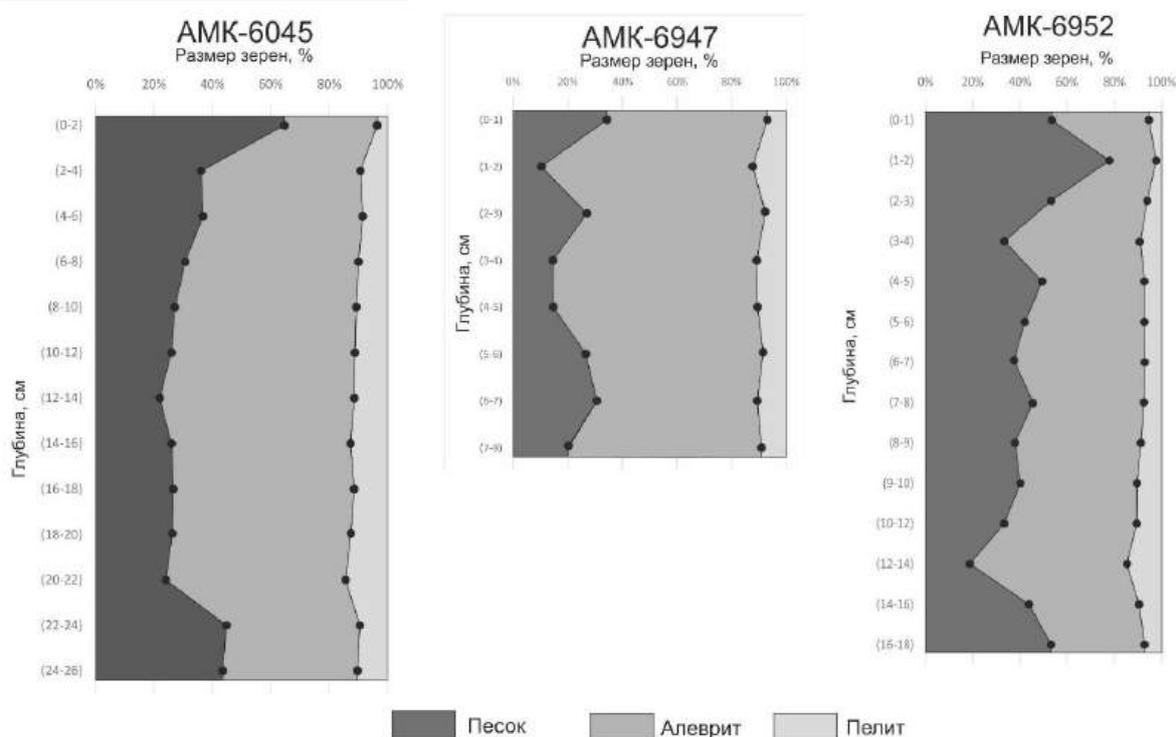


Рис. Вертикальное распределение размерных фракций донных осадков в изученных кернах

Размеры зерен в терригенных отложениях контролируются несколькими аспектами, такими как источники осадочного материала, гидродинамический режим, рельеф области осадконакопления и другие факторы. Поэтому гранулометрический анализ обычно применяется для расшифровки происхождения отложений, среды осадконакопления и раннедиагенетических условий. Предыдущие исследования показывают, что внешний шельф моря Лаптевых состоит в основном из мелкозернистых поверхностных осадков [6].

Гранулометрические характеристики трёх изученных кернов представлены на рисунке. Выделены три гранулометрические фракции: песок, алевроит и пелит. В осадочных кернах, отобранных на станциях АМК-6045, АМК-6947, АМК-6952, содержание пелита варьировало от 2,2 до 14,4 %, содержание алевроита – от 19,9 до 77,4 %, а содержание песка, характеризующегося своим распространением по всей длине изученных кернов (рисунок), варьировало от 10,3 до 77,9 %. Подобное процентное содержание песка, а также его закономерное постоянное содержание по всей длине кернов является нетипичным для исследуемого района и может быть связано с флюидной переработкой на этапе раннего диагенеза. Мигрирующие вверх флюиды могут влиять на гранулометрический состав осадочной толщи, ремобилизуя и вымывая более мелкие фракции (алеврит, пелит) и концентрируя относительно немобильные более крупные частицы (песок) [1]. Дударев и др. отмечали повышенную концентрацию взвешенных частиц в придонном горизонте водной толщи на участках разгрузки газосодержащих флюидов, что подтверждает возможность вымывания тонких фракций при просачивании флюида [8]. Таким образом мы предполагаем, что восходящий флюид способствовал концентрированию крупных фракций.

Таким образом, наблюдаемая азональная структура распределения гранулометрических типов донных осадков может свидетельствовать о активном просачивании флюидов, что следует учитывать при реконструкции

условий осадконакопления как в современных, так и в древних бассейнах, в дополнение к минералогическим и геохимическим данным.

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

Литература

1. Дударев, О. В. Современный литоморфогенез на шельфе морей Восточной Арктики [Текст] / О. В. Дударев, А. Н. Чаркин, Н. Е. Шахова, А. К. Мазуров, И. П. Семилетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 192 с. – ISBN 978-5-4387-0737-0.
2. Baranov, B. Methane seeps on the outer shelf of the Laptev Sea: characteristic features, structural control, and benthic fauna [Text] / B. Baranov, S. Galkin, A. Vedenin, K. Dozorova, A. Gebruk, M. Flint // *Geo-Marine Letters*, 2020. – V. 40. – P. 1–17.
3. Blott, S. J. K., GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments [Text] / S. J. Blott, K. Pye // *Earth Surf. Process. Landforms*, 2001. – V. 26(11). – P. 1237–1248.
4. Bogoyavlensky V. Distribution of permafrost and gas hydrates in relation to intensive gas emission in the central part of the Laptev Sea (Russian Arctic) [Text] / V. Bogoyavlensky, A. Kishankov, A. Kazanin, G. Kazanin // *Marine and Petroleum Geology*, 2022. – V. 138. – P. 105527.
5. Folk, R. L. The Distinction between Grain Size and Mineral Composition in Sedimentary-Rock Nomenclature [Text] / R. L. Folk // *The Journal of Geology*, 1954. – V. 62. – P. 344–359.
6. Pavlidis, Y. A. Recent bottom sediments of the Eurasian Arctic seas. [Text] / Y. A. Pavlidis, F. A. Shcherbakov // *Transl. from Okeanol*, 2000. – V. 40(1). – P. 137–147.
7. Polyakova, I. D. Structure and petroleum potential of the Laptev Sea region [Text] / I. D. Polyakova, G. C. Borukaev // *Lithology and mineral resources*, 2017. – V. 52. – P. 278–294.
8. Ruban A. The influence of cold seepage on the grain size and geochemistry of sediments from the Laptev sea shelf [Text] / A. Ruban, T. Tesi, E. Yaroshchuk, D. Kosmach, M. Rudmin, E. Gershelis, O. Dudarev, A. Mazurov, I. Semiletov // *Marine and Petroleum Geology*, 2024. – V. 160. – P. 106638.
9. Shakhova, N. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice [Text] / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko, L. Lobkovsky, V. Yusupov, A. Salyuk, A. Salomatin, D. Chernykh, D. Kosmach, G. Panteleev, D. Nicolsky, V. Samarkin, S. Joye, A. Charkin, O. Dudarev, A. Meluzov, O. Gustafsson. – *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.*, 2015. – V. 373. – P. 20140451

**ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ
ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА Ю₃ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРЕДЕЛАХ АЛЕКСАНДРОВСКОГО СВОДА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)
Кокорев Д.И.**

Научный руководитель доцент Л.К. Кудряшова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Отложения тюменской свиты, разрабатываемые на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, представляют большой интерес для восполнения ресурсной базы региона. Проведение комплексного литолого-фациального анализа отложений тюменской свиты поможет лучше понять геологическое строение данного региона, условия накопления пород и подобрать наиболее оптимальный способ добычи углеводородов.

Целью данной работы является исследование геологического строения и определение влияния литолого-фациальных особенностей осадконакопления отложений пласта Ю₃ тюменской свиты на эффективность извлечения углеводородов.

Изучаемое месторождение расположено на территории Александровского нефтегазоносного района в пределах крупного структурного элемента – Александровского свода. Нефтеносность месторождения связана с доюрскими образованиями, отложениями тюменской, васюганской, куломзинской, тарской и вартовской свит. Тюменская свита является второй по продуктивности свитой месторождения и включает в себя нефтегазоносные горизонты Ю₂ и Ю₃.

Горизонт Ю₃ включает в себя четыре продуктивных пласта, объединенных в два объекта разработки: Ю₃¹⁺² и Ю₃³⁺⁴. Отложения продуктивных пластов представлены чередованием проницаемых прослоев с глинистыми и карбонатно-глинистыми разностями пород. Пласт Ю₃² характеризуется наибольшей песчаностью из всех пластов горизонта Ю₃. Данный пласт является основным продуктивным объектом из тюменской серии пластов. Пласт Ю₃¹ характеризуется наибольшей глинистостью и углистостью разреза, наименьшей песчаностью, сложным характером распределения песчаных линз.

Эффективные и нефтенасыщенные толщины по залежи пласта Ю₃¹⁺² изменяются от 1,2 до 34,5 м. Поскольку пласт Ю₃¹⁺² состоит из линз, водонефтяные контакты изменяются в разных частях залежи от а. о. -2259 м до -2287 м. Залежь пластовая, сводовая, литологически и тектонически экранированная. Размеры залежи составляют 6,5х4,5 км, высота 93 м. Залежь ограничена зонами замещения песчаных тел и тектоническими экранами, которые были определены по результатам интерпретации сейсмических данных и ГИС.

Формирование отложений изучаемого объекта происходило в период батского века – в это время Западно-Сибирская геосинеклиза продолжала испытывать прогибание, начавшееся в начале юрской эпохи. В процесс аккумуляции была вовлечена большая ее часть. Выравнивание рельефа привело к формированию в пределах

низменных аккумулятивных равнин, к которым в то время относилась территория изучаемого месторождения, аллювиальных систем меандрирующего типа.

Палеогеография территории исследования на момент формирования пласта Ю₃¹⁺² подтверждается палеоструктурным анализом, согласно которому период формирования пласта Ю₃¹⁺² характеризуется преимущественно континентальным режимом осадконакопления. Господствуют локальные источники сноса: эрозии подвергаются гипсометрически приподнятые зоны района месторождения, снос осадков происходит по склонам положительных палеоструктур с частичным отложением материала в зоны депрессий.

Отложения тюменской свиты и пласта Ю₃¹⁺² обладают высокой литолого-фациальной изменчивостью и приуроченностью коллекторов с высокими ФЕС к линзовидным песчано-алевролитовым телам, развитым в зонах русловых фаций, приуроченных к меандрирующим палеорекам озерно-аллювиальных равнин.

Меандрирующие реки равнин характеризуются низкой гидродинамикой вод и повышенным содержанием терригенного материала. Данному типу рек характерно фрагментарное развитие песчаной составляющей в разрезе и плане в виде обособленных друг от друга песчаных тел. Песчаные тела обладают извилистой и вытянутой формой. Наиболее крупные из них протягиваются с севера и северо-запада на юг и юго-восток.

В соответствии с исследованиями, которые сводились к совокупному изучению кернового материала, форм кривых ПС и морфологии песчаных тел, на территории изучаемого месторождения выделены зоны распространения песчаных русловых фаций, песчано-глинистых фаций песков разлива и песчано-глинистых фаций пойм.

По керновым данным выделены характерные признаки континентальных фаций – крупная косяя слоистость в песчаниках, подчеркнутая углистым и глинистым веществом, глинистые интракласты различной формы, приуроченные к началу циклов (врезов), в пойменных фациях широко развиты корневые системы, оползневые тектуры, тектуры деформаций и т.д.

Анализ кернового материала показал, что в изучаемых пластах можно выделить три типа коллектора: 1 тип – относительно чистые мелкозернистые песчаники; 2 тип – глинистые песчаники; 3 тип – тонкозернистые песчаники.

Фильтрационно-емкостные свойства пород в значительной степени определяются фациальными условиями, и поэтому изменяются как по площади пласта, так и по его разрезу. Используя результаты геофизических исследований скважин, можно построить карты, показывающие распределение коэффициентов пористости, проницаемости и эффективных толщин пласта. Эти карты являются важным инструментом при оценке запасов углеводородов и планировании добычи.

Коллекторские свойства пласта Ю₃¹⁺² по керновым данным имеют следующие характеристики. Открытая пористость изменяется от 10,2 до 21 %. Проницаемость варьирует в пределах 0,7-114,6·10⁻³ мкм², остаточная водонасыщенность изменяется от 30,2 до 73,3 %. Средневзвешенные значения параметров по пласту составляют: открытая пористость – 14,8 %, проницаемость – 3,6·10⁻³ мкм² и остаточная водонасыщенность – 48,3 %

Также определены коллекторские свойства по данным ГИС. Открытая пористость изменяется от 10,3 до 22,2 %. Проницаемость варьирует в пределах от 0,8·10⁻³ мкм² до 1539,2·10⁻³ мкм². Средневзвешенные значения параметров по пласту составляют: открытая пористость – 16,9 %, проницаемость – 22,6·10⁻³ мкм². По данным ГИС построены карты распределения коэффициентов пористости и проницаемости. Согласно классификации А.А. Ханина, отложения пласта Ю₃¹⁺² относятся к IV-V классам коллекторов.

Динамика изменений фильтрационных параметров может дать важную информацию о разработке месторождения. С помощью гидродинамических исследований скважин можно отследить направления фильтрации, а также определить источники обводнения и выявить гидродинамическую взаимосвязь между скважинами. Также наиболее важным является изучение направлений фильтрации воды, нагнетаемой в пласт, для определения наиболее благоприятных условий для экранирования углеводородов. Эта информация, включая данные о фациальных обстановках, позволяет оптимизировать процессы добычи и увеличить эффективность разработки месторождения.

По результатам проведения трассерных исследований было подтверждено наличие тектонического разлома, расположение которого отчетливо выделяется по реагирующим добывающим скважинам. Помимо тектонического разлома было выявлено, что от каждой из исследуемых нагнетательных скважин существует опережающий прорыв закачиваемой воды к добывающим скважинам, скорость которого варьирует от 203 м/сут до 339,8 м/сут. Опережающий прорыв происходит по каналам низкого фильтрационного сопротивления, проницаемость в которых варьирует от 10,34 до 32,30 мкм². Обводненность добывающих скважин, гидродинамически связанных с нагнетательными скважинами через каналы НФС, имеет высокие показатели вплоть до 96 % при отборах от 9 до 87 м³/сут. Высокая обводненность негативно сказывается на конечной нефтеотдаче пласта.

Литолого-фациальная неоднородность пласта Ю₃¹⁺² также оказывает влияние на распределение закачиваемой воды по интервалам перфорации. Распределение определяется по результатам проведения промыслово-геофизических исследований, а именно потокометрии. По результатам определения профиля приемистости в скважинах, работающих на пласт Ю₃¹⁺², было выяснено, что распределение закачиваемой воды происходит неравномерно по интервалам перфорации.

При этом отмечается неравномерное распределение пластового давления по площади залежи и имеются значительные его перепады от 360 атм до 160–240 атм.

Таким образом, при столь сложном геологическом строении месторождения для снижения темпов роста обводненности и увеличения конечной нефтеотдачи участка исследования рекомендуются к проведению следующие мероприятия: изменение (выравнивание) профилей приемистости нагнетательных скважин и увеличение охвата выработкой за счет применения поткоотклоняющих технологий (например, закачки гелеобразующих дисперсных составов) и изоляции заводненных интервалов.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод о том, что комплексный литолого-фациальный анализ, включающий в себя изучение палеогеографии, фациальных обстановок, определение характера распределения фильтрационно-емкостных свойств по площади и по разрезу, позволит определить эффективность текущей системы разработки, актуализировать параметры, используемые для подсчета запасов углеводородов, а также спланировать геолого-технические мероприятия для повышения нефтеотдачи.

Литература

1. Конторович, А. Э. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде [Текст] / А. Э. Конторович, С. В. Ершов, В. А. Казаненков // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55. – №5. – С. 745 – 776.
2. Никаноров, А. М. Методы нефтегазопромысловых гидрогеологических исследований [Текст] / А. М. Никаноров. – М.: Недра, 1977. – 255 с.
3. Соколовский Э. В. Индикаторные методы изучения нефтегазоносных пластов [Текст] / Э. В. Соколовский, Г. Б. Соловьев, Ю. И. Тренчиков. – М.: Недра, 1986. – 158 с.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ ПЛАСТА АС12 НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Z (ХМАО-ЮГРА)

Лобес Д.С., Игнатов А.И.

Научный руководитель, доцент Л.А. Краснощекова

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск, Россия**

Объектом исследования являются нижнемеловые отложения пласта АС12, вскрытые в разрезах скважин нефтяного месторождения Z. Месторождение в геологическом отношении имеет весьма интересное строение, что и вызывает научный интерес. Отложения представляют собой неструктурные ловушки, клиноформы, которые содержат в себе залежи углеводородов. В административном отношении месторождение Z находится в Ханты-Мансийском автономном округе в 96 км к юго-востоку от г. Ханты-Мансийск. Ближайшим разрабатываемым месторождением является Приобское. В тектоническом отношении месторождение приурочено к Ендырскому валу – структуре II порядка, расположенной в пределах Фроловской мегавпадины (структура I порядка).

Нефтегазоносность месторождения установлена в терригенных клиноформных отложениях ахской и черкашинской свит нижнего отдела меловой системы (пласты АС9-1, АС9-3а, АС9-3б, АС10-1, АС10-2, АС11-1, АС12-1, АС12-2). Терригенные отложения данных пластов представлены переслаиванием мелкозернистых алевролитов, мелко- и тонкозернистого песчаника, а также тонким переслаиванием мелкозернистого песчаника с алевитистой глиной и светло-серым алевролитом в виде отдельных прослоев либо линз. По величине извлекаемых запасов месторождение относится к крупным, по сложности геологического строения – к сложным.

Цель исследования: пересмотреть геологическое строение пласта АС12 и реализовать его в 3Д геологическом моделировании для повышения прогнозной способности модели. В задачи исследовательской работы входило изучение особенности строения клиноформ, построение фациальной модели и перераспределение фильтрационно-емкостных свойств при 3Д моделировании с учетом полученных данных, что позволит в 3Д модели заложить поисково-разведочные скважины. Для решения поставленных задач был проведен региональный стратиграфический анализ, в результате которого установлены мелководные условия осадконакопления группы пластов АС (рис. 1) и определены стратиграфические границы отложений (рис. 2).

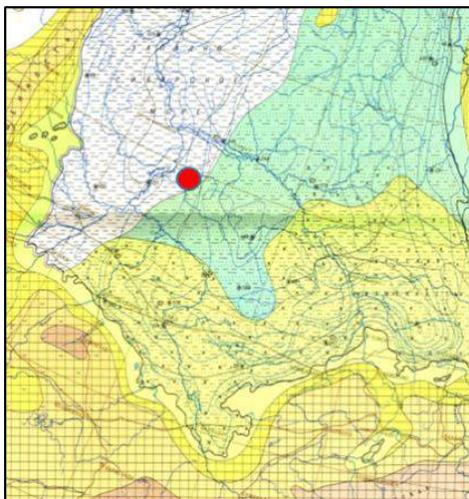


Рис. 1. Литолого-палеогеографическая карта (гостеривский век) [1]:
1 – прибрежная равнина, 2 – мелкая часть шельфа

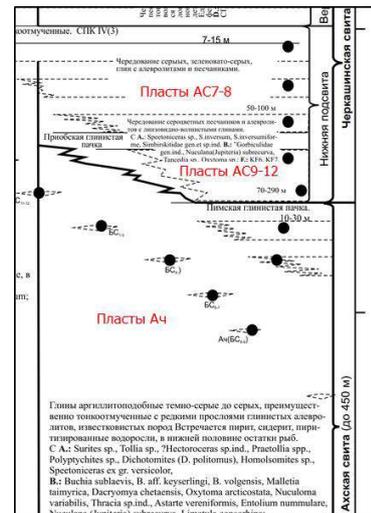


Рис. 2. Региональная стратиграфическая схема Приобско-Надымский район [3]

Согласно клиноформной модели неокома пласты группы АС занимают ундаформную (шельфовую) часть циклита, что уже нашло подтверждение на соседнем Приобском месторождении, в строении которого песчаные тела характеризуются резкой фациальной изменчивостью, линзовидным и шнурковообразным строением [2].

В ходе пересмотра данных каротажных диаграмм пласт АС12 был разделен на три гидродинамически не связанных между собой объекта: АС12-1, АС12-2, АС12-3 (рис. 3). На основе новых данных перестроена геологическая модель и выделены новые залежи углеводородов (рис. 4).

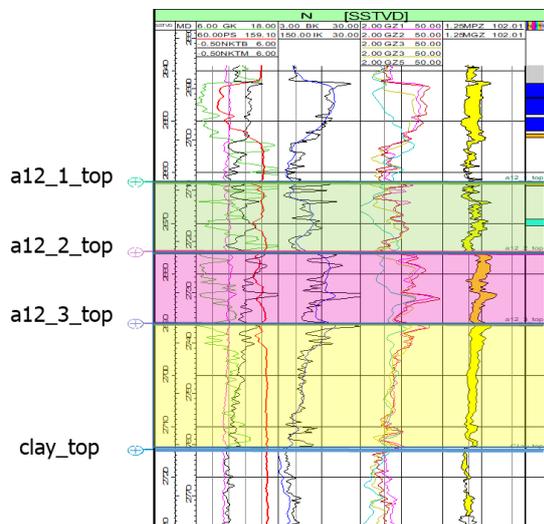


Рис. 3. Выделение новых объектов разработки

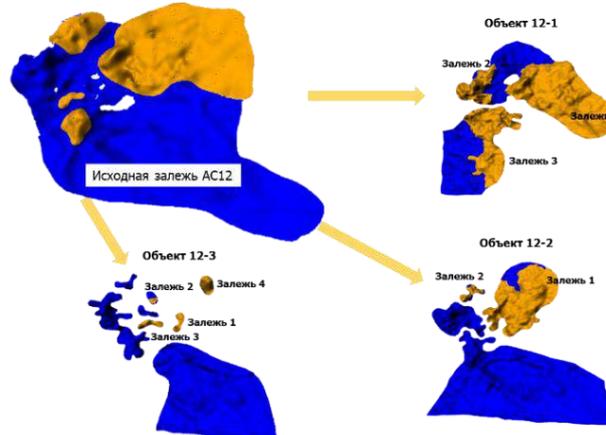


Рис. 4. Визуализация объектов в 3D геологической модели и выделения новых залежей

Таким образом, проделанная работа позволяет сделать вывод о перспективности дальнейшей разработки пласта АС12 месторождения Z. Для повышения качества и достоверности выходных данных необходимо пересмотреть исходные параметры, включая отбор и анализ керна, интерпретацию каротажа, сеймики и выделение литотипов.

Литература

1. Атлас литолого-палеогеографических карт СССР (Триасовый, юрский и меловой периоды), масштаб: 1:7500000, составлена: Министерство геологии СССР, 1966 г. / ред. В. А. Гроссгейм, К. Д. Мелехова.
2. Кос, И. М. Геолого-геофизический прогноз нефтеносности неомкомских отложений Сахалинского лицензионного участка (Западная Сибирь) [Текст] / И. М. Кос, А. А. Поляков, В. Н. Колосков, Е. Б. Беспалова // Геология нефти и газа. – 2004. – № 2. – С. 16–26.
3. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – Спб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. – Вып. 36. – 64 с.

ИСТОРИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕЙ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Морозова Е.В., Фаварисова Д.М., Сиразиева Р.М., Нургалиев Д.К.

Научный руководитель профессор В.П. Морозов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

Супергигантское Ромашкинское месторождения с момента своего открытия в 1943 г. и по настоящее время остается геологическим объектом, вызывающим широкий научный интерес. Развитие представлений о формировании скоплений углеводородов как с позиции органической, так и абиогенной теории вызывало множество дискуссий в том числе в вопросе, связанном с источником углеводородов на таком «супергиганте».

Ромашкинское месторождение площадью около 3600 км² приурочено к Южно-Татарскому своду Волго-Уральской антеклизы. Огромные размеры месторождения поставили проблему его разработки. Было принято решение разделить месторождение на 21 индивидуальный сектор. Ряды нагнетательных скважин располагались вдоль структурных понижений между куполообразными поднятиями. Для каждого сектора была разработана отдельная стратегия разработки [7].

Осадочный чехол Ромашкинского месторождения имеет мощность около 2000 м и залегает непосредственно на гнейсах и магматитах докембрийского кристаллического фундамента. Рифейские и вендские отложения отсутствуют [7]. Нефтеносными являются девонские, каменноугольные отложения. Большую известность месторождение обрело благодаря аккумулирующему интервалу терригенного девона. В центральной части месторождения нефтеносными являются все пласты Д1 (пашийские отложения), в пределах которого сверху вниз

выделяют пласты «а», «б», «в», «Г1», «Г2+3», «д», к периферии их количество уменьшается. Пласты Д0 (кыновские отложения) нефтеносны в северо- и юго-западной, западной и северных частях месторождения.

Анализ промысловых данных, выполненный в институте «ТатНИПИнефть», позволил провести комплексный анализ [11] и выявить так называемый «Татарский синдром» – пульсирующие режимы в добыче нефти. Инверсия дебита отмечалась в России (Северный Кавказ, Западная Сибирь) и за ее пределами, где изначально подсчитанные запасы нефти были превышены в процессе многолетней эксплуатации месторождения (Грузия, Азербайджан). Это подтолкнуло ученых в начале 2000-х годов провести подробное исследование, направленное на выяснение причин Татарского синдрома, и в глобальном плане найти источник, напавший Южно-Татарский свод столь огромным количеством углеводородов.

В процессе изучения и получения промысловых данных была обнаружена неоднородность свойств нефти как по площади, так и по разрезу. Отмечалось увеличение плотности нефтей, содержания серы, смол, асфальтенов уменьшение газового фактора от девонских к каменноугольным резервуарам, что авторы связывали с действием гипергенных факторов. Также наблюдалась тенденция увеличения содержания серы с запада на восток и с юга на север [7, 12]. В процессе разработки месторождения по данным Хамидуллиной Ф.Ф. происходит постоянное снижение давления насыщения, объемного коэффициента, коэффициента сжимаемости и увеличение вязкости, плотности нефти, содержания воды в нефти, серы, парафина, смол и асфальтенов в процессе разработки.

По изотопно-фракционным кривым, биомаркерному составу нефти принадлежат к сапропелевому органическому веществу. Мономодальное распределение алканов с максимумом в области C11, C13, C15, соотношение $Pt/Ph < 1$, что указывает на морские восстановительные условия формирования осадка [2, 5]. Отмечается достаточная зрелость нефтей по стерановым показателям ($aa20S/20(S+R)$) ($bb/aa+bb$), а также отличие нефтей из терригенного девона по генетическим показателям и критериям зрелости от нефтей вышележащих коллекторов [10].

По соотношениям DIA/REG и Ts/Tm нефти Ромашкинского месторождения были подразделены на 3 группы: нефти карбонатной нефтематеринской породы (верхний девон и каменноугольные отложения), нефти, генерированные глинистой породой (средний девон, живецкие, архейско-протерозойские отложения), нефти аномальных скважин – смесь углеводородов из двух указанных источников [4]. Отмечается принадлежность одновозрастных нефтей Миннибаевской и Абдрахмановской площадей к различным типам нефтей, что авторы объясняют явлениями переформирования залежи на определенных этапах тектоногенеза, так и результатом создания различных гидродинамических режимов флюидонасыщения пластов при их интенсивной разработке [1].

Авторы статьи [9] обращают внимание на то, что основные исследования проводились на основании распределения насыщенных УВ. Однако ароматические соединения могут указывать на аноксию в фотическом слое, как это было показано для северной части Южно-Татарского свода.

В нефтях отмечается повышенное содержание адиянтана ($\Gamma_{29}/\Gamma_{30}=0,91$), относительно высокое содержание этилхолестана C29. Гаммацерановый индекс ($\Gamma_{am}/\Gamma_{30}=0,22$), а также высокое содержание прегнана относительно C27 20Raaa стерана (прегнан (C_{21})/C27=0,73) являются признаком повышенной солености вод в бассейне накопления ОВ. Отношение стераны/пентациклические терпаны имеет низкое значение 0,23–0,44, что указывает на бактериальный материал в составе органического вещества.

На основании распределения насыщенных биомаркерных параметров нефти Ромашкинского месторождения нефти слабо отличаются друг от друга. Однако пробы из отложений нижнего карбона выделяются малыми значениями диа-рег- и Ts/Tm , повышенной величиной t_{22}/t_{21} , t_{23}/t_{24} . Параметры зрелости по ароматическим соединениям (дибензотиофеновый, фенантеновый индексы, соотношения между триароматическими стеранами) не коррелируют между собой, однако свидетельствуют о зрелости углеводородов. Отмечается высокое содержание свидетелей аноксии в фотическом слое, что указывает на ее продолжительность: на протяжении всего времени накопления органического вещества. Причем мощность сероводородного заражения была достаточно велика. Отличий между нефтями различных горизонтов не отмечается.

Г.Н. Гордадзе [3] в центральной части Волго-Уральской НПП выделил 2 генотипа нефтей в палеозойских отложениях (девонских, каменноугольных, пермских) Татарстана, Самарской и Оренбургской областей: наддоманиковский (среднефранско-турнейский карбонатный комплекс и во всех вышележащих каменноугольных и пермских отложениях – в глинисто-кремнисто-карбонатных породах доманикового и мендымского горизонтов среднефранского подъярусов) и поддоманиковский.

По стерановым показателям зрелости нефти живецких, доманиковых и каменноугольных отложений являются менее зрелыми относительно нефтей пашийско-кыновских горизонтов.

Исследование элементного состава нефтей позволило выделить европиевую аномалию в верхних коллекторах Ромашкинского месторождения, в девонских отложениях она появляется спорадически. По распределению металлов платиновой группы нефть относится к иридиевому типу. Также были обнаружены Ni, V, Cr, Sr, Mo, Co, Cu, Zn, Ga, Rb, Cs, Hf, Bi, U [6]. От нижнего карбона к среднему девону отмечается уменьшение V, Ni, B, Fe, находящиеся в наибольших концентрациях [1]. Повышенные концентрации металлов отмечаются в асфальтенах нефтей из доманиковых отложений Березовской площади, пашийских отложений Абдрахмановской и Миннибаевской площадей. Авторы обращают внимание на то, что такое аномальное концентрирование микроэлементов в нефтях невозможно лишь за счет сорбции из морских вод с кларковыми концентрациями металлов на начальных стадиях диагенеза, а также из пластовых вод. Вероятно, есть глубинный источник микроэлементов.

Мониторинг углеводородных и перманентных газов нефтей карбона и девона, а также их реологических свойств в течение 48 лет позволил Сидоровой Н.Н. [8] выявить тренды, характеризующие увеличение параметров миграции (iC_4/C_4 , iC_5 (изопентан+циклопентан)/C5), динамической вязкости для двух исследуемых резервуаров, плотности нефтей девона во времени. Убывающий тренд газонасыщенности отмечается в нефтях девона, содержания азота – в нефтях карбона.

Таким образом, разносторонние исследования нефтей и наличие множества слоев нефтеносности, вариации в составе углеводородов, микроэлементного состава нефти указывают на многостадийное формирование месторождения в условиях перераспределения и миграции углеводородов.

Литература

1. Галиева, А. М. Состав и распределение полициклических нафтеновых углеводородов-биомаркеров в нефтях Ромашкинского месторождения [Текст]: дисс.: ... к-та хим. Наук / Галиева Алсу Миннегаяновна. – Казань, 2008. – 158 с.
2. Галимов, Э. М. К вопросу о генезисе нефти супергигантского Ромашкинского нефтяного месторождения [Текст] / Э. М. Галимов, А. С. Немченко-Ровенская, Г. С. Коробейник, Т. Н. Немченко, О. В. Кузнецова, А.А. Пырьева // Сырьевая база и геологоразведка. – 2010. – С. 28–33.
3. Гордадзе, Г. Н. Углеводороды в нефтяной геохимии. Теория и практика [Текст]: монография / Г. Н. Гордадзе – М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, 2015. – 559 с.
4. Каюкова, Г. П. Органическая геохимия осадочной толщи и фундамента территории Татарстана [Текст]: монография / Г. П. Каюкова, Г. В. Романов, Р. Г. Лукьянова, Н. С. Шарипова. – Казань: Изд-во ГЕОС, 2009. – 419 с.
5. Каюкова, Г. П. Геохимические аспекты исследования процесса восполнения нефтяных залежей [Текст] / Г. П. Каюкова, Г. В. Романов, И. Н. Плотникова // Георесурсы. – 2012. – Т. 47. – №5. – С. 37–40.
6. Маслов, А. В. Распределение редких и рассеянных элементов в сырых нефтях ряда месторождений Западно-Сибирской и Волго-Уральской провинции [Текст] / А. В. Маслов, Ю. Л. Ронкин, В. Г. Изотов, К. Ш. Биглов, Л. М. Ситдикова // Литосфера. – 2015. – №3. – С. 93–113.
7. Нефтегазосность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений Ч.1 [Текст]: монография / Под ред. проф. Р. Х. Муслимова. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2007. – 316 с.
8. Сидорова, Н.Н. Естественные и техногенные преобразования нефтей Ромашкинского месторождения [Текст] / Н. Н. Сидорова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2007. – №8. – С. 65–69.
9. Смирнов, М. Б. Характеристики источников нефтей Ромашкинского месторождения по результатам изучения состава насыщенных и ароматических биомаркеров [Текст] / М.Б. Смирнов, Е.Н. Полудеткина // Геохимия. – 2018. – № 2. – С. 175–184.
10. Смирнов, М. Б. Дифференциация нефтей Татарстана по составу насыщенных биомаркеров [Текст] / М. Б. Смирнов, Н. П. Фадеева, Н. А. Ванюкова // Геохимия. – 2021. – Т. 66. – №5. – С. 436–449.
11. Усманов, С. А. Современная геодинамика Южно-Татарского свода (на примере Ромашкинского месторождения нефти) [Текст] / С. А. Усманов, Б. Р. Шарипов, И. Н. Плотникова, А. Н. Ахметов, А. Н. Делев // Известия вузов. Горный журнал. – 2013. – №1. – С. 15–21.
12. Kolodyazhny S. Yu. Structural and dynamic distribution patterns of oil fields in the central part of the Volga-Ural antecline [Text] / S. Yu Kolodyazhny, A. I. Nekrasov // Geodynamics & Tectonophysics. – 2020. – №11 (1). – P. 123 – 140. doi:10.5800/GT-2020-11-1-0467.

ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ МЕТОДОМ РАМАНОВСКОГО МИКРОЗОНДА В МИНЕРАЛАХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРО-ОСТАНИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Назарова А.А.

Научный руководитель доцент Л.А. Краснощекова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в Томской области ведется активная геологоразведка и разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, приуроченными к коллекторам кровельной части доюрского (палеозойского) фундамента. Реализация таких проектов, способствующих увеличению добычи нефти и газа в регионе и обеспечивающих энергетическую безопасность страны, подразумевает проведение детальных и комплексных исследований пород фундамента, позволяющих создавать достоверные геологические модели месторождений.

Объектом изучения является Северо-Останинское нефтегазоконденсатное месторождение, располагающееся на территории Томской области. На месторождении палеозойские отложения представлены отложениями ордовика, силура, девона, карбона. Наибольший интерес вызывают отложения среднего (герасимовская свита) и верхнего девона (лугинецкая свита). Хорошие коллекторские свойства карбонатных пород среднедевонской свиты отмечаются в участках их выхода на эрозионно-тектоническую поверхность фундамента. В отложениях лугинецкой свиты фиксируются признаки битумоидов, что указывает на потенциальную возможность скопления углеводородов на месторождении [3].

Фактическим материалом для исследований послужили образцы керна, петрографические шлифы и дуполированные пластины, полученные из карбонатных пород-коллекторов позднедевонского возраста пласта М1 кровельной части фундамента.

Изучение керна и шлифов девонских отложений месторождения позволило установить основные разновидности пород, слагающие изучаемый разрез. Отмечены все лидирующие типы пород, начиная от известняков, доломитизированных известняков и заканчивая доломитами.

Известняки органогенно-оолитовые и пизолитовые сложены преимущественно пелитоморфным кальцитом с образованием удлинено-овальных, округлых и вытянутых форменных выделений. В интервалах частично доломитизированных известняков еще сохраняются участки реликтовых первичных структурно-текстурных характеристик протолитов. Тонкозернистый агрегат доломита в таких образцах совместно с кальцитом образует

форменные элементы матрицы пород, а также формирует разнонаправленные кристаллы, близкие к ромбоэдрической форме, часто отмечается по периферии пустотного пространства в виде инкрустированных индивидов. В основной массе пород промежутки между кристаллами ромбоэдров доломита заполнены перекристаллизованным крупнокристаллическим кальцитом, в котором фрагментарно проявлены четкие линии спайности.

Последняя стадия вторичных постседиментационных преобразований изучаемых карбонатных пород представляет собой практически доломит метасоматического замещения по известняку, в котором первичный кальцит растворен с последующим развитием доломита. Часто в шлифах наблюдаются реликтовые теневые рисунки первичного вещества, в доломитах фиксируется зональность нарастания ромбоэдрических кристаллов. Такие породы обладают повышенными коллекторскими свойствами за счет пустотного пространства, приуроченного к участкам между кристаллическими ромбоэдрами доломита.

В целом, в породах разреза проявлена разнонаправленная трещиноватость, залеченная, в основном, вторичными карбонатами, иногда с примесью битуминозного, глинистого и рудного вещества; отмечаются микрокаверны, каверны и поры выщелачивания.

По результатам работ [1] установлено площадное распространение доломитов, связанное с кровельной частью органогенной постройки, выведенной на эрозионную поверхность. Поскольку эволюция пористости контролируется разницей в скоростях между растворением и осаждением [5], соответственно, растворение остаточного кальцита является наиболее вероятной причиной формирования пористости доломитов на поздних стадиях доломитизации [6, 7]. Ранее на месторождении выделены четыре генерации доломита, последняя из которых и составляет основную массу вторичных доломитов и в которой обнаружены газовой-жидкие включения (ГЖВ) [4].

«Газово-жидкое включение – герметически изолированное в минерале пространство, заполненное при комнатной температуре либо только жидкостью, либо только газом или жидкостью и газом в различных объемных соотношениях и нередко с твердой фазой в виде разных по составу минералов» [2].

Изучение ГЖВ проводилось методом комбинационного рассеяния, представляет собой неразрушающий метод оптической колебательной спектроскопии, который позволяет точно анализировать углеводородные жидкостные и газовые включения, а также твердые включения в том числе.

Исследование проводилось на дисперсионном конфокальном микроскопе комбинационного рассеяния (КР) Thermo Fisher Scientific DXR2 диодным лазером с длиной волны возбуждения 785 нм. Указанная длина волны фиксирует наилучшее соотношение между уменьшением флуоресценции и спектральным разрешением. Спектральный диапазон КР-микроскопа варьирует в пределах 50–3360 см⁻¹, частота 50Гц±1, мощность лазера соответствовала 10–15 мВ. Диаметр лазерного пятна в фокальной плоскости не превышает 2 мкм при увеличении объективов 50 и 100.

Двуполированные пластины для изучения ГЖВ изготавливались из фрагментов и сколов керна доломитов или доломитизированных известняков и участков пород с трещинами и пустотами, выполненными кальцитом.

Включения в кальците и доломите встречаются как однофазные, так и многофазные. Это могут быть газовые, газовой-жидкие включения и включения с водно-углеводородными выделениями. ГЖВ в породах имеют разную форму, чаще всего могут наблюдаться вытянутые, прямоугольно-овальные выделения, либо близкие к субизометричным, округлые, неправильные. Размеры включений, пригодных для измерения, варьируют в пределах от 3–5 до 10 мкм; примерно 15–30 % объема занимает газовая фаза (рис.). Могут фиксироваться и мелкие флюидные выделения, располагающиеся примерно по одной линии, в этом случае идет расщуривание одного вытянутого выделения с фрагментацией на отдельные мелкие фрагменты.

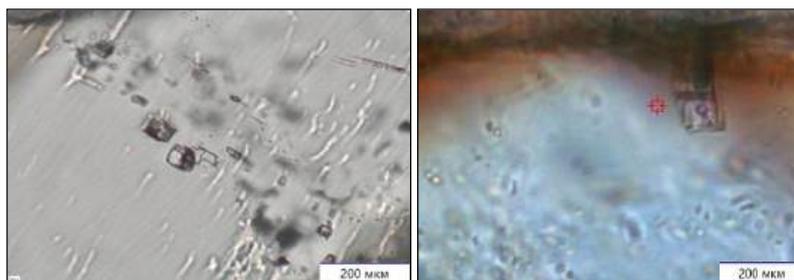


Рис. Газово-жидкие включения в кристаллах доломита

Петрографические наблюдения в двуполированных пластинах позволили установить многочисленные ГЖВ в доломите, распределенных вдоль линий роста границы минерала, и мелкие включения в кальците, выполняющих трещины, поры и микрокаверны в карбонатных породах. В кальците включения часто распределяются по линиям двойникования или спайности минерала. Как и в доломитах, данные включения могут считаться первичными для перекристаллизованного доломита и вновь образованного кальцита, но являются вторичными по отношению к протолиту, изменяемому в результате различных процессов диагенеза и метасоматоза.

Для определения газовой и жидкой фазы снимался спектр комбинационного рассеяния (КР-спектр) минерала-хозяина (доломит или кальцит), жидкой фазы без пузырька и газовой фазы в пузырьке.

Полученные КР-спектры четко фиксировали доломит, с характерными основными пиками 725, 1097 и 1443 см⁻¹ и сетевыми видами в 299 и 176 см⁻¹, или кальцит с пиками 712, 1085 и 1450 см⁻¹ и сетевыми 156 и 284 см⁻¹.

Типичные КР-спектры газовой фазы для различных образцов показывают очень слабую структурную организацию углеродистого материала и типичны для незрелого органического вещества. Разложение спектров

(деконволюция) с выделением отдельных пиков позволило установить вещественный состав углеводородов в ГЖВ. Отмечены колебания $C_{aromatic}-C_{alkyl}$; C–C в ароматических кольцах, соединения типа C=C и типа C=O. Помимо указанных фаз в газовом пузыре в спектрах выделяется пик N_2 и CO_2 .

Наличие этих веществ в газовой-жидких включениях указывает на влияние флюида, из которых шло формирование и доломита, и кальцита, содержащих углеводородные компоненты, поскольку именно последние фиксировались в газовой фазе пузырька. Данный факт следует учитывать при установлении стадийности и определения времени генерации и миграции нефти в контексте диагенетической и тектонической истории территории. Однако необходимы дополнительные исследования, позволяющие накопить аналитический материал и базу данных ГЖВ в осадочных карбонатных образованиях нефтяных месторождений. Отметим и тот факт, что в зарубежной литературе имеется большое количество публикаций, в которых приводятся результаты использования КР-метода применительно к изучению ГЖВ в отложениях месторождений углеводородов, отечественные публикации, касающиеся определения таких включений в осадочных образованиях пока достаточно редки.

Литература

1. Ежова, А. В. Геологическая модель строения палеозойского фундамента Северо-Останинского нефтяного месторождения (Томская область) [Текст] / А. В. Ежова, В. П. Меркулов, В. А. Чеканцев // Горный журнал. Специальный выпуск. – Томск, 2012. – С. 35–38.
2. Кормушин, В. А. Метод гомогенизации газовой-жидких включений в минералах [Текст] / В. А. Кормушин. – Алма-Ата: Наука, 1982. – 72 с.
3. Краснов, В. И. Новые данные по литостратиграфии палеозойских отложений юго-востока Западно-Сибирской плиты [Текст] / В. И. Краснов, Г. Д. Исаев, В. И. Саев // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1988. – С. 9–13.
4. Краснощёкова, Л. А. Условия образования вторичных доломитов в палеозойских карбонатных коллекторах Северо-Останинского месторождения (Западная Сибирь) по данным микрокриотермометрии [Текст] / Л. А. Краснощёкова, А. С. Гарсия Бальса, В. Б. Белозеров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2020. – Т. 331. – № 8. – С. 208–219. – Режим доступа: DOI 10.18799/24131830/2020/8/2782.
5. Landes, K. K., Porosity through dolomitization [Text] / K. K. Landes // Am. Assoc. Pet. Geol. – 1946. – Bull. 30. – P. 305–318.
6. Machel, H. G. Recrystallization versus neomorphism, and the concept of «significant recrystallization» in dolomite research [Text] / H. G. Machel // Sedimentary Geology. – 1997. – V. 113(3-4). – P. 161–168. DOI:10.1016/s0037-0738(97)00078-x
7. Wendte, J. Origin of molds in dolostones formed by the dissolution of calcitic grains: evidence from the Swan Hills Formation in west-central Alberta and other Devonian formations in Alberta and northeastern British Columbia [Text] / J. Wendte // Bull. Can. Pet. Geol. – 2006. – V. 54. – P. 91–109.

ТЯЖЕЛЫЕ МИНЕРАЛЫ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ Нурахметов А.Е.

Научный руководитель доцент А.С. Рубан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Минералогический состав донных осадков содержит в себе уникальную информацию, позволяющую оценивать направленность осадочных и раннедиагенетических процессов как в современных, так и в древних седиментационных бассейнах. Он считается одним из важнейших индикаторов, указывающих на положение источников осадочного материала, состав материнских пород, геоструктурное положение бассейнов, направление транспортировки терригенного вещества.

Кроме того, исследование минералогической специфики донных осадков древних осадочных бассейнов позволяет проводить реконструкцию климатических и гидродинамических условий [1].

Море Лаптевых – эпиконтинентальное море, ограниченное с запада восточными берегами полуострова Таймыр и архипелага Северная Земля, а с востока – западными берегами Новосибирских островов. Северная граница акватории проходит по $81,3^\circ$ северной широты.

Площадь моря оценивается в 673000 км^2 , а максимальная глубина достигает 3385 м в котловине Нансена. Около 70% площади моря представлено шельфом с глубиной менее 100 м , ниже которой начинается континентальный склон. Гидрологические условия и географическое положение моря Лаптевых, которые отличают его от соседних морей и Северного Ледовитого океана, позволяют отнести его к типу континентальных окраинных морей. Море Лаптевых принимает речной сток таких крупных Сибирских рек, как Лена, Хатанга, Яна и др., что является одной из важнейших особенностей непосредственно влияющих на специфику осадочных процессов.

Берега моря Лаптевых довольно сильно изрезаны, что объясняется наличием многочисленных полуостровов, мысов, заливов и бухт различной площади. Значительно расчленены восточные берега островов Северной Земли и Таймырского полуострова. К востоку от него береговая черта образует несколько крупных заливов (Хатангский, Анабарский, Оленекский, Янский), бухт (Кожевникова, Нордвик, Тикси), губ (Буор-Хая, Ванькина) и полуостровов (Хара-Тумус, Нордвик).

Западное побережье Новосибирских островов изрезано значительно меньше. Ландшафты берегов моря довольно разнообразны. Местами к воде подходят невысокие горы, местами они отступают в глубь суши. Большая часть побережья низменна. Различное по рельефу и строению побережье моря на разных участках относится к различным морфологическим типам берегов.

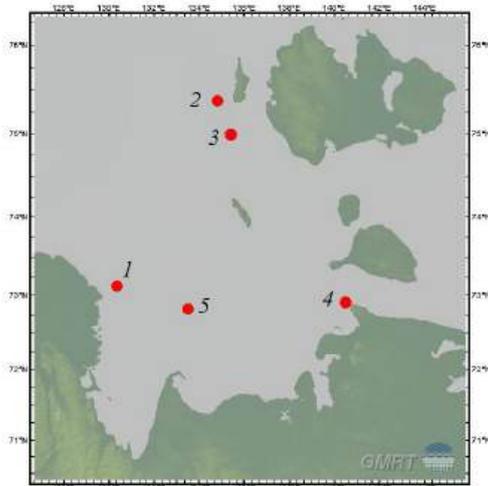


Рис. Расположение станций в юго-восточной части моря Лаптевых

В основном – это абразивные и аккумулятивные формы, но местами встречаются и ледяные берега [2].

Ключевой особенностью окружающих море Лаптевых берегов является их строение, выраженное в развитии ледового комплекса, подверженного в настоящее время активному разрушению под действием термоабразивных процессов.

Основным материалом для данной работы послужили пробы донных осадков восточной части моря Лаптевых, отобранные в научных экспедициях со станций 1, 2, 3, 4, 5 (рис.).

Пробы, отобранные в данном море, приурочены к областям реки Лена (станция 1), между дельтой реки Лена и устьем реки Яна (станция 5), восточной акватории вблизи Новосибирских островов (станция 2, 3) и проливу Дмитрия Лаптева (станция 4).

В результате проведения минералогического анализа (табл.), мы видим, что в области дельты реки Лена (станция 1) наблюдается повышенное содержание эпидота, диопсида, актинолита, в меньшем количестве обнаружены циркон и ильменит.

На станциях пробоотбора вблизи Новосибирских островов (станция 2, 3) обнаружено высокое содержание апатита, ильменита, магнетита, в меньшей мере циркон, эпидот, актинолит, диопсид.

Таблица

Результаты минералогического исследования

Минерал	Номер станции				
	1	2	3	4	5
	Содержание, %				
Магнетит	9,3	6,6	17,8	10,1	0,7
Циркон	1,6	2,9	1,3	4,8	7,7
Апатит	16,0	37,7	19,1	23,9	21,3
Ильменит	7,3	29,2	46,9	23	25,5
Гранат	3,3	2,0	0,9	2,2	6,7
Слюды	11,2	3,1	2,0	9,4	3,0
Эпидот	16,9	2,9	1,2	3,8	14,2
Диопсид	16,0	4,7	2,7	8,5	8,0
Актинолит	12,4	6,0	3,7	6,8	4,7
Гидроокислы железа	1,9	2,2	2,0	1,1	3,2
Рутил	2,5	2,5	0,9	2,9	4,9

На станциях, приуроченных к реке Яна и проливу Дмитрия Лаптева (станции 5, 6), было обнаружено наибольшее содержание рутила, и циркона. Этот факт может косвенно свидетельствовать о том, что в данную область поступает осадочный материал, формирующийся в результате разрушения берегового ледового комплекса.

Из всего выше перечисленного, мы можем сделать вывод, что донные осадки юго-восточной части моря Лаптевых представлены смешанным обломочным материалом. Основными источниками материала являются реки Лена, Яна, которые приносили материал из внутренних частей континента и участвовали в разрушении прибрежных участков. Также значительный вклад внесла эрозия берегового ледового комплекса, которым сложены Новосибирские острова и побережье Евразии.

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

Литература

1. Николаева, Н. А. Особенности минерального состава осадков шельфа восточной части моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря [Текст] / Н. А. Николаева, А. Н. Деркачев, О. В. Дударев // Океанология. – 2013. – Т. 53. – № 4. – С. 529 – 538.
2. Добровольский, А. Д. Моря СССР [Текст] / А. Д. Добровольский, Б. С. Залогин, – М.: изд-во МГУ, 1982. – С. 89 – 90.

**УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ УГЛЕВОДОРОДОВ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН)**

О-Делик Н.Т.

Научный руководитель доцент Л.К. Кудряшова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Неотъемлемой частью процесса проектирования разработки нефтяных и газовых месторождений является построение их геолого-гидродинамической модели, которая позволяет получить максимально точную информацию о структуре и свойствах коллектора, а также оценить потенциальные риски и возможности для эффективного извлечения углеводородов. Тем не менее, при ее создании существует вероятность недоучета сложности геологического строения и неоднородности фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов, что может в дальнейшем негативно сказаться на прогнозных технологических и экономических показателях разработки месторождения. В связи с этим важное значение приобретает процесс уточнения строения месторождения в процессе разработки с привлечением как промысловых, так и лабораторных данных.

В настоящее время наряду с геофизическими, петрофизическими, гидродинамическими и другими методами исследования пластов широко используются трассерные (индикаторные) методы. Одним из видов трассерных исследований является метод IWTG (Inter-Well Tracer Test), основанный на закачке трассеров (меченых индикаторами жидкостей) в исследуемые пласты через нагнетательные скважины и дальнейшей их регистрации в соседних эксплуатационных (реагирующих) скважинах. Основным преимуществом метода является возможность охарактеризовать свойства пласта в межскважинном пространстве [3, 4].

Целью работы является уточнение геолого-гидродинамической модели залежи углеводородов по результатам геологической интерпретации данных трассерных исследований.

Объектами изучения являются продуктивные горизонты М-II-1 и М-II-3 неокомского возраста месторождений X и Y, расположенных на территории Республики Казахстан.

В тектоническом отношении оба месторождения расположены в прогибе Арысском Южно-Торгайской впадины (Туранская плита); в нефтегазогеологическом – в Южно-Торгайской нефтегазоносной области, находящейся в северо-западной части Центрально-Казахстанской нефтегазоносной провинции. Разрез месторождений слагают породы фундамента палеозойского возраста и отложения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. Промышленная нефтегазоносность связана с меловыми и юрскими отложениями.

В литолого-стратиграфическом отношении горизонты М-II-1 и М-II-3 приурочены к арысскому стратиграфическому горизонту (K1nc1ag), сложенному в верхней части алевролитистыми глинами, в нижней части – переслаиванием глин, алевролитов, средне-мелкозернистых песчаников и гравелитов.

Горизонты М-II-1 и М-II-3 характеризуются крайне неравномерным распространением пород-коллекторов по площади и по разрезу, что приводит к анизотропии фильтрационно-ёмкостных параметров. В связи с этим оценить характеристики пластов в межскважинном пространстве затруднительно.

Трассерные исследования на месторождениях X и Y проводятся почти ежегодно в течение последних десяти лет. В настоящей работе проанализируем результаты исследований 2017, 2021 и 2023 гг.

На месторождении X трассерные исследования на горизонт М-II-1 проводились в 2021 г. и переинтерпретировались [2, 1] в 2023 г. в связи с поступлением новых данных. По результатам 2021 г. выход индикатора, закачанного в скважину №1X, был получен только по трем из 13 выбранных реагирующих скважин в ближайшем окружении.

Выход индикатора, согласно имеющейся на тот момент литолого-фациальной карте, был получен только в скважинах, расположенных в зоне распространения русловых песчаников, обладающих, как правило, лучшими ФЕС (рис. 1, А). Следовательно, был сделан вывод, что фильтрация меченой жидкости происходила вдоль оси простирания речных палеорусел и береговых валов. Однако выход индикатора по скважине №8, расположенной в области распространения глин, не укладывался в рамки предложенной теории, в связи с чем было предложено уточнить геологическое строение пласта в районе этой скважины.

В 2023 г. была получена новая уточненная литолого-фациальная карта, согласно которой скважина №8 расположена уже в зоне распространения песчаников, что вполне объясняет выход по ней индикатора, а по направлению к скважине №4 выявлены новые разломы, которые, вероятнее всего, и являются каналами низкого фильтрационного сопротивления, по которым происходила фильтрация меченой жидкости к скважинам (рис. 1, Б).

На месторождении Y трассерные исследования на горизонт М-II-3 проводились в 2017 и в 2023 гг. По результатам 2021 года выход индикатора был получен почти со всех реагирующих скважин на участке исследования (рис. 2, А). При геологической интерпретации на основе структурной карты с учетом времени выхода индикатора и характера кривой выноса были определены основные траектории движения трассера (рис. 2, А). Было установлено, что основная масса индикатора фильтруется вдоль крупного тектонического нарушения к юго-востоку от нагнетательной скважины №1Y. Кроме того, была также зафиксирована связь с удаленными скважинами на северо-западе (скв. №1–4) и юго-востоке (скв. №12 и 16), которые приурочены к другим залежам со своими отметками ВНК. Наличие гидродинамической связи между залежами приводит к ряду негативных факторов при разработке объекта, поэтому в результате исследования было рекомендовано проведение геолого-технических мероприятий по перераспределению фильтрационных потоков.

В период с 2017 по 2022 гг. на участке исследования проводилась закачка полимерного раствора с целью выравнивания фронта заводнения. Повторно трассерные исследования проводились в 2023 г., по результатам которого выход индикатора был установлен лишь по 4 ближайшим скважинам (скв. №4, 5, 9 и 10).

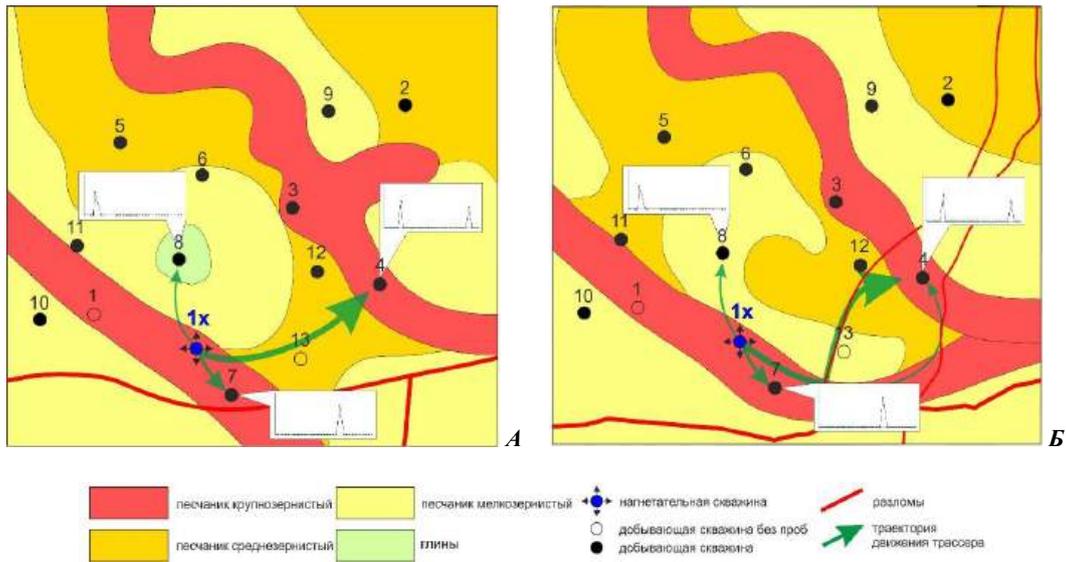


Рис. 1. Схема трассирования фильтрационных потоков по каналам НФС на месторождении X по литолого-фациальной карте 2021 года (А) и 2023 года (Б)

Трассирование меченой жидкости по структурной карте показало, что большинство ранее выявленных каналов НФС вдоль разломов закрыты, гидродинамическая связь с южной залежью не установлена (рис. 2, Б).

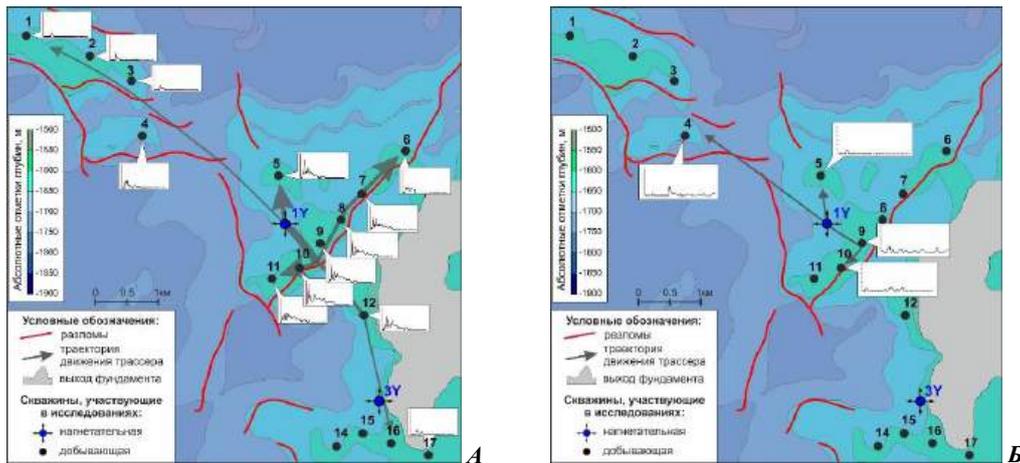


Рис. 2. Схема трассирования фильтрационных потоков по каналам НФС на месторождении Y по структурной карте в 2017 году (А) и 2023 году (Б)

Месторождения X и Y находятся на последней стадии разработки и характеризуются стабильным снижением уровня отбора нефти. Извлекаемые запасы нефти выработаны более чем на 80 %. Разработка объектов осуществляется с системой ППД, которая ведет к интенсивному увеличению обводненности ряда скважин вследствие фильтрационно-ёмкостной неоднородности пласта.

Таким образом, для снижения степени неопределенности свойств продуктивного пласта в межскважинном пространстве и, следовательно, оптимизации схемы разработки необходимо проводить трассерные исследования на постоянной основе с детальным анализом результатов исследований прошлых лет. Сравнение результатов позволяет отследить изменения фильтрационных потоков в пласте при проведении геолого-технических мероприятий, осуществить полный контроль над системой заводнения, а также уточнить геолого-гидродинамическую модель месторождения и подобрать наиболее оптимальный способ разработки.

Литература

1. Методические рекомендации по количественной интерпретации данных индикаторных исследований межскважинного пространства нефтяных месторождений / науч. ред. М. С. Хозяинов. – М: ВНИИ Геоинформсистем, 1988. – 37 с.
2. Методическое руководство по технике проведения индикаторных исследований и интерпретации их результатов для регулирования и контроля заводнения нефтяных залежей. РД 39-014 7428-89. / под ред. Соколовского Э.В. и др. – Грозный: СевКавНИПИнефть, 1989. – 79 с.

3. Соколовский, Э. В. Индикаторные методы изучения нефтегазоносных пластов / Э. В. Соколовский, Г. Б. Соловьев, Ю. И. Тренчиков. – М.: Недра, 1986. – 157 с.
4. Чернокожев, Д. А. Совершенствование технологии индикаторных исследований для оценки фильтрационной неоднородности межскважинного пространства нефтяных пластов [Текст]: дис...канд. техн. наук / Чернокожев Дмитрий Александрович. – Дубна, 2008. – 141 с.

ПЕРВЫЕ НАХОДКИ ВЕНДСКИХ МАКРОФОССИЛИЙ В ВЕРХНЕМ ДОКЕМБРИИ СРЕДНЕГО ТИМАНА

Паньков В.Н.

Научный руководитель А.В. Колесников

Геологический институт Российской Академии наук, г. Москва, Россия

Верхний докембрий Среднего Тимана на возвышенности Четласский камень (Архангельская обл. и Респ. Коми) расчленен на четласскую и быстринскую серии [3]. Сводный разрез четласской серии представлен светлинской, новобобровской и визингской свитами, в свою очередь, эта серия несогласно перекрыта быстринской, расчлененной на усть-палегскую (аньюгскую, джежимскую), ворыквинскую, павьюгскую и паунскую свиты. Длительное время возраст и стратиграфическое положение данных свит вызывали дискуссии.

По мнению В.Г. Оловянишникова, песчаники и алевролиты усть-палегской и визингской свит, как и доломиты павьюгской свиты, представляют наиболее древние части разреза, которые относятся к верхнему рифею, а джежимская свита, в свою очередь, является аналогом аньюгской свитой венда [3]. В легенде второго издания Тиманской серии листов ГКК-200 РФ все вышеперечисленные свиты расположены в основании разреза и отнесены к верхнему рифею.

По результатам U-Pb датирования обломочных цирконов из песчаников четласской серии было выявлено сходное распределение возрастов обломочных цирконов [2], что указывает на единый источник сноса кластического материала, которым выступал Балтийский щит [1, 4]. Брусницына и др. в то же время определили, что возраст четласской серии соответствует временному интервалу 1096-1125 млн лет, что соответствует среднему рифею [2].

В июне 2023 года при участии автора были проведены полевые исследования отложений верхнего докембрия Среднего Тимана в бассейне р. Мезенская Пижма и ее притоков – рр. Четласс и Березовая (рис. 1).

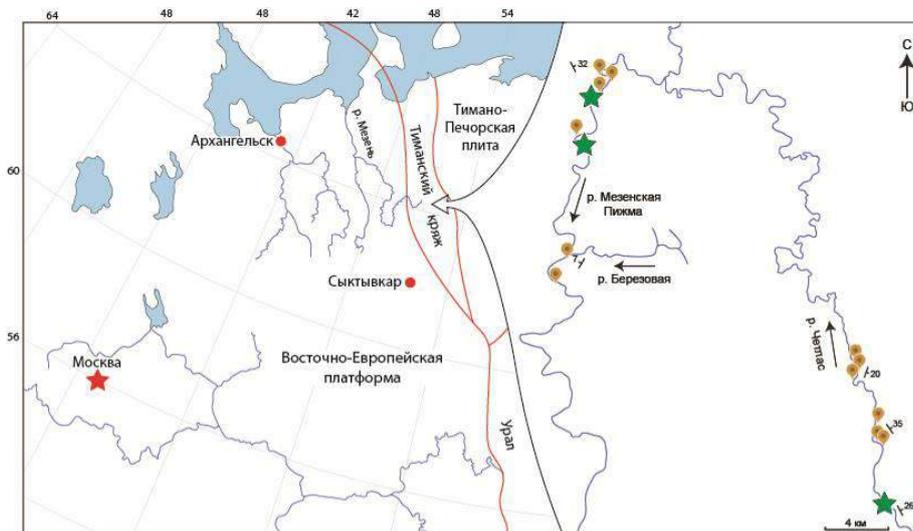


Рис. 1. Схематическая карта расположения местонахождений остатков эдиакарского типа и MISS (отмечены на карте зелеными звездами)

В ходе исследования терригенных отложений визингской и усть-палегской свит был обнаружен комплекс остатков представителей организмов эдиакарского типа, а также многочисленных макропроблематик биологической природы. Среди них можно выделить многочисленные арумбернеморфные микробиально-индуцированные осадочные текстуры (MISS) (рис. 2, а–б, г–д), а также представителей эдиакарского индекса-таксона *Palaeopascichnus* (рис. 2, в).

Первые результаты исследования морфологических особенностей ископаемых остатков показали сходство таксономического разнообразия «четласской» биоты Среднего Тимана с «чернокаменной» и «басинской» биотами Среднего и Южного Урала, соответственно.

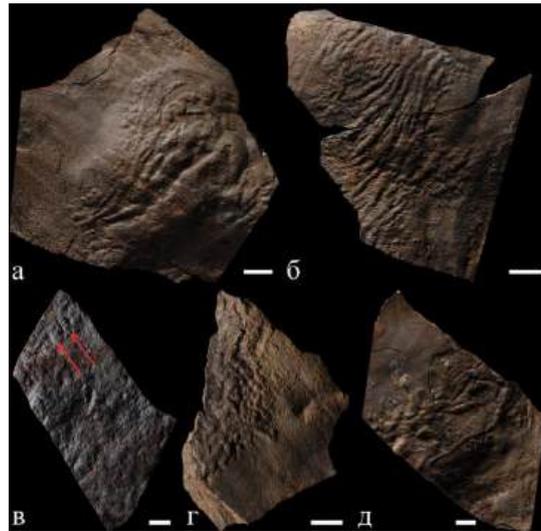


Рис. 2. Представители организмов эдиакарского типа из усть-палегской свиты рр. Мезенская Пижда и Четласс, возвышенность Четласский камень. а, б, д – Arumberia; в – Palaeopascichnus (показаны стрелочками); з – Rameshia [5]. Длина масштабной линейки 1 см

До настоящего времени возраст отложений позднего докембрия Среднего Тимана имел сугубо оценочный характер. В свою очередь отсутствие прямых датировок вулканогенных цирконов также не позволяло уверенно коррелировать данные разрезы с сопредельными регионами.

Таким образом, обнаружение первых достоверных находок представителей организмов эдиакарского типа в визингской и усть-палегской свитах не только указывает на вендский возраст позднего докембрия Среднего Тимана, но и также позволяет уверенно коррелировать данные разрезы с другими региональными структурами Восточно-Европейской платформы.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 21-77-10106.

Литература

1. Андреичев, В. Л. U-Pb возраст и источники сноса обломочных цирконов из верхнедокембрийских отложений Северного Тимана [Текст] / В. Л. Андреичев, А. А. Соболева, Дж Герелс // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2014. – Т. 22. – № 2. – С. 32–45.
2. Брусницына, Е. А. Результаты исследований U-Pb-изотопного возраста обломочных цирконов из средне-верхнерифейских отложений Четласского Камня (Тиманской гряды). [Текст] / Е. А. Брусницына, В. Б. Ершова, А. К. Худoley, Т. Андерсен // Проблемы тектоники и геодинамики земной коры и мантии. – М.: ГИН РАН, 2018. – Т. 2. – С. 384–387.
3. Оловянишников, В. Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин [Текст] / В. Г. Оловянишников. – Екатеринбург, 1998. – 163 с.
4. Удоратина, О. В. Возраст метапесчаников верхнедокембрийской четласской серии Среднего Тимана на основании U-Pb датирования детритных цирконов [Текст] / О. В. Удоратина, И. Н. Бурцев, Н. Ю. Никулова, В. Б. Хубанов // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. – 2017. – Т. 92. – Вып. 5. – С. 15–32.
5. S. Kumar, S.K. Pandey Arumberia and associated fossils from the Neoproterozoic Maihar sandstone, Vindian supergroup, Central India [Text] // Journal of the Palaeontological Society of India. – June 2008. – № 53 (1). – P. 83–97.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АСПИДЕЛЛОМОРФ ИЗ ВЕРХНЕГО ВЕНДА СРЕДНЕГО УРАЛА Панькова В.А.

Научный руководитель А.В. Колесников
Геологический институт Российской Академии наук, г. Москва, Россия

В настоящей работе представлены результаты исследования вендских ископаемых остатков органов прикрепления (аспиделломорф) эдиакарского типа из местонахождений в бассейнах среднего течения р. Косьювы – Широковское водохранилище – (Пермский край) и р. Сылвицы (Свердловская обл.) (рис. 1).

В стратиграфическом смысле палеонтологические остатки приурочены к вилухинской и синемакской подсвитам чернокаменской свиты верхнего венда Среднего Урала, чей временной интервал осадконакопления соответствует ~ 570–563 млн лет [1, 2].

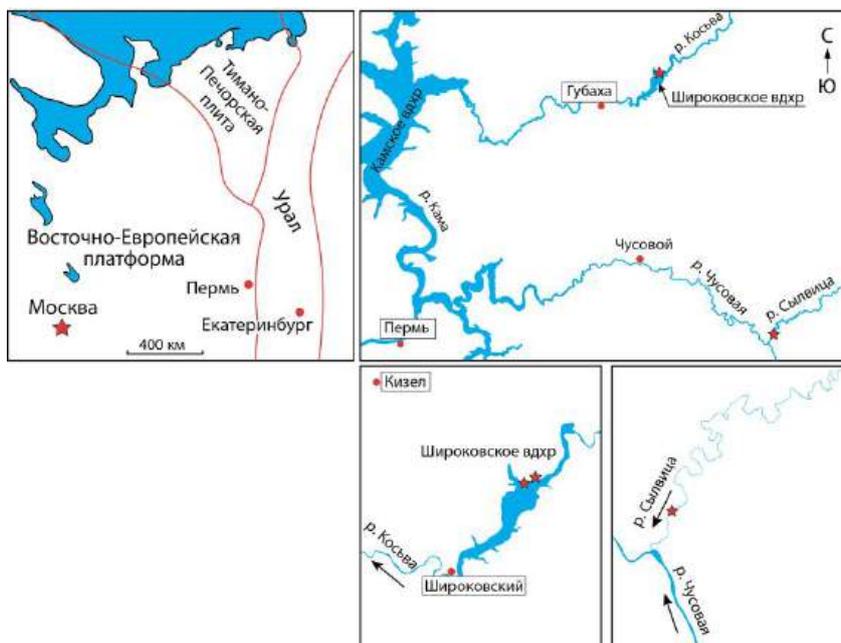


Рис. 1. Места проведения работ – Широковское водохранилище (Пермский край), р. Сылвица (Свердловская область). Места отбора образцов отмечены красной звездой

Результаты сравнительного анализа морфологии дисковидных остатков с идентичными из других регионов (Южная Австралия, Южная Америка, Ньюфаундленд, Намибия, Белое море) [3, 4, 5, 6, 7, 8] показали, что распределение размеров на диаграммах является нормальным и смещенным влево (рис. 2).

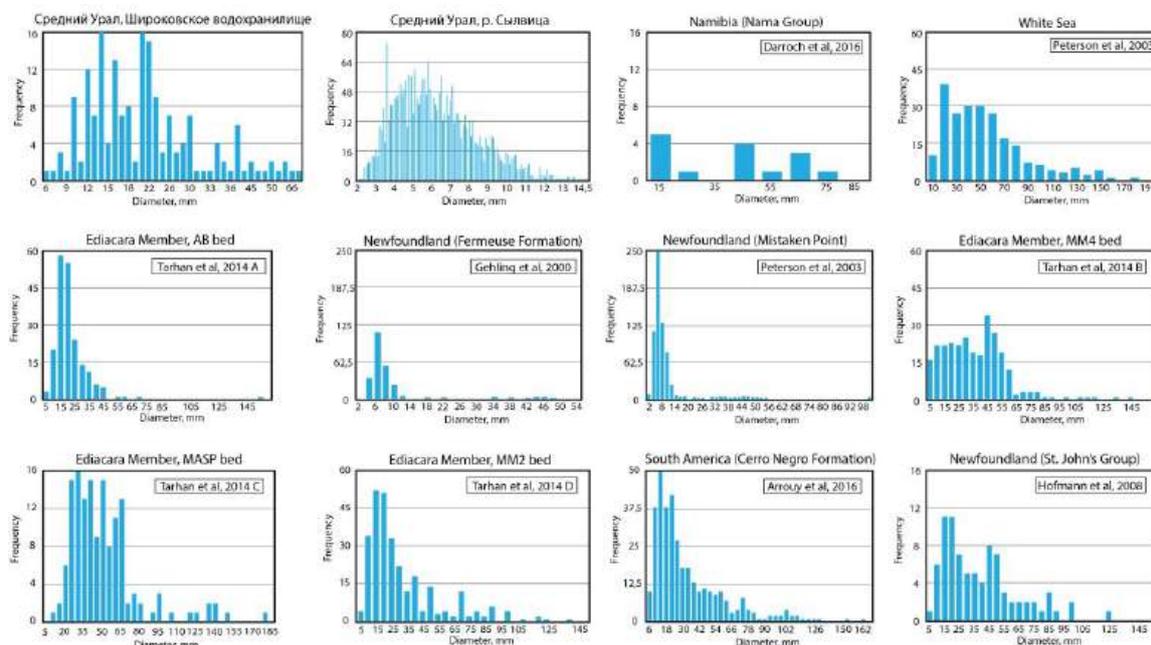


Рис. 2. Распределения размеров, полученные по данным из местонахождений на Среднем Урале (Широковское водохранилище и р. Сылвица), а также из других регионов (Южная Австралия, Южная Америка, Ньюфаундленд, Намибия, Белое море)

В данном случае допускается, что чем больше диаметр органа прикрепления, тем он старше. Для определения нормальности распределения размеров в выборках были посчитаны критерии Колмогорова-Смирнова, Харке-Бера, Шапиро-Уилка и построен график квантиль-квантиль, по которому можно наглядно продемонстрировать, является ли распределение нормальным или нет, какие в нем присутствуют отклонения и является ли распределение смещенным влево или вправо. Были проанализированы дисперсии распределения размеров в выборках (литературные данные сравнивались с собственными).

Для определения статистической значимости различий средних величин был использован критерий Стьюдента. Он может применяться как для независимых выборок, так и для зависимых. Размеры аспиделл из разных местонахождений образуют независимые выборки. Для проведения теста Стьюдента необходимо выполнение двух условий: нормальность распределения и равенство дисперсий. Если эти условия не выполняются, то вместо теста Стьюдента используют его модификацию – тест Уэлча для неравных дисперсий.

По результатам проведенных тестов Стьюдента и Уэлча можно сделать вывод о том, что все выборки, кроме ньюфаундлендских (Fermuse Formation), статистически значимы. Статистическая значимость – оценка того, происходит ли событие в результате случайности. Если результат статистически значим, это означает, что его получение вследствие случайных событий или флуктуаций маловероятно. Т.е. такие распределения размеров теоретически не возникли случайно.

Анализ площадного распределения показал, что в условиях крайнего мелководья с признаками периодических осушений (приливно-отливная равнина) аспиделлы формируют изолированную агрегированную популяцию, где к крупным (взрослым) особям тяготеют более мелкие (ювенильные). Данная популяция формируется на поверхности напластования своеобразный очаг, в отличие от дикинсониеморфных организмов, для которых характерна “мозаичность” и многоочаговость распространения. Программная симуляция показывает, что можно с очень большой долей вероятности предположить полное отсутствие каких-либо процессов перемещений или специфических особенностей поведения у аспиделл даже в условиях крайнего мелководья и периодического осушения бассейна.

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 21–77–10106.

Литература

1. Кузнецов, Н. Б. Результаты геохронологического и изотопно-геохимического изучения циркона из туфов сыльвицкой серии (западный склон Среднего Урала): к происхождению пепловых прослоев в вендских толщах Восточно-Европейской платформы [Текст] / Н. Б. Кузнецов, Е. А. Белоусова и др. // Доклады Академии наук. – 2017. – № 473 (3). – С. 341–345.
2. Ронкин, Ю. Л. U–Pb (SHRIMP–II)–возраст цирконов из пепловых туфов чернокаменной свиты сыльвицкой серии венда (Средний Урал) [Текст] / Ю. Л. Ронкин, Д. В. Гражданкин и др. // Доклады Академии наук. – 2006. – № 411 (3). – С. 354–359.
3. Arrouy, M. J. Ediacaran discs from South America: probable soft-bodied macrofossils unlock the paleogeography of the Clymene Ocean [Text] / M. J. Arrouy et al. // Scientific Reports. – 2016. – № 6. – P. 1–9.
4. Darroch, Simon A. F. A mixed Ediacaran-metazoan assemblage from the Zaris Sub-basin, Namibia [Text] / A. F. Darroch Simon et al. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2016. – № 459. – P. 198–208.
5. Gehling, James G. The first named ediacaran body fossil, *Aspidella terranovica* [Text] / James G. Gehling et al. // Palaeontology. – 2000. – № 43. – С. 427–456.
6. Hofmann, H. J. Ediacaran Biota on Bonavista Peninsula, Newfoundland, Canada [Text] / H. J. Hofmann, S. J. O'Brien et al. // Journal of Paleontology. – 2008. – № 82 (1). – P. 1–36.
7. Peterson, Kevin J. A Fungal Analog for Newfoundland Ediacaran Fossils? [Text] / Kevin J. Peterson., Waggoner Ben et al. // Integrative and Comparative Biology. – 2003. – № 43. – P. 127–136.
8. Tarhan, L. G. Taphonomy and Morphology of the Ediacara Form Genus *Aspidella* [Text] / L. G. Tarhan, M. L. Droser et al. // Precambrian Research. – 2014. – № 257. – P. 124–136.

ИХНОФАЦИЯ BALANOGLOSSITES В ПСКОВСКИХ СЛОЯХ (НИЖНИЙ ФРАН) В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ПСКОВ

Смирнов Д.М., Барановская М.Л.

Научный руководитель доцент М.Г. Цинкобурова

**Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, Россия**

Породы нижнефранского подъяруса в окрестностях города Пскова являются ритмичным чередованием глинисто-терригенно-карбонатных пород, сформировавшихся в условиях мелководного эпиконтинентального бассейна нормальной и повышенной солености, существовавшего в условиях тропического и субтропического климатических поясов. Формирование данной толщи связано с первой крупной трансгрессией франского века. Псковские слои саргаевского горизонта франского яруса верхнего девона сложены известняками, глинистыми известняками, доломитами [1].

Р.Ф. Геккер, чьи труды лежат в основе изучения девонских отложений северо-запада Русской плиты, выделял разнофациальное строение отложений в качестве основной проблемы стратиграфии данного региона [1]. Девонские отложения плохо охарактеризованы палеонтологически из-за мелководности отложений и отсутствия большого числа ортостратиграфических групп. Также для них характерно повторение литологически схожих слоев в разрезе. Совокупность этих факторов не позволяет опираться на биостратиграфические методы. Однако ритмичное чередование слоев благоприятствует использованию ритмостратиграфических методов при расчленении и корреляции толщи. Всего Геккер Р.Ф. выделяет в разрезе девонских отложений 3 крупных цикла трансгрессий и регрессий [1].

Большое многообразие фаций, обусловленное изменчивым характером осадконакопления, вызывает особый интерес к данному региону, делая его уникальным. Отдельные организмы приурочены лишь к некоторым

фациям, наблюдается связность литологического характера и палеонтологических остатков, что является палеоэкологической особенностью разреза.

За прошедшее с момента исследований Р.Ф. Геккера время произошел значительный прогресс в самых разных областях геологии. Новые знания и результаты исследований позволяют по-другому взглянуть на старые проблемы, найти ключ к их решению.

В окрестностях города Псков, расположенного в западной части Главного девонского поля (ГДП), в отложениях псковских слоев присутствуют следы жизнедеятельности древних организмов, относящиеся к ихнороду *Balanoglossites*. Впервые ихнород *Balanoglossites* выделен Магдэфрау в среднетриасовых карбонатах Германии в 1932 г. [4]. В 2008 г. Д. Кнауств произвел ревизию данного ихнорода, изучив как коллекцию образцов Магдэфрау, так и проведя собственные исследования. Д. Кнауств определил, как морфологию самого следа, так и эволюционные особенности животного-слеодообразователя [3]. *Balanoglossites* имеет сложную, чрезвычайно изменчивую форму с наличием слепых ответвлений луковиче-, желуде- или копьевидной формы. Сечения ходов эллиптические или округлые, диаметр их может изменяться в широких пределах [3]. Особенностью ихнорода *Balanoglossites* является то, что это комплексные следы, объединяющие как следы рытья, так и сверления. По всей видимости, животное-слеодообразователь могло жить как в условиях твердого или плотного дна, так при мягком характере субстрата [2, 3].

В 2010 г. в ходе международной ихнологической экскурсии было установлено, что большинство комплексных следов в отложениях волховской свиты ордовика Ленинградской области относится именно к ихнороду *Balanoglossites*. В разрезе волховской свиты выделяется поверхность твердого дна, т.н. “стекло”, покрытая большим числом следов *Balanoglossites*. Благодаря зеленой окраске, обусловленной включениями глауконита, а также присутствием ихнофоссилий она легко узнается как в обнажениях, так и в кернах скважин. Поверхность “стекла” прослеживается на не менее чем 400 км, что позволяет использовать ее как стратиграфический репер.

В псковских слоях выделяется отдельный слой известняка, пронизанного следами *Balanoglossites* (рис.). В нем преобладают субгоризонтальные ходы с большим числом ответвлений неправильной формы. В среднем диаметр ходов составляет 0,7–2,2 см. Характер стенок ходов изменчив - в некоторых случаях, они имеют четкую границу, в других случаях - стенка хода немного расплывчата и видна не сразу. Это свидетельствует о характере субстрата на момент образования следа - плотный до твердого либо мягкий до плотного соответственно. Одновременное сосуществование таких разных характеристик грунта свидетельствует о постепенной литификации осадка и присутствии животного-слеодообразователя, невзирая на изменяющиеся условия. Большое число субгоризонтальных следов также может говорить о мягком характере грунта. Слой с ходами *Balanoglossites* расположен между двумя горизонтами хардграундов, что отчетливо видно на примере протяженного обнажения псковских и пудовских слоев в берегах реки Великой в районе урочища Выбуты (12 км выше по течению от г. Пскова).



Рис. Следы *Balanoglossites* в псковских слоях. Длина рукояти молотка 25 см.
Левый берег р. Великая, урочище Выбуты

Наличие следов *Balanoglossites* в отложениях псковских слоев делает целесообразным более пристальное изучение данного стратиграфического подразделения с целью его дальнейшего использования для корреляции разрезов в качестве маркирующего горизонта.

Литература

1. Геккер, Р.Ф. Тафономические и экологические особенности фауны и флоры Главного девонского поля [Текст] / Р.Ф. Геккер. – М.: Наука, 1983. – 144 с.
2. Кнауств, Д. Ихнотекстуры *Balanoglossites* из волховской свиты среднего ордовика в окрестностях Санкт-Петербурга, Россия [Текст] / Д. Кнауств, А. В. Дронов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2013. – Т. 21. – № 3. – С. 22–38.
3. Knaust, D. *Balanoglossites* Mägdefrau, 1932 from the Middle Triassic of Germany: part of a complex trace fossil probably produced by burrowing and boring polychaetes [Text] / D. Knaust // Paläontologische Zeitschrift. – 2008. – V. 82. – P. 347–372.
4. Mägdefrau, K. Übereinige Bohrgänge aus dem Unteren Muschelkalk von Jena [Text] / K. Mägdefrau // Paläontologische Zeitschrift. – 1932. – V. 14. – P. 150–160.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МУХАНО-ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

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

Научный руководитель профессор И.В. Гончаров

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

В общепринятом смысле, под доманиковыми отложениями понимают обогащённые органическим веществом (ОВ) породы, залегающие в широком стратиграфическом интервале ($D_{3dm} - C_{1t}$).

Начало формирования пород доманикового типа связано с максимумом позднедевонской морской трансгрессии в среднем фране (D_{3fz}), когда в восстановительных условиях эпиконтинентального бассейна протекало накопление тонкоотмученных илов, обогащённых органическим веществом. Дальнейшее развитие доманиковых отложений происходило в относительно глубоководных условиях внутришельфовой впадины. Несмотря на общее обмеление морского бассейна начиная с речичьего (мендымского) времени, в пределах внутришельфовых впадин всё так же сохранялись благоприятны [1].

Следует предположить, что перемены условий формирования этих отложений не могли не отразиться на современных и, соответственно, начальных генерационных характеристиках этих пород.

Целью данной работы являлась характеристика генетических отличий ОВ различных частей разреза доманиковой толщи центральной части Мухано-Ероховского прогиба. Результаты детальных исследований экстрактов из пород доманикового (семилуцкого) горизонта и надбурегской (речичко-заволжской) толщи были получены методами хроматомасс-спектрометрического анализа (GC-MS/SIM, GC-MS/MS MRM).

Ранее по результатам большого комплекса геохимических исследований для ряда скважин было сделано предположение, что доманиковая толща Муханово-Ероховского прогиба в разных интервалах содержит два типа керогена – II и II-s, и эти интервалы значительно отличаются по литологическим, Rock-Eval пиролитическим и молекулярным характеристикам. Это позволило авторам работы [4] разделить доманиковую толщу на два отдельных интервала: *подбурегская толща* (семилуцкий горизонт) и *надбурегская толща* (породы речичко-заволжского возраста). В последующем эти закономерности также подтверждались и в других новых скважинах [3, 4]. С учётом новых результатов отличия хорошо прослеживаются из закономерностей изменения фациально-генетических молекулярных параметров в экстрактах из пород в разрезе скважины (рис. 1).

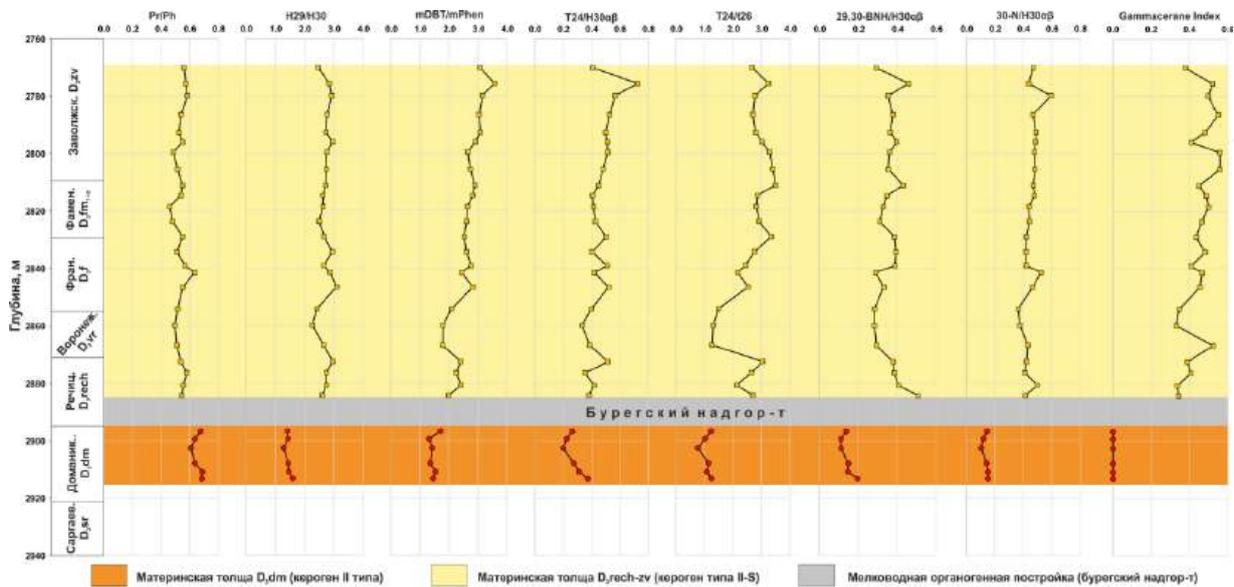


Рис. 1. Изменение фациально-генетических молекулярных параметров в разрезе доманиковых отложений одной из скважин Мухано-Ероховского прогиба

Осадки доманикового (семилуцкого) горизонта формировались в восстановительных обстановках морского бассейна с выраженным дефицитом кислорода ($Pr/Ph = 0,6-0,7$; $H_{29}/H_{30} = 1,3-1,6$; $H_{35}(s)/H_{34}(s) = 0,6-0,9$) и высокой интенсивностью процессов сульфатредукции ($mDBT/mPhen = 1,3-1,7$). Отсутствие гаммацерана и сравнительно невысокие значения параметра T_{24}/t_{26} позволяют предполагать, что солёность вод бассейна осадконакопления была близка к нормальной.

Совокупность особенностей фациально-генетического облика ОВ пород семилуцкого горизонта (рис. 1), а также информация о генерационных свойствах этих пород, позволяет отнести их ОВ к керогену II типа с высоким генерационным качеством. Для этих пород мы оцениваем $HI_0 = 600-650$ мг УВ/г $C_{орг}$, что несколько выше предыдущей оценки, которая приведена в работе [2]. Такая оценка основана на информации о величине водородного индекса для незрелых пород ($T_{max} \leq 426$ °С, градация катагенеза ПК₃-начало МК₁¹ по классификации А.Э. Конторовича) доманикового (семилуцкого) горизонта сопредельных территорий республики Башкортостан

($H_I = 590\text{--}640$ мг УВ/г Сорг.). При достижении достаточного уровня катагенеза (градация не ниже MK_1^1 по классификации А.Э. Конторовича), эти породы могут стать источником значительных количеств жидких углеводородов (УВ).

В отличие от пород доманикового (семилуцкого) горизонта, осадки надбурегской ($D_3\text{rech-zv}$) толщи формировались в устойчивых аноксических условиях (сероводородное заражение) ($Pr/Ph = 0,5\text{--}0,6$, $MDBT/MPhen = 1,8\text{--}3,6$; $H_{29}/H_{30} = 2,3\text{--}3,1$; $Gamma\text{cerane Index} = 0,3\text{--}0,6$) с высокой засоленностью вод ($T_{24}/t_{26} = 1,3\text{--}3,5$), а также с более глубокой анаэробной переработкой первичной биомассы на этапах раннего диagenеза ($H_{35(s)}/H_{34(s)} = 0,7\text{--}1,2$). Подобные специфические условия формирования осадков привели к образованию специфического типа керогена II-S. Известно, что данный тип ОВ вступает в фазу активной генерации раньше, чем кероген «классического» II типа [5], однако может обладать более скромным начальным генерационным качеством ($H_I = 400\text{--}450$ мг УВ/г Сорг.). Наша оценка H_I для типа керогена II-S надбурегской толщи и более ранняя оценка в работе [2] являются очень близкими.

Наблюдаемые генетические отличия ОВ несомненно влияли на начальные генерационные характеристики пород и должны учитываться при подсчете объемов генерации УВ. Кроме того, знание типа органического вещества материнских толщ позволит прогнозировать основные физико-химические показатели нефтей, генерированных этими породами. Это имеет принципиальное значение для адекватного планирования добычи, подготовки и переработки нефтей.

Литература

1. Лян, С. П. Условия формирования доманикитов юго-востока Русской платформы [Текст] / С. П. Лян, Г. А. Галушин, В. П. Филиппов // Георесурсы. – 2015. – № 3. – Т. 2. – С. 54–63.
2. Обласов Н. В. Особенности кинетики нефтеобразования в породах доманиковой толщи Муханово-Ероховского прогиба [Текст] / Н. В. Обласов, И. В. Гончаров, И. В. Эфтор, П. В. Трушков, В. В. Самойленко, С. В. Фадеева, Р. С. Кашапов, М. А. Веклич // Новые идеи в геологии нефти и газа: Тезисы конференции, Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2023. – С. 249–254.
3. Солтанова, А. О. Генетические особенности ОВ пород доманиковой толщи Муханово-Ероховского прогиба (Самарская область) [Текст] / А. О. Солтанова, В. В. Самойленко, И. В. Гончаров, П. В. Трушков, В. А. Шакиров // Геохимия и петрография угля, горючих сланцев и битуминозных пород: Материалы Российской научной конференции (Сыктывкар, 2-5 октября 2023). – Сыктывкар, 2023. – С. 104–106.
4. Трушков, П. В. Изотопный состав углерода экстрактов из пород и нерастворимого ОВ доманиковых отложений Южно-Татарского свода и Муханово-Ероховского прогиба [Текст] / П. В. Трушков, В. В. Самойленко, И. В. Гончаров, М. А. Веклич, А. О. Солтанова, И. В. Эфтор, В. А. Шакиров // XXIII Симпозиум по геохимии изотопов им. акад. А.П. Виноградова: тезисы конференции (Москва, 14-16 ноября 2023). – Москва, 2023. – С. 171–173.
5. Jarvie, D. M. Hydrocarbon generation and kinetics of the Monterey Formation [Text] / D. M. Jarvie, L. L. Lundell // In USGS Cooperative Monterey Organic Geochemistry Study (Edited by Isaacs C.M.). – 1993.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ЮРЯХСКОЙ СВИТЫ НЮЙСКО-ДЖЕРБИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Сухих А.О.

Научный руководитель доцент И.В. Афонин

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Было проведено исследование литологических особенностей верхневендских пород юряхской свиты Нюйско-Джербинской впадины Предпатомского прогиба с целью выделения литогенетических типов карбонатных отложений. Нюйско-Джербинская впадина расположена между Непско-Ботуобинской антеклизой, Вилючанской седловиной с одной стороны и Джеюктинским выступом – с другой. Она вытянута в северо-восточном направлении на 400 км при ширине 120 км. Впадина расположена на севере Предпатомского регионального прогиба. Предпатомский краевой прогиб находится на границе Сибирской платформы и Байкало-Патомской складчатой области.

По нефтегазогеологическому районированию прогиб относится к Предпатомской нефтегазоносной области (НГО) Лено-Тунгуской нефтегазоносной провинции (НПП) [1]. Юряхская свита – толща карбонатных пород, которая в Предпатомском фациальном районе имеет мощность в пределах 80 м, состоит из мергелей, известняков, в нижней части и аргиллитов, которые переслаиваются с глинистыми доломитами – в верхней. Породы слабо ангидритизированные. Нижняя часть мощностью 20 м выделяется как потенциально нефтегазоносный юряхский горизонт [1].

Образцы юряхской свиты были отобраны на Нижне-Джербинской площади в Нюйско-Джербинской впадине. Исследования проводились для разреза юряхской свиты мощностью в 37 м (в интервале 2027–2064 м). На Нижне-Джербинской площади было отобрано 58 образцов кернового материала. По результатам исследований были выделены литотипы юряхской свиты. Была использована классификация Е.М. Хабарова [2] как основная, так как она представилась наиболее подходящей для микроописания докембрийских карбонатных пород, которые перетерпели интенсивное преобразование вторичными процессами и утратили свою первоначальную структуру.

Все исследования были выполнены на оборудовании Томского регионального центра коллективного пользования Национального исследовательского Томского государственного университета. Центр поддержан Грантом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2021-693 (№ 13.ЦКП.21.0012).

Были выделены следующие литотипы (рис. 1).

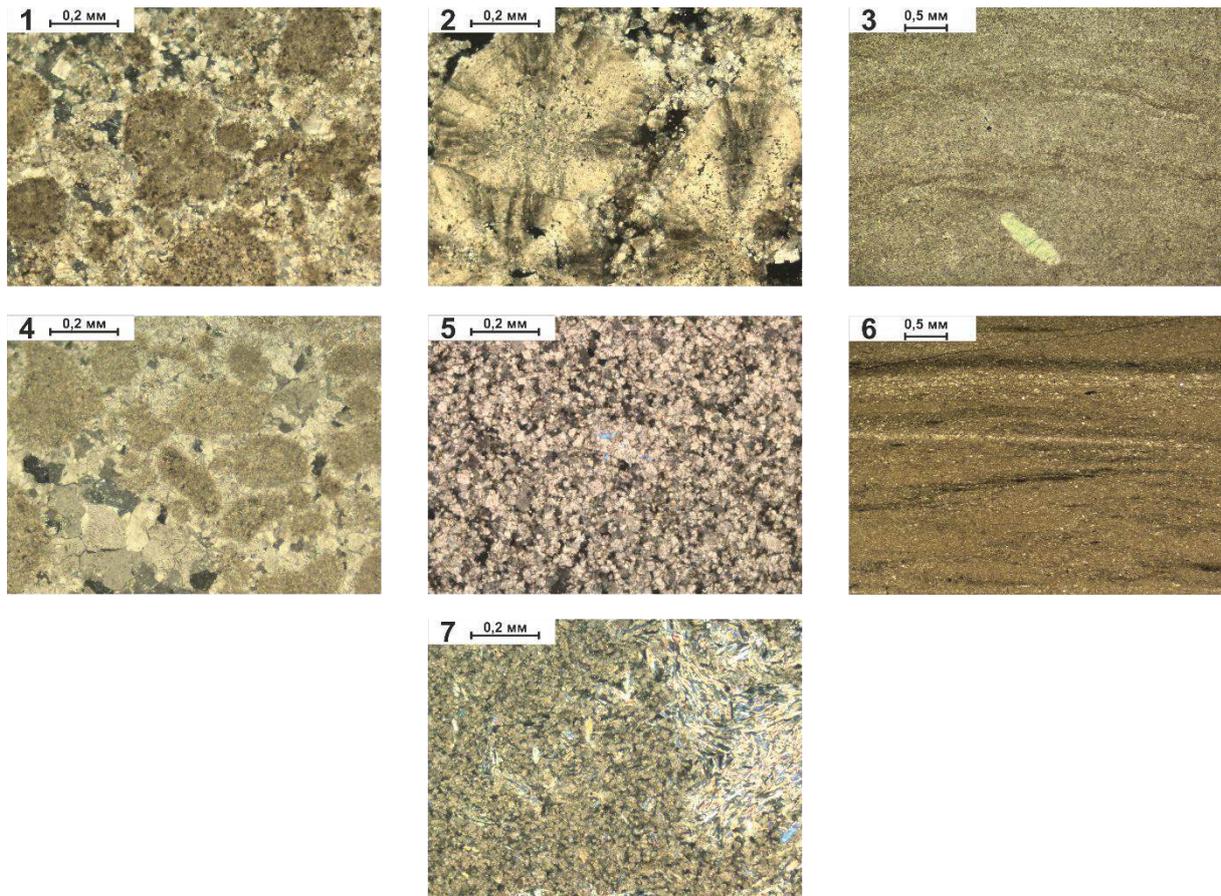


Рис. 1. Микроскопические текстурно-структурные особенности карбонатных пород юрской свиты, николи X

Доломиты комковатые (рис. 1.1). Породы светло-коричневого, серого цвета, тонкослоистые. Размер комков изменяется от 0,1 до 0,5 мм, имеют разнообразную форму, чаще причудливую, а также единичные комки до 2,4 мм с острыми углами. Межзерновое пространство перекристаллизовано, заполнено ярко выраженными ромбическими кристаллами доломита. Формирование данных пород происходило в условиях приливно-отливной равнины с сильным волнением.

Доломит оолитовый перекристаллизованный (рис. 1.2). Породы серые, темно-серые, характерна пятнистая текстура. В шлифах – ярко выраженные сохранившиеся агрегаты сферической формы с радиально-лучистым погасанием. Образование пород данного подтипа должно было происходить в условиях очень высокой гидродинамической активности среды в обстановке отмелевой волновой зоны.

Доломиты строматолитовые (рис. 1.3). Светло-бежевые тонковолнистые биогенно-слоистые породы. Слойки темные, часто с примесью глинистого материала, чередуются со светлыми мелко-тонкокристаллическими слоями. Ангидритизированные: ангидрит присутствует в виде небольших линз овальной формы и россыпи игольчатых кристаллов.

Строматолитовые постройки отмечаются по разрезу редко и имеют небольшую мощность, до 70 см. Образование пород происходило в условиях морского мелководья с пониженной волновой активностью, где отлагались большие по мощности пласты, а также в приливно-отливных равнинах с повышенным волнением, где накапливались строматолиты мощностью до 30 см с характерными следами взмученности.

Известняки комковатые (рис. 1.4). Темно серые, коричневатые, тонкослоистые, волнистослоистые, линзовиднослоистые породы. Слабо брекчированные. Размер комков изменяется от 0,1 до 0,5 мм, имеют разнообразную форму от округлой до причудливой, чаще овальную. Межзерновое пространство перекристаллизовано, заполнено кальцитом. Слабо доломитизированные. Формирование данных пород происходило в условиях морского мелководья со слабым волнением.

Доломиты тонкокристаллические (рис. 1.5). Это породы серого цвета, плотные, массивные, реже с горизонтальной слоистостью. Кристаллы доломита имеют ярко выраженную форму ромба. Образование данного типа пород происходило в спокойном гидродинамическом режиме в лагунах, за водорослевыми постройками и между ними.

Доломиты глинистые (рис. 1.6). Темно-серого цвета породы со слабо выраженной тонкой волнистой слоистостью. Присутствует терригенная примесь в виде кварца алевритовой размерности (0,05 мм) в количестве

менее 5 %. Породы отлагались в условиях морского мелководья с небольшой волновой активностью вблизи источника сноса терригенного материала.

Доломиты ангидритовые (рис. 1.7). Породы темно-серого цвета, с голубоватым оттенком, волнисто- и линзовиднослоистые. Кристаллы ангидрита разнообразные по форме чаще всего волокнисто-спутанные, неравномерно распределены в доломитовой массе. Породы формировались в условиях частичного изолированного мелководного бассейна.

В результате проведенного исследования пород выявлено, что отложения юрхской свиты формировались в условиях слабо сообщающихся с открытым морем лагун в солоновато-водной и соленой среде. Подавляющее присутствие доломита среди породообразующих минералов и обилие ангидрита в отдельных пластах разреза указывает на образование пород в аридных климатических условиях с высокой степенью испарения.

В образовании разных литогенетических типов давящую роль имел нестабильный гидродинамический режим бассейна. На это указывает повторяющаяся по разрезу юрхской свиты смена отложений от доломитов комковатых и доломитов строматолитовых, образующихся во время прогибания морского дна и улучшения сообщаемости лагуны с открытым морем, и доломитов ангидритовых, которые начинали отлагаться при подъеме дна осадочного бассейна и возрастающей изоляции лагуны от открытого моря.

Литература

1. Мельников, Н. В. Венд-кембрийский соленосный бассейн Сибирской платформы. (Стратиграфия, история развития) [Текст] / Н. В. Мельников. – Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 2018. – 180 с.
2. Хабаров, Е. М. Сравнительная характеристика познекембрийских рифогенных формаций [Текст] / Е. М. Хабаров. – Новосибирск: Наука, 1985. – 125 с.

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПОКУРСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО СЕНТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯНАО

Усова И.И.¹, Михиенко Д.В.²

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

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

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

Сентябрьское месторождение приурочено к Тазовскому мегавалу Надым-Тазовской синеклизы Западной Сибири. Для уточнения геологической модели месторождения трудноизвлекаемых запасов и выявления потенциально продуктивных отложений изучены породы покурской свиты пластов ПК₁₁ (глубина 1668–1689 м) и ПК₇ (глубина 1521–1558 м).

Пласт ПК₁₁ сложен песчаниками средне-, мелкозернистыми аркозовыми с кремнисто-глинистым контактово-поровым цементом, отмечаются линзы и прослои алевритового и углистого материала. Текстура субгоризонтальнослоистая, слабоволнистослоистая, линзовидная. Обломки полуугловатые, реже полуокатанные, сортировка средняя, представлены кварцем – 36–50 %, полевыми шпатами – 21–40 %, обломками пород – 5–9 %, среди которых отмечаются силициты, обломки основных эффузивов, сидеритовые образования, слюды, рудные минералы, лейкоксен. Постдиагенетические преобразования проявляются в коррозии, регенерации кварцевых зерен и полевых шпатов, разложении ортоклаза на кварц-каолиновый агрегат, деформациях чешуйчатых минералов. Коэффициент песчаности 0,65. Пористость составляет от 4 до 15 %. Межзерновые поры, как правило, неправильной, щелевидной формы, реже изометричные, размером 0,01–0,2 мм, сообщающиеся. Преобладают вторичные поры выщелачивания по полевым шпатам.

Породы пласта ПК₇ представлены чередованием слоев песчаника мелко-, среднезернистого аркозового с кремнисто-глинистым цементом, аргиллита, алевролита мелко-, реже крупнозернистого. Отмечаются прослои угля. Преобладает средняя и плохая сортировки обломочного материала; зерна преимущественно полуугловатые и угловатые, реже полуокатанные. Для пород характерны субгоризонтальнослоистые, слабоволнистослоистые, линзовидные текстуры, прослои углистого вещества. В составе обломков в примерно равных соотношениях отмечаются кварц – 34–50 % и полевые шпаты – 32–40 %, при подчиненном содержании обломков пород – 5–9 %; присутствуют силициты, обломки основных эффузивов, сидеритовые образования, биотит, рудные минералы, лейкоксен. Постдиагенетические преобразования проявляются в коррозии, регенерации кварцевых зерен и полевых шпатов, разложении ортоклаза на кварц-каолиновый агрегат, деформациях чешуйчатых минералов. Коэффициент песчаности 0,7. Пористость составляет от 5 до 12 %. Характер порового пространства аналогичен таковому в породах пласта ПК₁₁.

По исследуемому разрезу была проведена генетическая интерпретация гранулометрических коэффициентов на основе генетической и динамогенетической диаграмм Р. Пассеги, К.К. Гостинцева, Г.Ф. Рожкова [1, 3, 6], представленная в таблице 1.

По результатам рентгеноспектрального анализа и рассчитанным литохимическим модулям рассматриваемые породы пласта ПК₁₁ покурской свиты относятся к типу гипо- и нормально-железистых, нормально-щелочных. Породы пласта ПК₇ являются преимущественно полимиктовыми песчаниками, с большой долей глинистых минералов, и относятся к типу гипо- и нормально-железистых, нормально-щелочных, реже гипощелочных. Отложения обоих пластов имеют в составе цементирующей массы гидрослюды и хлорит,

накапливались в континентальных, лагунных фациальных обстановках умеренного климата с малым количеством осадков. Согласно индексу CIA, отложения в средней степени выветрелые [4, 5].

Таблица 1

Генетическая интерпретация гранулометрических коэффициентов

Пласт	Номер образца	Глубина отбора, м	Способ интерпретации		
			по Р. Пассега	по К.К. Гостинцеву	по Г.Ф. Рожкову
ПК ₇	5002	1547,0	реки и направленные течения	широкие участки устьев рек, мелководье, морские фации	прибрежно-морские фации, континентальная микрофация пляжей больших равнинных рек
	5003	1548,5	широкие участки устьев рек	морские фации, осадки рек и пойм	выход волн на мелководье, прибрежная фация открытых акваторий
	5004	1550,3			
	5005	1551,6		слабые течения, застойные зоны	эоловая переработка речных осадков – континентальная фация
ПК ₁₁	5013	1670,8	пляж и мелководье		

С целью реконструкции фациальных условий осадконакопления изучены закономерности распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) (рис. 1, 2), нормированные по средним содержаниям РЗЭ постархейской австралийской осадочной породы (РААС). Все графики тяготеют к единице, с небольшим отклонением ниже выступают отложения пласта ПК₁₁. По увеличению доли тяжелых РЗЭ к легким выделяются отложения, сформированные при участии морской воды, являющейся источником HREE. По противоположному принципу выделяются породы, формирующиеся при меньшем влиянии моря. Низкие показатели отношения La_N/Yb_N (табл. 2), отклонение суммы РЗЭ в сторону меньших значений указывают на преобладание в источниках сноса основных пород [1, 2, 4].

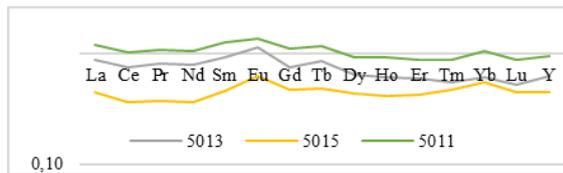


Рис. 1. Закономерности распределения нормированных РЗЭ пласта ПК₁₁ по РААС

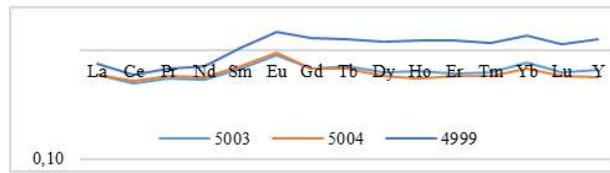


Рис. 2. Закономерности распределения нормированных РЗЭ пласта ПК₇ по РААС

Также использованы дополнительные геохимические индикаторы (табл. 2) для детального изучения особенностей осадконакопления. Отношение Ti/Zr , используемое как индикатор дальности переноса кластики, указывает на близость образования пород относительно источника сноса.

Таблица 2

Геохимические индикаторы

Пласты	ПК ₇			ПК ₁₁		
	Образцы	4999	5003	5004	5011	5013
Геохимические индикаторы	Значения геохимических индикаторов					
La_N/Yb_N	0,55	0,77	0,88	1,14	1,45	0,81
Ti/Zr	65,92	39,45	43,18	36,16	40,34	80,83
Sr/Ba	0,67	0,36	0,31	0,43	0,34	0,30
Ce/Ce^*	0,83	0,88	0,90	0,89	0,89	0,88
Eu/Eu^*	0,99	0,21	0,23	0,94	0,39	0,07

Отношение Sr/Ba используется для определения палеосолености: по полученным данным большая часть значений указывает на формирование отложений вдали от морского бассейна. Единичные значения (обр. 4999) указывают на осадконакопление в прибрежно-морских условиях. Также изучено отношение Ce/Ce^* , отражающее палеогеографические условия накопления: для разреза характерна единая седиментационная окраинно-континентальная обстановка.

Согласно показателю европиевой аномалии Eu/Eu^* , ювенильный материал, сформировавший породы, не подвергался существенному преобразованию в континентальной коре. Показатели палеоклимата Ce/Y отражает аридные условия осадконакопления при значении меньше 3 [2, 4].

При люминесцентном анализе в образцах под влиянием ультрафиолетового излучения определяются высокие содержания битумоидов в пласте ПК₇ в интервале 1551–1553 м, достигающие значений 0,040–0,06; чаще выделяются маслянистые, маслянисто-смолистые типы битумоидов. Вещество распределено неравномерно, образует пятна, заполняет пространство между зернами, трещины.

Согласно полученным данным, отложения пласта ПК₁₁ формировались в условиях высокой гидродинамической активности среды: от дна застойных озёр с накоплением растительных остатков к речным песчаным барам. Отложения пласта ПК₇ отражают переход от спокойной среды осадконакопления к сильным вдольбереговым течениям.

Трансгрессия моря привела к образованию отмелей с хорошей аэрацией придонных вод, постоянным перемывам и переотложениям осадка, в условиях прибрежно-аккумулятивных равнин образовывались сидеритовые конкреции.

Низкие показатели ФЕС в обоих пластах объясняются плохой сортировкой обломочного материала, высокой степенью уплотнения и постдиагенетическими изменениями. Наличие в поровом пространстве аутигенных эпигенетических карбонатных минералов в частности сидерита также ухудшает коллекторские свойства, однако его наличие часто указывает на связь с нефтегазоносными толщами. Также по данным люминесцентного анализа отмечаются процессы флюидомиграции, проходящие по всему изучаемому разрезу.

С точки зрения нефтегазоносности пласты ПК₁₁ и ПК₇ являются потенциальными коллекторами с трудноизвлекаемыми запасами УВ, что обусловлено их формированием в часто меняющихся обстановках осадконакопления.

Литература

1. Маслов, А. В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных [Текст]: учеб. пособие / А. В. Маслов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 289 с.
2. Петренко, Д. Б. Редкоземельные элементы в окружающей среде: концентрации, особенности геохимической миграции и методы определения (обзор) [Текст] / Д. Б. Петренко, К. Г. Ерофеева, О. И. Окينا // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 1. – С. 6–16.
3. Рожков, Г. Ф. Дифференциация обломочного материала и гранулометрическая диаграмма $a-t$ по косвенному счёту зерен [Текст] / Г. Ф. Рожков // Механическая дифференциация твёрдого вещества на континенте и на шельфе. – М.: Наука, 1978. – С. 97–117.
4. Складов Е. В. Интерпретация геохимических данных [Текст]: учеб. пособие / Е.В. Складов и др. – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 288 с.
5. Юдович, Я. Э. Основы литохимии [Текст] / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. – СПб.: Наука, 2000. – 479 с.
6. Passega, R. Grain size representation by CM patterns as a geological tool [Text] / R Passega // J. Sed. Petrol., 1964. – V. 34. – № 4. – P. 68–75.

НАЗЕМНАЯ ГЕОХИМИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОИСКА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Фаварисова Д.М., Гараев Ф.Н., Хамиева А. Н., Морозова Е.В.

Научный руководитель профессор Д.К. Нургалиев

Казанский (Приволжский) Федеральный университет, г. Казань, Россия

На лицензионном участке территории Волго-Уральской провинции были проведены наземные геохимические поиски с целью обнаружения нефтеперспективных участков для дальнейших исследований. Известно, что изотопно-геохимические и атмогеохимические съемки являются прямыми методами поисков залежей нефти и газа [1; 2; 4].

По результатам газовой съемки легких углеводородов (C₁-C₆) и изотопии метана ($\delta^{13}\text{C}$) был проведен дискриминантный анализ (рис. 1), согласно которому структура 2 обладает отличными показателями на нефтеперспективность.

Структуры 1а, б и 3а, б в свою очередь характеризуются малым количеством отобранных проб.

Кроме того, интерпретация данных по газовой съемке показала, что нефтеперспективная структура 2 характеризуется относительно низкими значениями отношения $i\text{-C}_4/\text{C}_4$, что говорит об отсутствии признаков биодеградации [3].

На объекте исследования помимо геохимии был проведен прогноз нефтеперспективности на основе анализа неотектоники (рис. 2). Так, по результатам рассмотрения вертикальных движений структур на разных этапах неотектонического развития был сделан вывод о том, что структура 2 наиболее перспективна, т.к. ее неотектоническое развитие близко к соседнему известному нефтяному месторождению I.

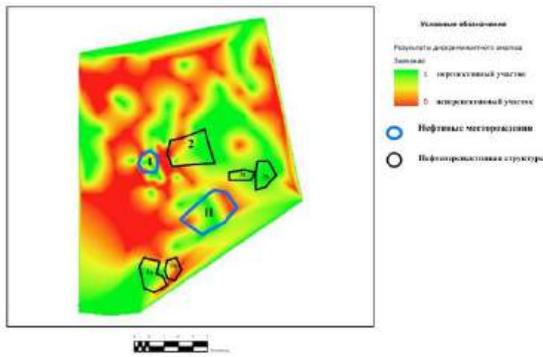


Рис. 1. Распределение территории по нефтеперспективности

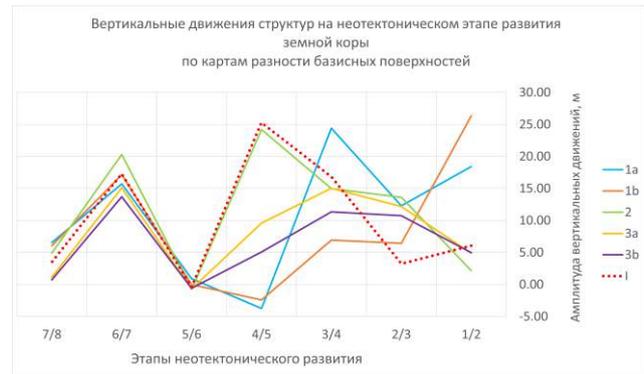


Рис. 2. Вертикальные движения структур на неотектоническом этапе развития земной коры по картам разности базисных поверхностей

Таким образом, по результатам геохимического и неотектонического ранжирования структур, выявленных по данным сейсморазведки, был сделан вывод о том, что структура 2 проявила себя перспективной на нефть, что позволяет в дальнейшем проводить качественные этапы комплексных поисковых работ на территории Волго-Уральской провинции.

Литература

1. Битнер, А. К. Геология и геохимия нефти и газа [Текст] / А. К. Битнер, Е. В. Прокатень. – Красноярск: СФУ, 2019. – 426 с.
2. Геодекян, А. А. Геохимические методы поисков месторождений нефти и газа [Текст] / А. А. Геодекян, Е. В. Карус. – М: Наука, 1983. – 201 с.
3. Sovolev, I. Experience in surface hydrocarbon geochemical, gamma-ray spectrometry and magnetic survey on oil field in the Bazhenov Formation [Text] / I. Sobolev, A. Orekhov, N. Bredikhin // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2016. – V. 327. – P. 78–87.
4. Tedesco, S. A. Surface Geochemistry in Petroleum Exploration [Text] / S. A. Tedesco. – Springer Science & Business Media, 2012. – 549 p.

ПОЛИМОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ БОРА КАК ПРИЗНАК ФАЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ТЕРРИГЕННОГО ПЛАСТА Ходоров И.С.

Научный руководитель профессор И.А. Мельник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Целью исследования являлось определение фациальных условий осадконакопления терригенного пласта коллектора одного из месторождений полуострова Ямал с использованием классических методов исследования (керна, геофизические методы исследования скважин) и статистически-корреляционного метода.

Задачей исследования являлось определение влияния гидродинамической активности среды седиментации и палеосолености бассейна на интенсивность распределения относительного содержания бора по комплексу данных геофизических исследований скважин и материалов керна. Под относительным содержанием бора понимается содержание бора относительно коэффициента глинистости.

Объектом исследования является пласт ХМ₂ яронгской свиты (К_{1a}) одного из месторождений полуострова Ямал.

Одним из индикаторов фациальных условий осадконакопления может служить бор, так как его накопление в результате сорбционных процессов эффективнее в морской воде (щелочной среде), по сравнению с процессом накопления бора в пресных и малосоленых водах континентальных озер. Содержания бора в морских и континентальных глинистых породах могут различаться в 3–5 раз.

В исследованиях Валиева Ю.Я. было выявлено, что содержание бора определяется происхождением и составом формирующихся осадков, содержанием в них органического вещества и т.д. В песчанниках основное количество бора связано с некоторыми породообразующими минералами, такими как мусковит и плагиоклаз, среди в ряду глинистых минералов основным носителем бора является иллит [1].

Известно, что распределение интенсивности вторичных процессов с соответствующим содержанием вторичных минералов полимодальны, а каждый экстремум соответствует отношению времени преобразования элементов системы ко времени воздействия на нее внешнего фактора [2, 3].

В случае с бором, доминирующими факторами, влияющими на интенсивность его накопления в породах, являются гидродинамическая активность среды седиментации и палеосоленость бассейна, в котором происходит осадконакопление.

Используя методику определения относительного содержания бора в полимиктовом песчанике по материалам геофизических исследований скважин [2] была получена гистограмма мультимодального статистического распределения относительного содержания бора, нормированного на коэффициент глинистости (рис. 1).

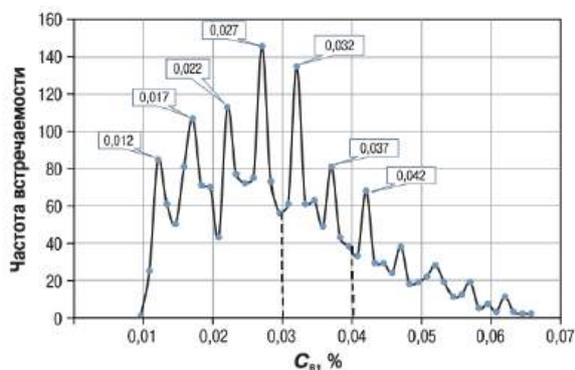


Рис. 1. Гистограмма распределения относительного содержания бора в меловых песчаных пластах углеводородных месторождений полуострова Ямал

геофизических исследований скважин (каротаж самопроизвольной поляризации, гамма-каротаж, нейтронный гамма-каротаж). Интерпретация условий осадконакопления базировалась на выделении электрометрических моделей фаций по кривой ПС, по методике В.С. Муромцева [5].

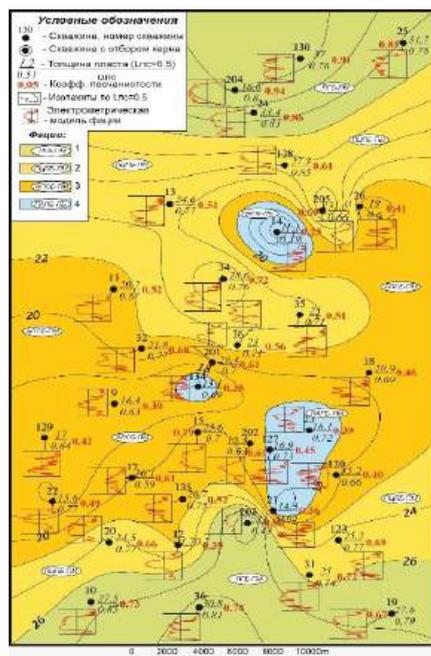


Рис. 2. Литолого-фациальная карта пласта XM2
 Примечание: 1 – крупно-среднезернистых песков гребневых частей баров; 2 – среднезернистых песков центральных частей баров; 3 – средне-мелкозернистых песков и алевритов склоновых частей баров; 4 – песчано-алевритовых осадков подножий баров

Осадочный материал пласта XM₂ накапливался в прибрежной полосе моря в водной среде с возвратно-поступательным (волновым) движением: фации крупно-среднезернистых песков гребневых частей баров прибрежной полосы моря (ПГБ-ПМ) формировались в условиях высокой гидродинамической активности среды седиментации ($\alpha_{ПС} = 0,7-0,94$); фации среднезернистых песков центральных частей баров (ПЦПБ-ПМ) – в условиях высокой и средней гидродинамической активности водной среды ($\alpha_{ПС} = 0,4-0,72$); фации средне-мелкозернистых песков и алевритов склоновых частей баров прибрежной полосы моря (АПСБ-ПМ) – в условиях изменчивой водной среды, от низкого до высокого уровня (максимальное значение $\alpha_{ПС} = 0,79$); фации песчано-алевритовых осадков подножий баров

Каждый экстремум относительного содержания бора отражает фациальную обстановку, характерную для вод с определенной гидродинамической активностью и палеосоленостью. Для каждого экстремума существует интервал, в пределах которого на исследуемой территории относительное содержание бора можно причислить к данному экстремуму [4].

В предыдущих исследованиях [6] было определено, что породы пласта XM₂ (рис. 2) сформированы в прибрежной полосе моря в условиях меняющейся гидродинамической активности. Пласт представлен переслаиванием песчаников и алевролитов. В процентном соотношении преобладают песчаники (47 %) над алевролитами (37 %). Условия формирования пород пласта XM₂ устанавливалась на основе генетических признаков (состав, текстура, структура, следы жизнедеятельности, макрофаунистические остатки и др.), заключенных в керновом материале, и информативного комплекса

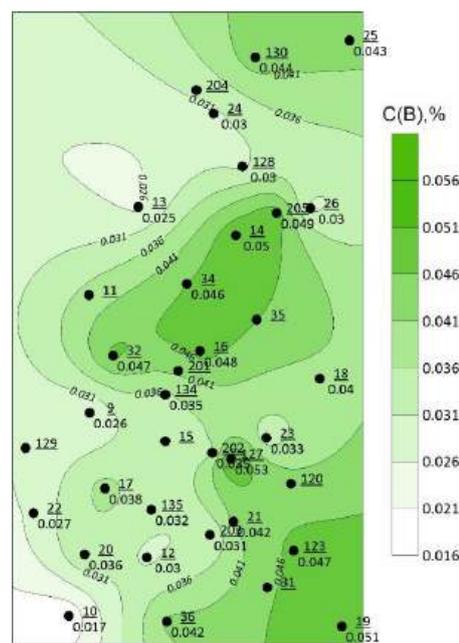


Рис. 3. Карта распределения относительного содержания бора

прибрежной полосы моря (ПАПБ-ПМ) накапливались преимущественно в условиях низкодинамичной водной среды, периодически возрастающей до среднего уровня (максимальное значение $\alpha_{ПС} = 0,45$).

Увеличение концентрации бора 0,03–0,04 % наблюдается в центральной части территории, где локализуются фации центральных частей баров, что связано со снижением динамики среды седиментации до II уровня ($\alpha_{ПС} 0,6–0,7$) и общим повышением солености вод.

Наиболее обогащены бором (0,04–0,053 %) песчаники подножий баров, где они имеют минимальные толщины и сформированы в углубленных участках морского дна в котлованах между барями. Гидродинамическая активность среды седиментации здесь минимальна ($\alpha_{ПС} 0,58$), зернистость песчаников уменьшается, а глинистость увеличивается.

Литература

1. Валиев, Ю. Я. Геохимия бора в юрских отложениях Гиссарского хребта [Текст] / Ю. Я. Валиев. – М.: Наука, 1977. – 150 с.
2. Мельник, И. А. Определение интенсивности геохимических процессов по материалам геофизических исследований скважин [Текст] / И. А. Мельник. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2016. – 146 с.
3. Мельник, И. А. Полиmodalность распределения вторичных каолинитов в открытых системах песчаных коллекторов [Текст] / И. А. Мельник // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, – 2023. – Т. 334. – № 8. – С. 17–29.
4. Мельник, И. А. Экстремумы дискретного распределения содержания бора как показатели гидродинамики осадконакопления [Текст] / И. А. Мельник, Н. М. Недоливко // Нефтяное хозяйство. – 2022. – № 10. – С. 14–18.
5. Муромцев, В. С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа [Текст] / В. С. Муромцев. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.
6. Ходоров, И. С. Литологические особенности, генетические признаки и условия формирования продуктивных отложений пласта X_{M_2} месторождения N (ЯНО) [Текст] / И. С. Ходоров, Н. М. Недоливко, О. А. Нечаева // Ашировские чтения, 2022. – № 1. – С. 33–42.

ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Хуснутдинова А.Д., Штеренберг А.М.

Научный руководитель профессор А.М. Штеренберг

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Моделирование пористых пространств и движение флюидов в них является актуальным для целого ряда задач геологии и геофизики. Изучение физических свойств пористых пород представляет из себя трудоемкий и высокостойкий процесс, поэтому разработка методов, используемых для создания цифровых моделей (двойников), является перспективной.

Горная порода представляет собой минеральный скелет, пронизанный порами и трещинами, которые заполнены нефтью, водой или газом. Наличие пор и трещин в породе характеризуется просветностью, извилистостью, а также пористостью (коэффициентом пористости) и фрактальной размерностью. Исследование фрактальной размерности горных пород позволяет установить корреляцию между фрактальной размерностью горной породы, ее проницаемостью и пористостью. Для определения фрактальной размерности горной породы требуется перевести значения фрактальной размерности для трех ее плоскостей в значение объемной фрактальной размерности. Значение фрактальной размерности для плоскости находится в диапазоне от 1 до 2, фрактальная размерность объемных тел лежит в диапазоне от 2 до 3. Метод фотографирования с последующей обработкой в специальных программах для вычисления фрактальной размерности позволяет оценить пористость и проницаемость образцов горных пород без проведения опытных исследований и использования дорогостоящего оборудования.

Исследованию фрактальной размерности горных пород посвящены работы А.Н. Хлюпина и О.Ю. Динариева [2]. В работе [2] проводился мультифрактальный анализ снимков различных образцов песчаника (Fontainebleau sandstone, Gray Berea sandstone, Achimov sandstone), полученных с помощью томографии, по методу клеточного алгоритма. Формулы расчета пористости по результатам фрактальной размерности приводятся в статьях [4, 5].

Результаты исследования

В статье представлены результаты исследования фрактальной размерности поверхности горных пород Рудниковской скважины Iп. пл. А4 месторождения N Самарской области методом фотографирования с последующей обработкой в программе ImageJ. Исследование горных пород проводилось с использованием микроскопа «Микромед» под увеличением 10х, 15х, 20х, 30х, 40х. Для исследования были отобраны образцы керн с глубины от 1019 м до 1070 м. Производилось фотографирование образцов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях. Горная порода образцов керн представляет собой известняк с различной пористостью с включениями пирита, кварца, а также фузулинид и др. микроорганизмов. Для сравнения значений фрактальной размерности проницаемой породы (известняка) со значениями фрактальной размерности для непроницаемой породы исследовались образцы уральской яшмы, мрамора и диабазы.

Фотографии образцов загружались в программу Image J, в которой методом «Box counting» (подсчет кубов) путем деления снимка на 12 равных частей осуществлялся расчет среднего значения фрактальной размерности по поверхности керн. Было рассчитано среднее арифметическое фрактальной размерности для каждой плоскости образца.

Таблица

Результаты исследования фрактальной размерности образцов горных пород в трех взаимно перпендикулярных плоскостях

№ образца	Увеличение	Плоскость 1		Плоскость 2		Плоскость 3	
		D	D ср. ариф.	D	D ср. ариф.	D	D ср. ариф.
1054	10x	1,7331	1,7522	1,7488	1,7612	1,8048	1,7996
	15x	1,7729		1,7717		1,8038	
	20x	1,7661		1,7905		1,7999	
	30x	1,7258		1,7592		1,7984	
	40x	1,7631		1,7358		1,7910	
1056	10x	1,7818	1,7539	1,7889	1,7615	18027	1,77666
	15x	1,7520		1,7880		1,7928	
	20x	1,7697		1,7702		1,7664	
	30x	1,7317		1,7627		1,7583	
	40x	1,7345		1,6979		1,7631	
1062	10x	1,7860	1,76646	1,7870	1,77976	1,8248	1,80416
	15x	1,7791		1,8019		1,8177	
	20x	1,7671		1,7897		1,8129	
	30x	1,7597		1,7689		1,7875	
	40x	1,7404		1,7513		1,7779	

Результаты исследования фрактальной размерности (D) показали, что фрактальная размерность поверхности образцов керна изменяется с глубиной, но незначительно. Различие значений фрактальной размерности в трех взаимно перпендикулярных плоскостях образцов связаны с геометрической структурой и ориентацией пор и каналов образца.



Рис. Фотографии трех взаимно перпендикулярных плоскостей образца №1054 под увеличением 15х.

Пористость образца горной породы связана с фрактальной размерностью поверхности трех взаимно перпендикулярных плоскостей образца горной породы по формуле:

$$m = 1 - D_1 + D_2 + D_3 \div 3 \quad [1]$$

Где m – пористость образца горной породы; D_1, D_2, D_3 – фрактальные размерности трех взаимно перпендикулярных плоскостей образца горной породы.

Фрактальная размерность объема (D volume) связана с фрактальной размерностью поверхности (D surface) трех взаимно перпендикулярных плоскостей образца горной породы по формуле:

$$D_{volume} = 3 - D_{surface} \quad [3]$$

Заключение

Из полученных значений фрактальной размерности (D) не следует простое линейное определение пористости, т.к. структура горной породы и ее собственное геометрическое строение отражаются на фрактальной размерности. Были выбраны образцы горной породы известняка, характерной для Самарской области, с Рудниковской скважины с разных глубин, что позволяет минимизировать влияние геологического строения и структуры горной породы на фрактальные свойства. Изменение фрактальной размерности связано с различными микровключениями минералов и органических веществ в известняке. Значения фрактальной размерности непроницаемых образцов (мрамор, диабаз, яшма) в среднем оказались меньше фрактальной размерности проницаемых образцов (кern известняк).

Литература

1. Егоров, А. А. Оценка параметров фрактальных пористых сред [Текст] / А. А. Егоров, Т. В. Гавриленко, Д.А. Быковских // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2020. – Т. 30. – № 1. – С. 87–96.
2. Хлюпин, А. Н. Фрактальный анализ трехмерной микроструктуры пористых материалов [Текст] / А. Н. Хлюпин, О. Ю. Динариев // Журнал технической физики. – 2015. – Т. 85. – № 601. – С. 17–22.
3. Vicsek, T. Fractal growth phenomena [Text] / T. Vicsek // World Scientific Published Co. Pte. Ltd. – 1992. – V. 02. – P. 978–981.

4. Dai, Q. Fractal model for permeability estimation in low-permeable porous media with variable pore sizes and unevenly adsorbed water lay [Text] / Q Dai, G. Wang, X. Zhao, Z. Han, K. Lu, J. Lai, S. Wang, D. Li, Y. Li, K. Wu // Marine and Petroleum Geology. – 2021. – V. 130 – P. 105135.
5. Xiaa, Y. Fractal dimension, lacunarity and succolarity analyses on CT images of reservoir rocks for permeability prediction [Text] / Y. Xiaa, J. Caia, E. Perfectb, W. Weia, Q. Mengd // Journal of Hydrology. – 2019. – V. 579. – P. 124198.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН УЛУЧШЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НЕОКОМСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ МАЛОБАЛЫКСКОЙ МЕГАСЕДЛОВИНЫ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Шишова О.А.

Научный руководитель доцент Л.К. Кудряшова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в нижнемеловом комплексе Западной Сибири открыто большое количество залежей нефти, газа и конденсата, многие, из которых относятся к крупным. Однако залежи, приуроченные к неокомскому ярусу, обладают особой моделью формирования и характеризуются сложным литологическим строением и структурой. С учетом перспективности этих отложений, возникает необходимость в изучении их строения и условий формирования путем применения новых методов переинтерпретации материалов сейсморазведочных работ для построения достоверных геологических моделей.

Клиноформная модель образования пластов неокомского возраста в Западной Сибири предполагает, что осадочные отложения формировались в результате наращивания дельтовых комплексов рек с запада на восток. Это привело к тому, что более древние пласты и формации оказывались на восточном крыле бассейна, а более молодые – на западном. В результате такого процесса происходит омоложение и выклинивание пластов в западном направлении, характерен наклон отражающих горизонтов (на временных сейсмических профилях) [3].

Поэтому целью данной работы является выделение зон улучшенных коллекторов в неокомских отложениях.

Объект исследования расположен в пределах Малобалыкской мегаседловины на территории Нефтеюганского района Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Изучаемая территория приурочена к Сальмскому нефтегазонасному району Среднеобской нефтегазонасной области Западно-Сибирской нефтегазонасной провинции.

В геологическом строении исследуемого района участвуют два мегакомплекса – доюрское основание и мезозойско-кайнозойский платформенный чехол. Основными продуктивными объектами территории являются залежи пластов АС₄, БС₂, БС₆, БС₈, БС₈³, Ач, Ач₁, ЮС₀, ЮС₂, приуроченные к верхнеюрским и нижнемеловым отложениям. В соответствии с геологическим разрезом объекта, большинство продуктивных пластов относятся к валанжин-готерив-барремскому (неокомскому) комплексу. В настоящее время большинство исследователей придерживается точки зрения о клиноформном строении неокома Западной Сибири, формирование которого происходило в условиях лавинного ритмичного бокового заполнения глубоководного морского бассейна [1].

Согласно палеогеографическому анализу, на изучаемой территории в готеривском веке у основания аккумулятивного палеосклона шло накопление песчано-алевритовых линз конусов выноса в области мелкого моря. Тектоническая активность района связана с киммерийским циклом тектогенеза. Мезозойско-кайнозойский осадочный чехол формировался в условиях относительно устойчивого прогибания и более спокойного тектонического развития региона [2].

Проведено комплексное исследование территории, в том числе анализ скважинных данных и результатов переинтерпретации материалов сейсморазведочных работ.

Согласно результатам сейсмофациального анализа были выделены зоны, соответствующие разным формам сейсмического импульса. Каждой форме сейсмического импульса ставился в соответствие строго определенный класс горных пород. Данные классы сопоставлялись с распределением коллекторов, характеризующихся различными значениями эффективной толщины.

С помощью сейсмофациального анализа были получены и проанализированы карты классификации коллекторов с различными значениями эффективной толщины в соответствии с формой импульса, которые подтверждают увеличенное значение эффективных толщин в предполагаемой зоне.

С помощью комплексного динамического анализа сейсмических данных были построены карты пористости, при анализе которых можно выделить предполагаемые зоны улучшенных коллекторов с увеличенными значениями коэффициента пористости.

В качестве сейсмических атрибутов рассматриваются обобщенные количественные характеристики сейсмической записи, рассчитанные по окончательному суммарному 3D кубу и его модификациям. В качестве геологических параметров рассматривались эффективная толщина и коэффициент пористости.

Для оценки состояния выработки запасов нефти и анализа распределения каналов НФС были проанализированы результаты трассерных исследований, результаты которых показали, что наилучшими показателями выработки запасов и увеличенными значениями фильтрационно-емкостных свойств характеризуются элементы северной и центральной части залежи, что соответствует предполагаемой зоне улучшенных коллекторов.

На территории объекта исследования использованы методы интенсификации добычи УВС, такие как гидравлический разрыв пласта, обработка призабойной зоны пласта и выравнивание профиля приемистости (потокоотклоняющие технологии). После проведения геолого-технических мероприятий в скважинах на севере

территории отмечаются высокие скорости фильтрации относительно других участков, а также в направлении к северу увеличиваются значения проницаемости.

Сопоставляя результаты проведенного ранее палеогеографического исследования, сейсмофациального анализа, комплексного динамического анализа сейсмических данных и результаты обработки данных по трассерным исследованиям, а также ГРП, можно создать полную картину о предполагаемой зоне улучшенных коллекторов на севере изучаемого объекта. Полученные результаты указывают на то, что комплексный анализ и скважинных данных, и полевых геофизических работ позволяет не только получить представление о геологическом строении территории, но и спрогнозировать наиболее оптимальные пути поисков залежей УВ.

Литература

1. Бродягин, В.В. Палеодельта пласта БВ₈ Повховского месторождения [Текст] / В. В. Бродягин // Вестник ПГТУ. – Вып. 1. – Пермь, 1999. – С. 16–24.
2. Конторович, А. Э. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде [Текст] / А.Э. Конторович, С.В. Ершов, В.А. Казаненков // Геология и геофизика. – Новосибирск, 2014. – Т. 55. – №5. – С. 745–776.
3. Шелепов, В. В. Физико-геологические основы и результаты сейсмофациального анализа временных разрезов на месторождениях Когалымского региона Западной Сибири [Текст] / В.В. Шелепов, С.А. Шихов, В.П. Наборщиков и др. – Деп. ВИНТИ, 1996. – С. 99–105.

С Е К Ц И Я 2

РУДООБРАЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ: ПРОБЛЕМЫ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ И ПЕТРОЛОГИИ

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

Белоусов П.Е.¹

¹*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, Россия*

К природным сорбентам относятся породы и минералы, образующиеся в естественной геологической среде, структурные особенности которых придают им повышенные сорбционные свойства. В данную группу входят как минеральные, так и органические породы. Для минеральных сорбентов характерно наличие дефектов структуры, либо активно развитая пористость. В основном они представлены глинистыми минералами (смектит, иллит, глауконит, вермикулит и т. п.), цеолитами (клиноптилолит, морденит, шабазит и т. п.) и кремнистыми породами (диатомит, трепел, опока).

Минералы группы смектита, преимущественно монтмориллонит, являются основными компонентами бентонитовой глины. Это класс слоистых алюмосиликатов, состоящих из двух тетраэдрических и одного октаэдрического слоя. За счет изоморфных замещений в октаэдрических и тетраэдрических слоях они приобретают отрицательный заряд, который компенсируется межслоевыми катионами, что и придает ионно-обменные свойства [1].

Иллит является одним из наиболее распространенных слоистых минералов, однако сам по себе не образует промышленных месторождений и в основном встречается в виде примеси с другими глинистыми минералами. Для него характерен повышенный заряд слоя, в результате чего он теряет способность к набуханию, но сохраняет сорбционную активность. Его железистой разновидностью является глауконит, который отличается глобулярной формой агрегатов и имеет широкое распространение [1].

Цеолиты, также известные как молекулярные сита за свою специфическую структуру и свойства, они представляют собой гидратированные каркасные алюмосиликаты с внутрикристаллическими каналами и полостями. За счет изоморфного замещения Si на Al в каналах образуется отрицательный заряд, что обуславливает высокую селективность цеолитов к ряду веществ, в том числе радионуклидам и тяжелым металлам. [2].

Диатомиты представляют собой кремнистые породы, состоящие из остатков диатомовых водорослей. Они обладают высокой удельной поверхностью за счет наличия микро- и макропористости. Природные и модифицированные формы диатомита используются для удаления органических соединений, тяжелых металлов и радионуклидов из жидких отходов [3].



Рис. Фотографии природных сорбентов: а – вермикулит; б – глауконит; в – цеолит; д – трепел

К органическим сорбентам можно отнести природный каменный и бурый уголь, а также торф. Угли относятся к горючим полезным ископаемым, состоящим в основном из органических веществ, преобразующихся в процессе литификации под действием температуры и давления. Верховой торф образуется на верховых болотах и заболоченных участках в результате разложения растительных остатков. Основным торфообразователем на таких болотах являются сфагновые мхи. За счет высокого водопоглощения, большой пористости и наличия гумусовых и гуминовых кислот природные угли и торф обладают высокими сорбционными свойствами.

Существует довольно большое количество работ, посвященных изучению сорбционных свойств шунгита, однако наши собственные исследования по сорбции тяжелых металлов и радионуклидов показали, что сам шунгит в сорбционных процессах не участвует, основная активность приходится на минералы группы смектита и иллита, присутствующие в породе в виде примеси. [4].

Рассматривая процессы образования природных сорбентов, можно выделить вулканогенные, терригенно-диагенетические и осадочные сорбенты.

Для сорбентов, имеющих вулканогенное происхождение характерно образование в пределах активных континентальных окраин и прилегающих к ним краевых частей платформ в эпоху активного вулканизма. В первую очередь к ним относятся вулканогенно-осадочные, гидротермальные или гидротермально-метасоматические образования [3]. К ним относятся глинистые минералы и цеолиты.

Осадочные и терригенно-осадочные образования приурочены к пассивным континентальным окраинам и платформам в эпоху стабилизации тектонических движений. К данному типу относятся глинистые породы, цеолиты, кремнистые и органические породы [3].

Основными же рудоконтролирующими факторами при образовании природных сорбентов являются: геотектонические условия осадконакопления и минералообразования, палеогеографические обстановки осадконакопления, pH и химизм системы минералообразования, состав материнских и вмещающих пород, вторичные преобразования, состав вод (приповерхностных, грунтовых, глубинных), процессы выветривания, температура и давление, наличие легкорастворимых компонентов, тип бассейна седиментации (открытый или замкнутый).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №22–77–10050.

Литература

1. Аксенов Е.М., Сабитов А.А. и др. Фанерозойские осадочные палеобассейны России: проблемы эволюции и минерагения неметаллов. – М.: Изд. Геоинформатика, 2000. – С. 83–96.
2. Дриц В.А., Кроссовская А.Г. Глинистые минералы: смектиты, смешанослойные образования. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
3. Semenkov A., Belousov P., Rzhavskaya A., Izosimova Yu., Maslakov K., Tolpeshta I., Romanchuk A., Krupskaya V. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2020. – V. 326(1). – P. 293–301.
4. Taylor P., Mimura H., T. Kanno T. Distribution and Fixation of Cesium and Strontium in Zeolite A and Chabazite // Journal Nuclear. Science. Technology. – 1985. – V. 22. – P. 284–291.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ФОРТАНГА

Боковой Д. И.¹, Григорьев Г. Д.¹

Научный руководитель доцент Т. Н. Пинчук

¹Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

В разрезе сарматских отложений Восточного Предкавказья выделены в нижнем сармате черноморская толща [5], в среднем – грозненская свита, верхний сармат аксайская толща [5]. Нами были исследованы образцы горных пород по правому берегу р. Фортанга (Чеченская Республика).

Петрографический анализ 15 образцов из сарматских отложений показал, что состав минералов в мелкозернистых песчаниках и алевролитах по шлямкам содержит наличие устойчивых минералов, таких как кварц, циркон, гранат, турмалин, рутил, а также дистен и ставролит. Поступление устойчивых минералов происходило как с северных платформенных, так и южных горных районов, в результате размывов магматических и метаморфических пород, вышедших на поверхность. Минералы группы эпидота распространены вокруг кавказских поднятий и на севере Предкавказья.

Плохая отсортированность и неокатанность кварца указывает на преимущественно южный снос обломочного материала с Кавказских островов, с размывом осадочных образований палеогена, которые выделены переотложенной микрофауной фораминифер из палеогена.

По разрезу сарматских отложений, накопление обломочной части вероятно было смешанным. Выделяется чередование слоев мелкозернистых и крупно–среднезернистых песчаников с мелкообломочным гравелистом. Минеральный состав отличается по слоям. Встреченные прослои мелкозернистого, хорошо окатанного кварца, указывают на снос с севера, а именно с Русской плиты, хорошая окатанность зерен, возникла в процессе длительной транспортировки обломочного материала. Убывает размерность зерен кварца и полевых шпатов, связанная с разносом и переывом обломочного материала платформенных отложений.

Анализ размерности обломочного материала в прослоях крупно–среднезернистых песчаников с окатанными и полуокатанными зёрнами кварца, полевых шпатов, магнетита и ильменита показал, что снос происходил в результате размыва Кавказских поднятий.

По минералогическому составу в образцах мелкозернистых песчаников преобладают зёрна кварца, наблюдается небольшое количество устойчивых минералов – дистена и ставролита, наличие которых характерно

в осадках для типично платформенных минералов [3]. В минералогическом отношении песчано–алевритовый материал в основном состоит из зерен кварца (90 %) и полевых шпатов (до 10 %), остальные минералы присутствуют в небольших количествах. Из них более 60 % составляют зерна магнетита, ильменита, лимонита и лейкоксена, присутствуют гранат, циркон, рутил, турмалин, эпидот, мусковит, что свидетельствует о преимущественно платформенном происхождении материала

В крупно–среднезернистых песчаниках с прослоями конгломератов наблюдается слабая окатанность зерен, которая свидетельствует о близости источника обломочного материала, а именно Кавказской суши. Песчаные и алевритовые породы здесь преимущественно мелко– и среднезернистые, плохо окатанные и сортированные. Легкая фракция представлена кварцем (58 %), полевыми шпатами (29 %) и обломками пород (12 %). В составе минералогической группы встречены зерна ильменита–магнетита (1–5, до 10 %), единичными зернами представлены роговая обманка, эпидот, гиперстен, и другие. Акцессорные минералы в сарматских отложениях представлены корродированными зернами турмалина и рутила.

В целом минералогический анализ пород, слагающих сарматские отложения показал большое количество слюд почти во всех образцах в пределах от 30 до 50 %. В небольшом количестве отмечено содержание минералов группы ильменита–магнетита (1–5 %), группа устойчивых минералов представлены единичными зернами (роговая обманка, эпидот, гиперстен, андалузит и дистен). К частым минералам относятся глауконит, реже встречаются ставролит, титанит, глаукофан, моноклинные пироксены, и др. Такой состав минералов говорит о преимущественном сносе с Русской плиты, одновременно отмечена роль Кавказской суши в качестве источника сноса с перееотложением обломков из более древних отложений.

Литература

1. Бетехтин А. Г. Курс минералогии: Учеб. Пособие. – М.: Книжный Дом Университет, 2008. – 721 с.
2. Богданович А. К., Буряк В. Н., Косарев В. С. Центральное Предкавказье. Стратиграфия СССР. Неогеновая система // М. Недра. – 1986. – С. 254–263.
3. Годовиков А. А. Минералогия – М.: Недра, 1983. – 647 с.
4. Гроссгейм В. А. История терригенных минералов в мезозое и кайнозое Северного Кавказа и Предкавказья – Л.: Гостоптехиздат, 1961. – 375 с.
5. Пинчук Т. Н. Практическое руководство по микрофауне. Том 8. Фораминиферы кайнозоя // СПб. Изд-во ВСЕГЕИ. – 2006. – 324 с.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АСБЕСТОНОСНЫХ УЛЬТРАМАФИТОВ КИЕМБАЕВСКОГО МАССИВА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Брагин С.А.¹

Научный руководитель А.И. Чернышов¹

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

В работе приводятся результаты петрографического изучения асбестоносных ультрамафитов Киембаевского массива, расположенного на Южном Урале.

Целью работы является петрографическое исследование ультрамафитов, а также изучение их минералогического состава.

Киембаевский массив относится к мафит–ультрамафитовым альпинотипным массивам в Главном офиолитовом поясе Урала [1]. Массив расположен в зоне сочленения Елено–Кумаковского синклинория с Восточно–Ушкатынским антиклинорием и имеет кольцеобразную форму [2]. Киембаевский ультрамафитовый массив слагают дуниты и гарцбургиты, которые обычно интенсивно серпентинизированы и преобразованы в серпентиниты: лизардитовые, хризотилитовые, антигоритовые и их промежуточные разновидности (рис.1).

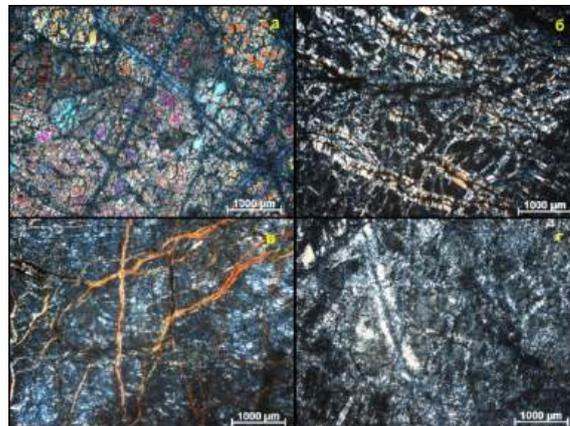


Рис. 1. Ультрамафиты Киембаевского массива: а – дуниты; б, в, з – серпентиниты: б – лизардитовые, в – хризотилитовые с жилками хризотил–асбеста, з – антигоритовые

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

Наиболее детально нами изучены дуниты. Под микроскопом они обнаруживают среднезернистую структуру с фрагментами петельчатой и микролепидобластовой, текстура однородная. Дуниты умеренно и интенсивно серпентинизированы, степень их серпентинизации составляет 30–60 %. Отмечаются редкие зерна хромшпинелидов, менее 1 %. Вторичные минералы представлены различными модификациями серпентинитов (лизардитом, хризотилом, антигоритом), а также магнетитом.

Зерна оливина имеют субизометричную форму, их размер составляет преимущественно 2–5 мм. Они имеют высокий рельеф и окрашены в сероватые тона. Зерна оливина интенсивно разбиты многочисленными хаотичными трещинками. В скрещенных николях для оливина характерны высокие цвета интерференции, погасание преимущественно однородное, иногда отмечаются признаки пластических деформаций в виде слабовыраженного волнистого погасания. Трещинки в зернах оливина обычно выполнены петельчатыми поперечно-волокнистыми жилками лизардита.

По составу оливин в дунитах соответствует форстериту, при этом содержание фаялитовой составляющей варьирует от 7,6 % до 10 %. Содержание никеля в неизмененных зернах оливина незначительно и обычно составляет не более 0,5 %. Содержания SiO₂ близкие и изменяются в пределах 40,53–41,64 %.

Таблица

Химический состав оливина в дунитах

	КИ-18/1а	КИ-18/1б	КИ-18/2а	КИ-18/2б	КИ-19/1а	КИ-19/1б	КИ-19/2а	КИ-19/2б
SiO ₂	41,64	40,73	40,91	40,53	41,15	40,98	40,91	41,27
FeO	7,62	9,50	7,81	9,71	7,50	8,83	9,38	7,50
NiO	0,00	0,00	0,44	0,49	0,53	0,43	0,36	0,50
MgO	50,74	49,77	50,84	49,27	50,82	49,76	49,35	50,73
Сумма	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Fa	7,8	9,7	7,9	10,0	7,6	9,1	9,6	7,7

Примечание. Fa = Fe/(Fe + Mg)*100.

Отмечается последовательность процессов серпентинизации. В начале проявляется лизардитизация, на которую накладывается хризотилизация и завершается антигоритизацией. В результате последовательно образуются лизардитовые, хризотилловые, антигоритовые серпентиниты и их промежуточные разности. Часто в серпентинитах отмечаются секущие ветвящиеся жилки хризотил-асбеста, они выделяются более высокими желтыми цветами интерференции, имеют поперечно-волокнистое строение и характеризуются положительным знаком зоны.

Хромшпинелиды наблюдаются в виде субизометричных и неправильных по форме зерен, наиболее крупные зерна зачастую разбиты хаотичными трещинками. Размер зерен обычно составляет от 0,5 до 1,5 мм. Зерна окрашены в красно-бурый цвет, а по периферии и вдоль трещинок имеет черный цвет в следствие замещения магнетитом.

Составы хромшпинелидов обнаруживают значительные вариации, что очевидно, обусловлено их исходным составом и последующими процессами серпентинизации. Состав хромшпинелидов изменяется от алюмохромитов до хроммагнетитов (рис. 2). Хромшпинелиды, представленные алюмохромитами являются исходными. Под влиянием высокотемпературных метаморфических процессов они изменяются до хромитов и субферрихромитов. Далее в результате серпентинизации происходит их интенсивное замещение магнетитом, и они преобразуются чаще всего в феррихромиты, хроммагнетиты. Нередко в зернах хромшпинелидов отмечается зональность. Центральные части зерен хромшпинелидов представлены алюмохромитами, а также субферрихромитами и хромитами. Краевые части зерен в процессе серпентинизации подвергались замещению магнетитом, в результате их составы представлены хроммагнетитами и феррихромитами.

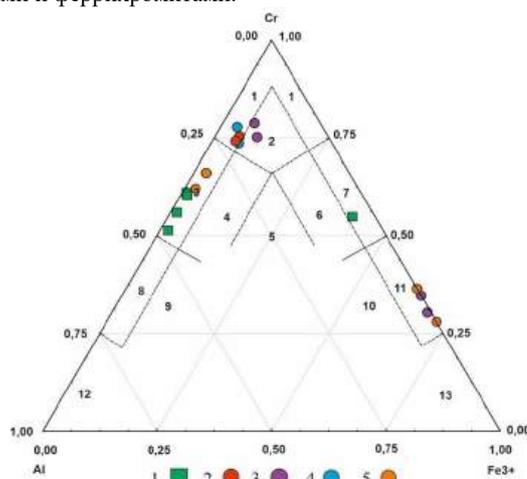


Рис. 2. Составы хромшпинелидов в ультрамафитах Киембаевского массива на классификационной диаграмме [3]: 1 – дуниты, 2 – лизардитовые серпентиниты, 3 – хризотилловые серпентиниты, 4 – антигорит-хризотилловые серпентиниты, 5 – лизардит-хризотил-антигоритовые серпентиниты.
Поля на диаграмме: 1 – хромиты, 2 – субферрихромиты, 3 – алюмохромиты, 4 – субферриалюмохромиты, 5 – ферриалюмохромит, 6 – субалюмоферрихромиты, 7 – феррихромиты, 8 – хромникотиты, 9 – субферрихромникотиты, 10 – субалюмохроммагнетиты, 11 – хроммагнетиты, 12 – никотиты, 13 – магнетиты

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить петрографические особенности дунитов и последовательность их серпентинизации. Установить состав оливина в дунитах и вариации составов хромшпинелидов, отражающих их исходные составы и их изменения в процессе серпентинизации.

Литература

1. Артемов В. Р., Кузнецова В. Н. Кiemбайское месторождение хризотил-асбеста. – М., «Недра», 1979. – 233 с.
2. Лисов А. С., Абрамович В. В., Алексеева Г. А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист М-40-ХII (Ясный), М-40-ХVIII (северная часть). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, – 2015.
3. Павлов Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузий. Тр. Ин-та геол. наук. Серия рудных месторождений. – 1949. – В. 103. – № 3. – 88 с.

ВУЛКАНОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ В УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЛОВОЙ СИСТЕМЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Вергунов А.В., Шадрина С.С.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Вопросы взаимосвязи процессов угленакопления и вулканизма являются актуальными и широко обсуждаемыми в научной литературе [2, 1, 7]. В угленосных толщах различных регионов мира, отмечается присутствие пирокластического материала, представленного туфами, туффитами, а также маломощными породными прослоями, известными под термином «тонштейны». Тонштейнами называют межугольные глинистые прослои преимущественно каолинитового состава и небольшой мощности, от 2 до 10 см. На сегодняшний день тонштейны известны в палеозойских, мезозойских и кайнозойских углях. Несмотря на значительную распространенность данных пород, их находки в отложениях мелового возраста редки. На территории России тонштейн в меловых углях известен в отложениях Харанорского бурогоугольного месторождения.

Харанорское месторождение находится на севере одноименной впадины в южной части Забайкальского края. Впадина характеризуется двухъярусным строением, где нижний ярус сложен вулканогенными позднеюрскими образованиями, смятыми в пологие складки. Верхний ярус сложен угленосными раннемеловыми отложениями, залегающими на нижнем ярусе с угловым несогласием [4].

Угленосными отложениями Харанорского месторождения сложена кутинская свита раннего мела. Отложения свиты подразделяются на три горизонта, где внизу располагается песчано-алевролитовый (безугольный) мощностью 280–300 м, затем следует горизонт частого переслаивания мощностью 240–260 м, сверху располагается горизонт мощных угольных пластов мощностью 380–400 м [4].

Для Харанорского месторождения угольный пласт Новый-1а является наиболее мощным, его максимальная мощность достигает 49,1 м. В составе указанного угольного пласта известен тонштейн [3]. На фоне темного угля, светло-серый тонштейн надежно диагностируется визуально. Прослой характеризуется четкими границами с вмещающим углем, а также имеет выдержанную мощность (10 см), устойчивую на всей площади прослеживания угольного пласта, на расстоянии порядка 5 км.

В изученном тонштейне минеральные зерна расположены неориентированно, стратификации не наблюдается. Минералы имеют угловатую форму, без следов окатанности. В минеральном составе глинистого прослоя пласта угля Новый-1а преобладает каолинит, его содержание достигает 67,7 %. Вторым по содержанию минералом является кварц (23,3 %). Также минеральный состав тонштейна представлен КППШ (4,4 %) и мусковитом (4,6 %). Такой однообразный минеральный состав свойственен для тонштейнов диагностируемых в углях мира. В число аксессуарных минералов, в составе тонштейна, входят циркон, баделлеит, пирит, халькопирит, сфалерит, редкоземельные фосфаты, барит.

На основе минерального состава и химических особенностей породного прослоя из угольного пласта Новый-1а установлено, что данный тонштейн имеет апопелловую природу. При помощи специализированного комплекса минералого-геохимических критериев было установлено, что тонштейн сформировался из трахидацитовой пирокластике [3]. Сохранение данного пеплового горизонта свидетельствует о одномоментном выпадении пирокластического материала в момент торфонакопления. Следует отметить, что на территории Харанорского бурогоугольного месторождения, был распространен преимущественно низинный тип болот.

Выпадение вулканического пепла оказывает влияние на рост растений-торфообразователей и химию угля, о чем свидетельствуют различия в петрографии и геохимии угля, на контакте с тонштейнами. С.С. Кроули с соавторами [6] исследовали петрологию и геохимию угля непосредственно над и под тонштейном, штат Юта, США, чтобы определить влияние вулканического пепла на процесс угленакопления. Мацеральный состав предполагал наличие хорошо дренированных условий в торфяном болоте ниже тонштейна и плохо дренированных условий выше. Такая разница была связана с отложением вулканического пепла. Выщелачивание вулканического пепла также привело к изменениям в химическом составе угля, который был обогащен рядом элементов непосредственно над или под тонштейном, этот эффект был также отмечен Р.А. Зелинским [10] в тонштейнах из бассейна Паудер-Ривер, США. В 1999 году Дж.С. Хауэр с соавторами [8] при исследовании тонштейна Fire Clay в углях США, установили высокие концентрации РЗЭ в угле на контакте с тонштейном. На основе этого был сделан вывод о процессе выщелачивания пирокластического материала и перераспределении химических элементов в приконтактный уголь.

Полученные нами данные подтверждают наличие данного процесса в угольном пласте Новый-1а вмещающем тонштейн. Так изучение микроминерального состава партинга встречаются зерна титановых минералов, представленные ильменитом с отверстиями, а также кристаллы циркона с кавернами, что свидетельствует о возможном процессе преобразования вулканогенной пирокластике. Помимо этого, в приконтактовом угле встречаются кристаллы циркона, покрытые землистыми пленками по составу, соответствующему ксенотиму, что указывает на активную миграцию вещества, в том числе Y. Процесс миграции также подтверждается тем, что в угле как ниже, так и выше тонштейна наблюдается повышенное содержание химических элементов. Наиболее значимые концентрации отмечаются для Nb, Y, Zr, Hf, Ta и Th, что связано с составом исходного пеплового материала, сформировавшего тонштейн. Высокие концентрации данных элементов ограничиваются тонштейном и приконтактовой зоной угля, что характеризует зону влияния пирокластического материала прежде всего на геохимические особенности углей.

Согласно данным М. Каззуло-Клепциг с соавторами [5] изучавшим тонштейн и вмещающий его угольный пласт в бассейне Парана, Бразилия, палинофациальный анализ угля и тонштейна, показал хорошие результаты для распознавания сохранившегося органического вещества и изменений в палеоэкологических условиях вдоль угольной толщи. Эффект выпадения вулканического пепла отразился в изменении характера растительности, связанной с угольными пластами ниже и выше тонштейна. Согласно заключению, сделанному в исследовании А.В. Ивановой и Д.Б. Зайцевой [9] роль тонштейнов в формировании петрографического состава углей отдельных месторождений следует оценивать с учетом конкретных условий накопления паллоторфяников.

Дальнейшие исследования планируется посвятить изучению влияния пеплового материала на процесс торфонакопления на примере тонштейна рассмотренного в настоящей работе, с точки зрения влияния пирокластике на растения-тофрообразователи и органическое вещество угля. Такой комплексный подход позволит получить новые данные в вопросах формирования угленосных отложений Забайкальского края, преобразования вулканического пепла до мономинерального каолинового прослоя, в условиях палеоболота. Проведение подобных исследований позволит получить новые данные в вопросах процессов угленакопления и вулканизма.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00314, <https://rscf.ru/project/24-27-00314/>.

Литература

1. Арбузов, С.И. Геохимия редких элементов в углях Сибири / С.И. Арбузов, В.В. Ершов. – Томск: Изд. Дом «Д-Принт», 2007. – 468 с.
2. Ван, А.В. Вулканизм и угленакопление / А.В. Ван // Вопросы литологии Сибири. – 1973. – С. 14–21.
3. Вергунов А.В., Арбузов С.И., Соктоев Б.Р., Ильенко С.С., Чекрыжов И.Ю. Минералогия и геохимия тонштейна из угольного пласта Новый-1а Харанорского месторождения (Забайкальский край) // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 8. – С. 15–26.
4. Угольная база России. Том IV. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири (Тунгусский и Таймырский бассейны, месторождения Забайкалья). – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2001. – 493 с.
5. Cazzulo-Klepzig, M. Effect of volcanic ash-fall on a Permian peat-forming environment, on the basis of palynology, palynofacies and paleobotany (Faxinal Coalfield, Brazil) // Revista Brasileira de Paleontologia. – 2009. – P. 179–194. DOI: 10.4072/rbp.2009.3.02.
6. Crowley, S.S. The effects of volcanic ash on the maceral and chemical composition of the C coal bed, Emery Coal Field, Utah [Text] // Organic Geochemistry. – 1989. – P. 315–331. DOI: 10.1016/0146-6380(89)90059-4.
7. Dai, S, Ward C.R., Graham I.T., French D., Howe J.C., Zhao, X. Wang L. Altered volcanic ashes in coal and coal-bearing sequences: A review of their nature and significance // Earth-Science Reviews. – 2017. – P. 44–74. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.10.005.
8. Hower, J.C., Ruppert L.F., Eble C.F. Lanthanide, yttrium, and zirconium anomalies in the Fire Clay coal bed, Eastern Kentucky [Text] // International Journal of Coal Geology. – 1999. – P. 141–153. DOI: 10.1016/S0166-5162(98)00043-3.
9. Ivanova, A.V., Zaitseva L.B. Tonsteins and their role in the formation of the petrographic composition of coals // Geologičnij žurnal. – 2022. – P. 57–66. DOI: 10.30836/igs.1025-6814.2022.3.257499.
10. Zielinski, R.A. Element mobility during alteration of silicic ash to kaolinite—a study of tonstein // Sedimentology. – 1985. – P. 567–579. DOI: 10.1111/j.1365-3091.1985.tb00471.x.

СРАВНЕНИЕ СОСТАВА ХРОМШПИНЕЛИ ХРОМИТОВ РАССЛОЕННЫХ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ МАССИВОВ: БУШВЕЛЬДА, САРАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Вурмс Д. М.¹, Кислов Е.В.^{2,3}

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков ¹

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

²Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ

³Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

На сегодняшний день существует проблема, связанная со Стратегией формирования минерально-сырьевой базы РФ, хром не без исключения. Хромовые руды относятся к недостающим полезным ископаемым, что приводит к вынужденному импорту.

В связи с этим было принято решение изучить и сравнить хромититы расслоенных массивов: Бушвельда и Сарановского месторождения.

Бушвельдский комплекс находится в Южной Африке и является одним из наиболее значимых месторождений минеральных ресурсов в мире. Он содержит большие запасы таких полезных ископаемых, как платиновая группа металлов, золото, хром, титан и ванадий. Комплекс имеет обширную площадь около 65000 км² и включает в себя многослойный интрузивный пласт, достигающий мощности до 15 км. Объем комплекса оценивается в 600000 км³. Бушвельдский комплекс сформировался в течение относительно короткого периода, около 1–1,5 миллиона лет, возраст – 2054,4 миллиона лет. [5, 6]

Сарановский комплекс был открыт в 1932 году, а его промышленная разработка началась в 1937 году. С тех пор он стал одним из важнейших источников хромитовой руды в стране. [1, 2]

Руда, добываемая на Сарановском месторождении, отличается высоким качеством и большим содержанием хрома в составе. Это делает ее ценным ресурсом для различных отраслей промышленности, включая металлургию, химическую и строительную.

Сарановский расслоенный массив представляет собой дайкообразную форму размером 6х0,42 км, который охватывает широкую территорию в субмеридиональном направлении. Массив круто опускается на восток с почти вертикальными уклонами около 90° и, образуя острые углы, проникает в слоистые отложения окружающих пород. На северном склоне массив пологий и продолжается на глубину до 400 м без явных изменений. На юге массив прерывается тектоническим разломом. Внутри массива прослеживаются блоки, разделенные разломами субгоризонтального, широкого и диагонального типа, где амплитуда вертикального смещения достигает 100 метров. Геологически массив состоит из пород габбро-ультрамафической и дайковой серии. [1, 2]

Северный Сарановский массив, достигая размеров до 1,9×0,42 км, имеет преимущественно меридиональное направление и резко опускается на восток, пересекая слоистость окружающих пород. На северном склоне массив плавно утопает в землю и продолжается на глубину не менее 400 метров. По данным геологического исследования удалось проследить массив вниз на глубину до 1 км со слабыми изменениями в плотности.

Южный Сарановский массив, расположенный южнее северного и к северу от станции Лаки, Горнозаводской железной дороги, имеет размеры 1,8×0,1 км и сохраняет почти неизменную мощность на глубину до 600 метров. [1, 2]

По сравнительному анализу Бушвельдского комплекса можно отметить, что многие хромиты рифа Меренского обладают повышенной магнезиальностью в диапазоне от 0,35 до 0,43, при этом характеризуются низкой хромистостью от 0,50 до 0,60.

UG2 также отличается высоким уровнем магнезиальности 0,30–0,45 и хромистостью 0,60–0,66. В то время как у UG1 преобладает хромистость в диапазоне 0,64–0,74, с более низкими значениями магнезиальности от 0,24 до 0,30.

С хромитами MG3 ситуация другая: их хромистость варьируется от 0,62 до 0,66, а магнезиальность имеет больший разброс от 0,15 до 0,40.

Хромиты LG-6 характеризуются узкими вариациями: хромистость 0,62–0,64 при более высокой магнезиальности 0,44–0,48. Большие отклонения в анализах наблюдаются у хромитов UG1: #Cr 0,76–0,77 и #Mg 0,13–0,17, а также у MG3: #Cr 0,42–0,54, #Mg 0,42–0,50.

Что касается хромшпинели хромититов Главного Саранского месторождения, то они обычно имеют магнезиальность от 0,4 до 0,65. В то время как хромиты Южного массива отличаются более низкими показателями магнезиальности в среднем от 0,35 до 0,6. Хромистость хромшпинели хромититов Главного Саранского месторождения варьируется от 0,5 до 0,9, а для Южного массива она находится в диапазоне от 0,6 до 0,9.

На дискриминационной диаграмме (рис. 1) все анализы хромититов Бушвельдского комплекса находятся в поле расслоенных интрузивов. Исключение составляют только два анализа хромитов UG1 из-за повышенного содержания Cr и два анализа хромитов MG3 из-за повышенного содержания Al. При этом горизонты UG1 и MG3 не относятся к крайне верхним или нижним горизонтам хромитита.

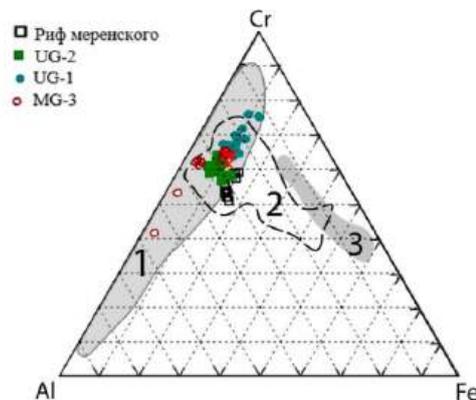


Рис. 1. Тройная диаграмма Cr - Al - Fe для трехвалентных катионов хромшпинелидов Бушвельдского комплекса. Поля по [3] 1 – офиолитов, 2 – расслоенных интрузивов, 3 – концентрически-зональных массивов Аляски

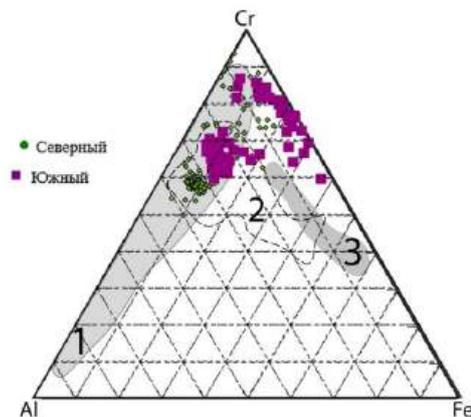


Рис. 2. Тройная диаграмма Cr - Al - Fe для трехвалентных катионов хромшпинелидов Северного Сарановского и Южного массивов. Поля по [3] 1 – офиолитов, 2 – расслоенных интрузивов, 3 – концентрически-зональных массивов Аляски

Касаемо Сарановского месторождения (рис. 2), большая часть вещества оказалась одновременно в полях расслоенных интрузивов и офиолитов. Однако, примерно половина анализов Южного массива не попала ни в одно из этих полей, а отклонилась в сторону содержания Fe^{3+} .

При сравнении хромититов расслоенных массивов, которые являются схожими друг с другом как по составу, так и по возрасту, были обнаружены различия и разнообразие хромшпинелей.

Согласно современной классификации [4]:

Бушвельдский комплекс – хромит $(Fe_{0,55-0,6}Mg_{0,35-0,4})(Cr_{1,1-1,2}Al_{0,5-0,55}Fe_{0,15-0,2})O_4$.

Северное Сарановское месторождение – хромит-магнезиохромит $(Fe_{0,45-0,6}Mg_{0,45-0,6})(Cr_{1,2-1,3}Al_{0,5-0,6}Fe_{0,15-0,2})O_4$.

Южно-Сарановское месторождение – хромит-магнезиохромит $(Fe_{0,45-0,5}Mg_{0,5-0,58})(Cr_{1-1,3}Al_{0,45-0,5}Fe_{0,15-0,4})O_4$.

Литература

1. Иванов О.К. Расслоенные хромитонесные ультрамафиты Урала. М.: Наука, 1990. 243 с.
2. Иванов О.К. Минералогия Сарановского хромитового месторождения, Урал // Минералогический альманах. – Т. 21. – вып. 2. М.: «Минералогический альманах». – 2016. – 128 с.
3. Barnes S.J., Roeder P.L. The Range of Spinel Compositions in Terrestrial Mafic and Ultramafic Rocks // Journal of Petrology. 2001. – V. 42. – N 12. – P. 2279–2302.
4. Bosi F., Biagioni C., Pasero M. Nomenclature and classification of the spinel supergroup // Eur. J. Mineral. 2019. – V. 31. – P. 183–192.
5. Scoates J.S., Friedman R.M. Precise age of the platinumiferous Merensky reef. Bushveld Complex. South Africa, by U-Pb zircon chemical abrasion ID-TIMS technique // Econ. Geol. 200S. – V. 103. – P. 465-471.
6. Zeh A Ovtcharova M., Wilson A.H., Schallegger U. The Bushveld Complex was emplaced and cooled in less than one million years - results of zirconology, and geotectonic implications // Earth Planet. Sci. Lett. – 2015. – V. 418. – P. 103-114.

ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРИДОТИТОВ СЕВЕРО-УЗЯНСКОЙ ПЛОЩАДИ МАССИВА СЕВЕРНЫЙ КРАКА

Гатауллин Р.А.¹

Научный руководитель: д.г.-м.н., г.н.с. Д.Е. Савельев¹

¹Институт геологии уфимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, Россия

Изучение мантийных ультрамафитов офиолитовых комплексов важно для понимания процессов, происходящих в верхней мантии Земли. В пределах складчатых структур Южного Урала наибольшими размерами, а также наличием хромитового оруденения и относительно высокой сохранностью первичного состава пород интересны массивы Крака [4,5]. Один из массивов, представляющих интерес – Северный Крака. Он характеризуется неоднородностью изученности, а также близостью составов отдельных его пород к мантийным [2,6]. В данной работе приведены начальные петрографические исследования пород Северо-Узянской площади, расположенной в юго-западной части массива (рис.1.). Ранее они не были охарактеризованы в опубликованной литературе.

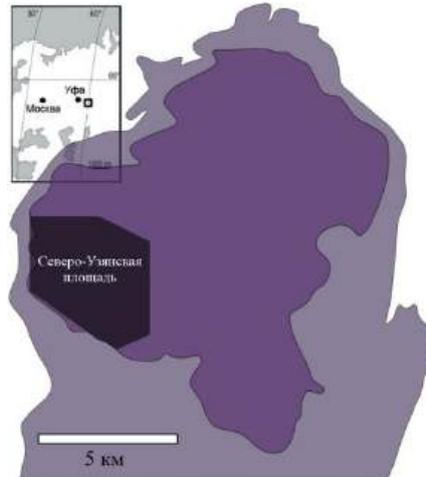


Рис. Расположение Северо-Уральской площади в пределах массива Северный Крак

Исследования проводились на оптическом поляризационном микроскопе Полам Р-311.

Для дунита, гарцбургита и лерцолита характерна массивная текстура, полнокристаллическая среднезернистая структура.

Дуниты обычно серпентинизированы на 50–70 %, доля серпентинизации неоднородна в пределах одного шлифа. Реликты оливина в ядрах мелкие, до 0,4 мм, размер зёрен до 2 мм. Хромшпинелиды имеют облик, достигающий до идиоморфного, а также ровные и чёткие границы, в отличие от зёрен хромшпинели в перидотитах. Зёрна непросвечивающие, размер до 0,6 мм.

Гарцбургиты содержат относительно крупные (до 7 мм) зёрна ортопироксена с ламеллями. Отмечается высокое содержание серпентина (70 %), который развит преимущественно по оливину, тогда как пироксены сохранены значительно лучше. Первичный оливин при этом сохраняется в реликтах, окружённых петлями серпентина. Отдельные участки нацело сложены серпентином. Размеры зёрен оливина обычно в пределах 2–3 мм, редко доходя до 5 мм.

Зёрна хромшпинелидов довольно мелкие, в большинстве случаев до 0,5 мм, редко до 1,5 мм что меньше типичного размера для шпинели офиолитовых ультрамафитов схожих массивов и даже соседних участков Северного Крака [1,2]. Зёрна часто содержат округлые включения оливина. В ортопироксене ламели чаще линзовидные, либо в виде пунктирных линий. Ламели характерны для относительно больших зёрен ортопироксена (более 4 мм), в мелких они не встречаются.

В лерцолитах серпентинизация достигает 25 %. Зёрна ромбических пироксенов таблитчатые, достигают 3 мм, в редких случаях имеют неоднородное погасание. Зёрна клинопироксена более мелкие, редко крупнее 1,5 мм, а также имеют более угловатую форму, в сравнении с ортопироксеном. Хромшпинелиды лерцолитов имеют сложную извилистую форму, коричневый цвет и окружены вторичными агрегатами хлорита и серпентина, образующимися по плагиоклазу.

Вебстерит имеет гранобластовую структуру и массивную текстуру. Образцы очень крепкие, вторичные изменения проявлены очень слабо. Доля ортопироксена около 60 %, клинопироксена – 30 %, остальной объём породы сложен оливином, хромшпинелидом, плагиоклазом и серпентином. Размер зёрен пироксенов до 4 мм. Во многих зёрнах как ромбического, так и моноклинного пироксена фиксируются ламели, мелкие цепочечные включения силикатов с высокими интерференционными окрасками, неоднородное погасание, при этом неоднородное погасание характерно больше для ортопироксена, а наиболее выраженные включения – для клинопироксена. Хромшпинелид находится в сростаниях с плагиоклазом либо с продуктами его вторичных изменений по периферии зёрен шпинели в виде форм, характерных для шпинель-плагиоклазовых лерцолитов.

Наличие в пироксенах изученных пород неоднородного погасания, развитие ламелей различной морфологии говорит о значительной роли процессов пластических деформаций, и, соответственно, частичного плавления [3] в ходе становления пород. Приближение формы хромшпинелидов к идиоморфной в ряду вебстерит, лерцолит – гарцбургит – дунит, что также соответствует увеличению степени деплетированности пород, говорит о влиянии вышеупомянутых процессов на морфологические характеристики хромшпинелида.

Исследования выполнены за счёт гранта РФ №22–17–00019.

Литература

1. Гатауллин Р.А. Морфология аксессуарных хромшпинелидов массива Северный Крак // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. – 2022. – № 10. – С. 140–143.
2. Савельев Д.Е., Гатауллин Р.А. Лерцолиты Азнагуловской площади (Южный Урал): состав и P-T-fO₂ условия образования // Вестник Академии Наук РБ. – 2021. – Т. 40. – № 3(103). – С. 15–25.
3. Савельев Д.Е., Плучков В.Н., Сергеев С.Н., Мусабиров И.И. О деформационно-индуцированном распаде энстатита в мантийных перидотитах и его значении для процессов частичного плавления и хромитообразования // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 476. – № 2. – С. 200–204.
4. Савельев Д.Е., Сначев В.И., Савельева Е.Н., Бажин Е.А. Геология, петрогеохимия и хромитонность габбро-гипербазитовых массивов Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис. – 2008. – 320 с.

5. Сначёв В.И., Савельев Д.Е., Рыкус М.В. Петрографические особенности пород и руд габбро-гипербазитовых массивов Крака. Уфа. – 2001. – 212 с.
6. Чашухин И.С., Вотяков С.Л., Шапова Ю.В. Кристаллохимия хромшпинели и окситермобарометрия ультрамафитов складчатых областей. Екатеринбург: ИГиГ УрО РАН. – 2007. – 310 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Готфрид Н. С.

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Развитие методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых не стоит на месте. На сегодняшний день все также важно совершенствовать уже широко применяемые эффективные методы, но как правило данные методы не всегда экологичны. На данный момент снижение воздействия техногенной нагрузки из-за деятельности геологоразведочных работ и горного производства на природные экосистемы имеет все большую актуальность, поэтому важно рассматривать и другие методы. Например, рассмотренный в данной работе один из геохимических методов – биогеохимический, основанный на обнаружении биогеохимических аномалий, которые возникают из-за накопления химических элементов над рудными месторождениями. Для того чтобы найти такие аномалии важно понимать и знать какие факторы влияют на содержание элементов в растениях и какие растения целесообразно использовать на определенном участке территории, с целью улучшить эффективность использования данного метода [1]. Из-за того, что при использовании данного метода в виде индикаторов выступают определенные химические элементы, которые определяются по анализу биогенных объектов в основном растений, то зачастую использование данного метода всегда будет более экологичным и не всегда жертвуя эффективностью по сравнению с широко применяемыми и другими геохимическими методами.

Целесообразность практического применения биогеохимических поисков обусловлена необходимостью достаточно быстрого и достоверного опоскования с наименьшими затратами времени и средств широко распространенных площадей с труднооткрываемыми рудными телами, погребенными под маломощным (от 2 до 50 м) покровом аллохтонных и склоновых (транзитных) образований или полностью выщелоченными на небольшую глубину. Эта целесообразность определяется в основном экономическим фактором – значительно меньшей стоимостью глубинного опоскования закрытых и полужакрытых территорий биогеохимическим методом по сравнению с лито- и гидрохимическими исследованиями поисковых скважин соответствующей глубины [3].

Применение метода биогеохимического опоскования с целью обнаружения рудных залежей полезных ископаемых, эффективно и целесообразно использовать в определенных климатических и ландшафтных зонах, то есть в том случае, когда существует преимущество в эффективности использования данного метода перед более простым литохимическим. К таким территориям и зонам относятся:

- гумидные при замедленных процессах денудации – переноса продуктов разрушения горных пород в пониженных участки земной поверхности, где происходит их аккумуляция;
- гумидные и умеренно влажные зоны;
- аридные, пустыни или полупустыни;
- территории заболоченных равнин и торфяников при глубинном залегании от 2-10 м потенциально рудомещающих коренных пород;
- территории, покрытые сплошным моховым или растительным покровом, и со слепыми литохимическими ореолами рассеяния при верхней границе глубины не менее 1 м от поверхности;
- территории, перекрытые крупноглыбовыми курумовыми осыпями, а также поросшими деревьями и кустарниками;
- территории болот, которые в зимний период промерзают с целью возможности отбора проб [2].

То, что данный метод достаточно эффективен и достоверен в применении было подтверждено с начала 20–30-х гг. XX века, после первых исследований советских ученых, в том числе и В. И Вернадским и А. П Виноградовым. В 60–70-е гг. были ознаменованы значительным прогрессом в развитии теории и практики биогеохимических методов.

Существует множество месторождений, открытых благодаря применению данных методов. Самыми значимыми и характерными открытиями являются – молибденовые месторождения «Бетлехем» и «Эндако» на территории Канады, нахождение которых было определено благодаря повышенному содержанию молибдена в хвое и ветвях хвойных деревьев. Также характерным месторождениями, открытым благодаря использованию биогеохимического метода – «Молибденовое» и «Стронциевое» в СССР с характерным повышенным содержанием Mo и Sr, объектами опробования являлись: корка, шишки сосны обыкновенной и стебли рододендрона [3].

На сегодняшний день данный метод все еще не нашел широкого применения, но все также используются, когда существует преимущество в первую очередь перед литохимическим методом, а также и другими методами. Например, в недавнем биогеохимическом исследовании, проведенном в Канаде, учеными Z. Ghorbani, A.Sexton, Lisa.L.Van Loon и Neil R. Banerjee на золоторудном месторождении Йеллоунайф-Сити с использованием образцов растений – ольхи, лабрадорского чая, черной ели и можжевельника, показало, что образцы растений могут успешно накапливать аномальные значения Au [5]. В исследовании, проведенном на территории Верхнего Приамурья, Д. В Юсуповым на участке «Алкаган» золотосеребряная минерализация сопровождается биогеохимическими

аномалиями Au и Ag. Данные биогеохимические исследования были проведены с использованием растений – ивы коротконожковой и березы кустарниковой [4].

Данные исследования подтверждают, что использование биогеохимического метода эффективно в качестве поиска месторождений Au, Mo и других металлов. При первом рассмотрении применения данного метода следует отметить, что из растений концентраторов элементов обычно выделяют группы концентраторов и деконцентраторов. В таких группах растений накапливаются элементы, обычно это тяжелые металлы, которые в большинстве случаев содержатся в повышенных или наоборот пониженных концентрациях независимо от нахождения в той или иной среде. Растения-концентраторы являются представителями биогеохимических барьеров. В свою очередь в растениях-деконцентраторах определенные элементы всегда находятся в сниженных содержаниях. Поэтому виды представителей групп таких растений нужно исключать при биогеохимических поисках [1].

При сравнении использования различных геохимических поисковых методов в конкретных или различных ландшафтно-геохимических условиях, можно сказать, что главной отличительной особенностью будет являться – информативность, то есть показательная и числовая достоверность данных, а также интерпретация эффективности применения одного из методов. В литературных источниках сравнение информативности геохимических методов поиска приводится ограниченное количество. Одним из самых характерных сравнений был проведен В.А. Алексеенко. Им было проведено сравнение нескольких геохимических методов на информативность их применения. Сравнивались такие методы как первичный и вторичный литохимический метод, а именно их вариант глубинного и поверхностного применения. Также были приведены к сравнению – биогеохимический, гидрохимический, также метод на основе потока рассеяния и шлиховой метод. Сравнение данных методов было проведено в схожих климатических и ландшафтных условиях Северного Кавказа. Итог данного сравнения информативности методов, следующий:

- в сельскохозяйственных ландшафтных зонах наилучшей информативностью обладает – глубинный вариант первичного и вторичного литохимического метода;
- в ландшафтах лесов низкогогорья и равнинной области (с мощностью рыхлых отложений 5 м) информативными являются – поверхностный вторичный литохимический и биогеохимические методы, на участках, где имеются выходы на поверхность коренных пород в руслах рек и ручьев – поверхностный вторичный литохимический метод;
- в трансаккумулятивных ландшафтах (с мощностью рыхлых отложений около 10 м) метод с наилучшей информативностью – биогеохимический;
- в природных ландшафтах с толщиной, перекрывающих аллохтонные образования свыше 3 метров, наиболее показательным методом является – биогеохимический;
- в зонах болот и пойменных лугов также биогеохимический [2].

В ходе проведенных опытных работ на Вьюнском рудном поле в условиях криолитозоны авторами Е.Г. Языковым, Е.А. Филимоновым, А.Ю. Мишанькиным и др. был применен биогеохимический метод поиска золота. Также авторами данной работы были параллельно проведены сборы данных элементного содержания с помощью литогеохимического опробования и шлихового отбора проб. По итогам сравнения данных элементного состава разных методов, авторы работы сделали вывод о том, что при применении биогеохимического метода поиска в криолитозоне следует использовать мох или ягель. Но для лучшего применения данного метода с использованием мха лучше проводить на заболоченных территориях, где развита мощная моховая подушка [6].

Таким образом, использование биогеохимического метода поиска рудных месторождений на сегодняшний день является все также актуальным и эффективным, как и в начале исследований в 20-х гг. и широкого применения с 60-х гг. XX века. Также данный метод экологичен, а экономическая целесообразность обусловлена в основном наименьшей стоимостью глубинного опробования закрытых и полужакрытых территорий по сравнению с другими геохимическими методами. Так как эффективное использование данного метода очень сильно зависит от территории на котором предполагается проводить геологоразведочные работы, то данный метод лучше всего применять на территориях с гумидным, аридным климатом и полупустынь, а также на заболоченных равнинах, болотах, торфяниках, на участках, покрытых сплошным моховым и растительным покровом. Информативность данных в использовании биогеохимического метода зависит также и от ландшафта территории, высокая информативность у данного метода будет выше по сравнению с другими геохимическими методами на ландшафтах лесов низкогогорья и равнинной области, на территориях перекрывающих рыхлых аллохтонных образований, ландшафтах болот и пойменных лугов.

Литература

1. Алексеенко В.А. О биохимических поисках месторождений полезных ископаемых // Геохимия живого вещества: материалы Международной молодежной школы-семинара. Томск: Изд-во ТПУ. – 2013. – С. 28–33.
2. Алексеенко В.А. Проведение биогеохимических поисков месторождений полезных ископаемых // Геохимия живого вещества: материалы Международной молодежной школы-семинара. Томск: Изд-во ТПУ. – 2013. – С. 33–40.
3. Ковалевский А.Л. Биогеохимические поиски рудных месторождений. – М.: Изд-во Недр, 1984, – С.10–22.
4. Юсупов Д.В. Применение биогеохимического и минералого-геохимического в золотоносных районах Верхнего Приамурья. Монография / Д. В. Юсупов. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2013. – 136 с.
5. Ghorbani Z., Sexton A., Van Loon L.L. etc. Biogeochemical prospecting for gold at the Yellowknife City Gold Project, Northwest Territories, Canada: Part 1 – Species optimization // Applied Geochemistry. – 2022. – Vol 145. – Article 105423. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2022.105423.

**ТИПОМОРФИЗМ ПИРИТА КАК МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ОРУДЕНЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО АU-АG МЕСТОРОЖДЕНИЯ СВЕТЛОЕ
(ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)**

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

Научный руководитель доцент, к.г.-м.н. Т.Ю. Якич¹

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

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

Наиболее распространенным сульфидом, особенно в месторождениях золота, традиционно считается пирит [7–9]. Характер концентрирования элементов в составе пирита зачастую представляет не только фундаментальный, но и практический интерес, так как отдельные зоны этого минерала могут являться концентраторами наноразмерного [6, 10–11] или микронного [4] золота. Происхождение этого явления в эпитеpмальных месторождениях истолковано [6] как результат неравновесных процессов, связанных со смешиванием гидротермальных флюидов разного состава и/или растворением-перераспределением пирита в более благоприятных кинетических условиях [6]. Так, например, 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 [12]. Степень захвата пиритом элементов примесей зависит от положения кристаллов к поступающему раствору, степени контакта с другими минералами, от того, какие это минералы и др. Форма кристаллов пирита зависит от кристаллохимических его особенностей, физико-химических условий среды минералообразования, характера ассоциирующих с ним минералов и др [3 – 4]. Так, например, в нейтральной среде атомы железа и гантели серы энергетически становятся равноправными и наиболее плотные сетки в структуре отвечают граням куба, поэтому кристаллы кубического габитуса предпочтительнее кристаллизуются из нейтральных растворов, а октаэдрические из кислых или щелочных [3 – 4]. Исследователи морфологии пирита приходят к выводу о том, что при развитии рудоносных метасоматических ореолов происходит последовательное усиление интенсивности развития пентагондодекаэдрических граней на кубических кристаллах, вплоть до комбинаций (100) + (210) с преобладанием граней пентагондодекаэдра и появления, собственно, пентагондодекаэдрических кристаллов [1].

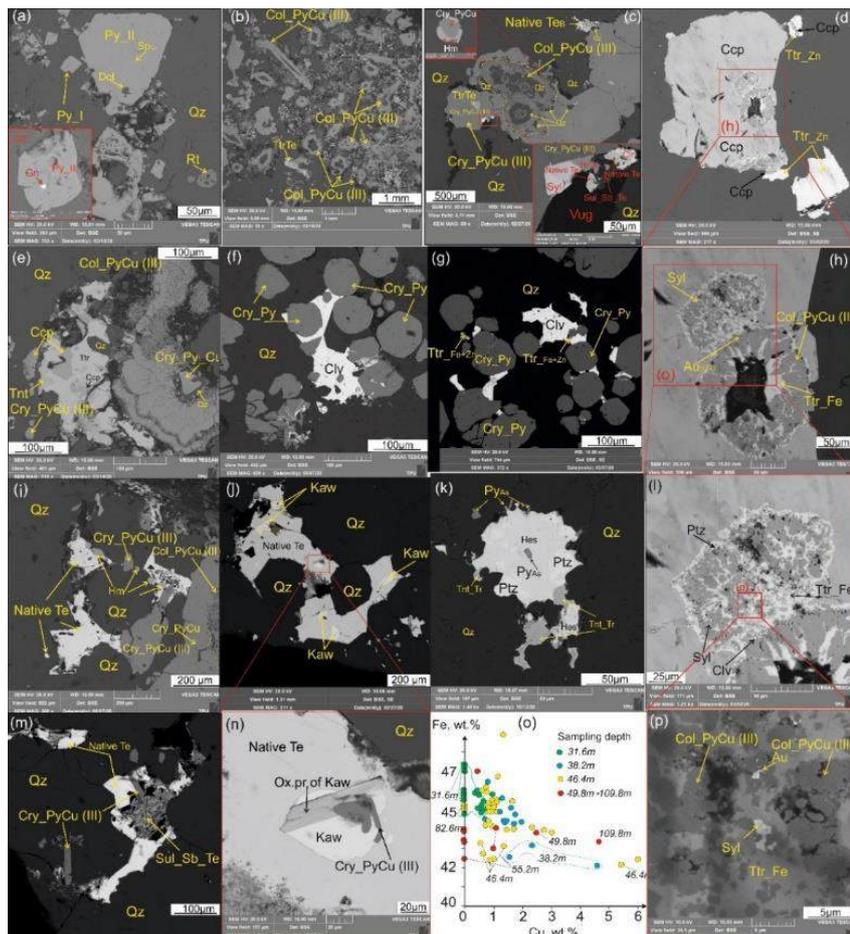


Рис. Микрофотографии (изображения SEM-BSE), демонстрирующие парагенезис сульфидов, сульфосолей и теллуридов рудной зоны Эми

Объектом настоящего исследования является изучение типоморфизма наиболее распространенного минерала эпитермального месторождения Светлое рудной зоны Эми – *пирита* в качестве минералогического поискового критерия золотого оруденения Au-Ag-Te типа. Ранее в пределах эпитермального месторождения Светлое, частью которого является рудная зона Эми, авторами установлено два типа золотого оруденения: Au-Ag и Au-Ag-Te [13]. Рудная зона Эми локализована в пределах Ульяновского прогиба Охотско-Чукотского вулканогенно-плутонического пояса, сложенного меловыми вулканогенно-осадочными отложениями [2]. При исследовании 120 аншлифов установлено несколько генераций пирита. (I) Дорудный пирит (I) кубического габитуса, мелкозернистый, со средним размером кристаллов 20–50 мкм, соответствует ранней метасоматической стадии (рис. а). (II) Рудогенный пирит полиметаллической стадии (II), который крупнее раннего пирита (I), также демонстрирует признаки выщелачивания вследствие действия следующих ступеней гидротермального этапа. Он содержит сингенетичные включения галенита и сфалерита (рис. 3а), и эпигенетические включения глин, блеклых руд II, карбонатов, кварца, заполняющих пустоты в процессе дальнейшего минералообразования. (III) Рудогенный пирит теллуридной стадии представлен двумя морфологическими разновидностями – колломорфной (IIIа) (рис. b-c), более ранней, которая обрастает кристаллическим (идиоморфным) пиритом (IIIб) (рис. c). Обе морфологические разновидности содержат значимую примесь Cu (0,06–6,03 мас. %). Пирит этой стадии встречается в ассоциации с блеклыми рудами II (рис. d-e), теллуридами золота и серебра (рис. f-g, k-l, p), хемуситом (рис. i) и кавацулитом (рис. n). В некоторых образцах этот пирит (IIIб) имеет признаки растворения (рис. n), обусловленного замещением при притоке более поздних флюидов, отлагающих различные теллуриды Cu, Sb, Bi, Ni, Hg, Au, Ag, самородного теллура (рис. m-n), «нормальные» блеклые руды (твердые растворы теннантит-тетраэдрита) и халькопирит. Пирит этой стадии имеет идиоморфный облик кристаллов, отклоняющийся от кубического в зависимости от глубины образования. На более глубоких горизонтах рудогенный пирит IIIб представлен пентагондодэкаэдрическими разновидностями (рис. f-g), тогда как по направлению к поверхности и ближе к более окисленным поверхностным состояниям он приобретает преимущественно призматическую форму и обогащается мышьяком (рис. k-m). Пирит IIIб также демонстрирует химическую неоднородность по глубине образования. На самых глубоких горизонтах он не обогащён значимыми примесями, которые легко определяются малочувствительными методами, на средней глубине обогащён примесью меди, а в приповерхностных условиях обогащён мышьяком.

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

Литература

1. Коробейников А.Ф., Пшеничкин А.Я. Геохимические особенности пирита золоторудных месторождений // *Геохимия*. – 1985. – №1. – С. – 93–104.
2. Мишин Л.Ф. Вторичные кварциты и их связь с золоторудной минерализацией месторождения Светлое (Россия) (Ульяновский прогиб, Охотско-Чукотский вулканогенный пояс) // *Тихоокеанская геология*. – 2011. – Т. 30. – № 4. – С. 32–48.
3. Новгородова, М.И., Гамянин, Г.Н., Целин, А.М., Кортман, Р.В., Чижова, И.А. Типоморфизм золотоносных сульфидов и их минеральных ассоциаций // *Новые данные о типоморфизме минералов*. – М.: Наука, 1980.
4. Попов, А.Б. Оценка уровня эрозионного среза золоторудных месторождений восточной части Гонжинского выступа // *Генезис месторождений золота и методы добычи благородных металлов (Материалы Международной научной конференции, посвященной 300-летию геологической службы России)*. – Благовещенск: АмурКНИИ АмурНЦ ДВО РАН, 2001. – С. 107–109.
5. Прохоров, В.Г. Элементы-примеси в пиритах и возможности использования пиритов при поисках рудных месторождений // *Геология и геофизика*. – 1965. – № 9. – С. 67–74.
6. Deditius, A. P. Reich, M., Kesler, S. E., Utsunomiya, S., Chryssoulis, S. L., Walshe, J., Ewing, R. C. The coupled geochemistry of Au and As in pyrite from hydrothermal ore deposits / A. P. Deditius, M. Reich, S. E. Kesler, S. Utsunomiya, S. L. Chryssoulis, J.Walshe, R. C. Ewing // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2014. – V.140. – P. 644–670.
7. Keith, M.; Smith, D.J.; Jenkin, G.R.T.; Holwell, D.A.; Dye, M.D. A Review of Te and Se Systematics in Hydrothermal Pyrite from Precious Metal Deposits: Insights into Ore-Forming Processes. *Ore Geology Reviews*. – 2018. – 96. – 269–282. – doi:10.1016/j.oregeorev.2017.07.023.
8. Keith, M.; Smith, D.J.; Jenkin, G.R.J.; Holwell, D.A. Global Se and Te Systematics in Hydrothermal Pyrite from Different Ore Deposits: A Review. *Appl. Earth Sci.* – 2017. – Vol. 126. – P. 70–71. doi:10.1080/03717453.2017.1306265.
9. Keith, M.; Börner, F.; Keith, M.; Smith, D.J.; Barry, T.L.; Neumann, T.; Klemd, R. Epithermal Pyrite as Target for Tellurium Exploration in Vatukoula , Fiji Epithermal Pyrite as Target for Tellurium Exploration in Vatukoula , Fiji. *Abstr. DMG virtual poster Sess.* – 2020. – P. 2–3.
10. Kesler, S. E. Ewing, R. C, Deditius, A.P., Reich, M. M, Utsunomiya, S., Chryssoulis, S. Role of arsenian pyrite in hydrothermal ore deposits: A history and update. // *Great Basin Evolution and Metallogeny, Vols I and II in Conference: 6th Geological Society of Nevada on Great Basin Evolution and Metallogeny: Reno*. – 2011. – P. 233–243.
11. Simon, G., Huang, H., Penner-Hahn, J.E., Kesler, S.E., Kao, L.S. Oxidation state of gold and arsenic in gold-bearing arsenian pyrite / G. Simon, H. Huang, J.E. Penner-Hahn, S.E. Kesler, L.S. Kao // *American Mineralogist*. – 1999. – V. 84. – P. 1071–1079.
12. Tardani, D., Reich, M., Deditius, A. P., Chryssoulis, S., Sánchez-Alfaro, P., Wrage, Ja., Roberts, M. P. Copper–arsenic decoupling in an active geothermal system: A link between pyrite and fluid composition / D. Tardani, M. Reich, A. P. Deditius, S. Chryssoulis, P. Sánchez-Alfaro, Ja. Wrage, M. P. Roberts // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2017. – V. 204. – P. 179–204.
13. Yakich, T.Y., Ananyev Y.S., Ruban A.S., Gavrillov, R.Y., Lesnyak, D.V., Levochskaia, D.V., Savinova, O.V., and Rudmin M.A. Mineralogy of the Svetloye epithermal district, Okhotsk-Chukotka volcanic belt, and its insights for exploration / T.Y.Yakich, Y.S.Ananyev, A.S.Ruban, R.Y.Gavrillov, D.V.Lesnyak, D.V. Levochskaia, O.V.Savinova, and M.A. Rudmin // *Ore Geology Reviews*. – 2021. – V.136. 104257 DOI:10.1016/j.oregeorev.2021.104257

**ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРИЧЕСКИ-ЗОНАЛЬНЫХ МАФИТ
УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ, УКТУССКОГО (СРЕДНИЙ УРАЛ) И ГАЛЬМОЭНАНСКОГО
(КОРЯКСКОЕ НАГОРЬЕ)**

Исин А.А.

Научный руководитель А.И. Чернышов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Исследование ультрамафитов и мафитов Уктусского массива проводилось с целью выявления их петрохимических особенностей. При выполнении поставленной задачи использовались бинарные диаграммы, отражающие корреляцию главных петрогенных элементов. Для построения диаграмм использованы результаты 40 анализов ультрамафитов и мафитов Уктусского массива (приложение), а также для сравнения 26 анализов ультрамафитов и мафитов Гальмоэнанского массива, которые относятся к концентрически зональным мафит-ультрамафитовым массивам (приложение).

Проведен анализ распределения петрогенных элементов в породах Уктусского и Гальмоэнанского массива: дунитах, верлитах, клинопироксенитах и габбро.

Дуниты Уктусского массива имеют компактное распределение которая отражает близость их состава, для них характерны незначительные вариации магния (чаще 35–40 %) и кремнезема (35–40 %). Дуниты Гальмоэнанского массива характеризуются более близкими составами и отличаются от исследуемого Уктусского массива, несколько повышенным содержанием кремнезема до 40% и магния до 48 %.

На диаграмме FeO-MgO дуниты Уктусского массива характеризуются значительным разбросом железистости от 2 до 15 %, чаще 5–7 %. Дуниты Гальмоэнанского массива отличаются минимальной железистостью, менее 2 %. Возрастание железистости вероятно связано с серпентинизацией и образованием магнетита в породе. Распределение алюминия для дунитов обоих массивов является минимальным и аналогичным.

Верлиты и клинопироксениты для Уктусского массива имеют одинаковые поля распределения на исследуемых диаграммах, что отражает близость их состава. При вариациях магния от 15 до 25 %, железа, преимущественно, 1–4 %, кремнезема, чаще 45–55 %.

Клинопироксениты Гальмоэнанского массива по содержаниям магния, кремнезема и железа являются аналогичными верлитам и клинопироксенитам Уктусского массива. Однако верлиты Гальмоэнанского массива существенно отличаются от верлитов Уктусского, они являются более магнезиальными. Содержания магния в верлитах Гальмоэнанского массива несколько выше относительно пород Уктусского массива, таже в данных породах отмечается отличное и пониженное содержания кальция.

Габбро Уктусского массива характеризуются значительными вариациями кремнезема от 42 до 55 %, чаще (46-53 %) и железа от 6 % до 17 %. При этом для них отмечают незначительные вариации магния, чаще 5-10 %. Очевидно, что вариации составов габброидов обусловлено их минералогическим составом. Габброиды Гальмоэнанского массива являются аналогичными по магнезиальности, однако для них характерны минимальные содержания кремнезема ~ 40 %.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить как сходство, так и различия ультрамафитов Уктусского и Гальмоэнанского концентрически зональных массивов различных регионов. Очевидно, петрохимические особенности пород в исследуемых массивах обусловлены не только их петрографической неоднородностью, а также условиями формирования, определяемыми геодинамической обстановкой.

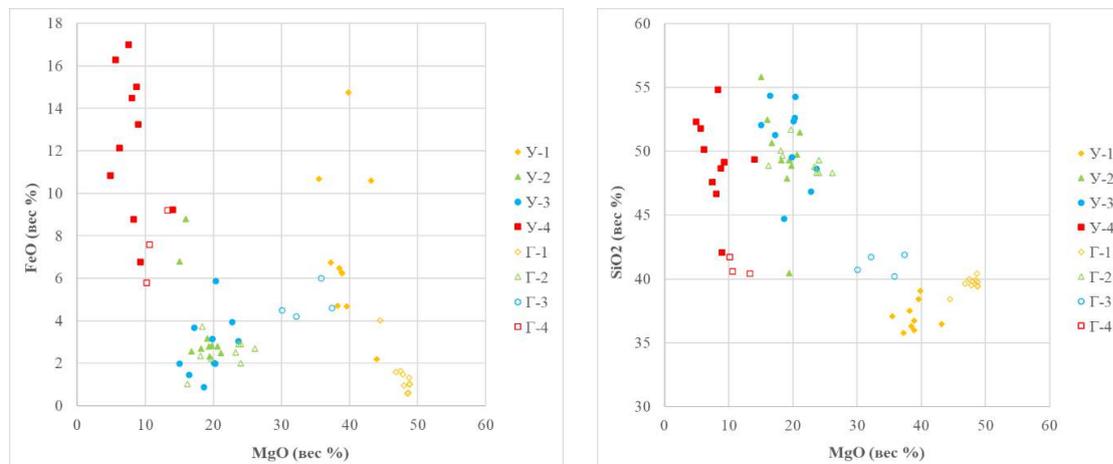


Рис. Бинарные диаграммы для ультрамафитов и мафитов Уктусского и Гальмоэнанского массивов
Уктусский массив: У-1 – дуниты, У-2 – клинопироксениты, У-3 – верлиты, У-4 – габбро;
Гальмоэнанский массив: Г-1 – дуниты, Г-2 – клинопироксениты,
Г-3 – верлиты, Г-4 – габбро

Литература

1. Пушкарев Е.В. Петрология Уктусского дунит-клинопироксенит-габбрового массива (Средний Урал). – Екатеринбург, 2000. – 298 с.
2. Сидоров Е.Г., Козлов А.П., Толстых Н.Д. Гальмоэнанский базитгипербазитовый массив и его платиноносность. – М.: Научный мир, 2012. – 288 с.

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХУСЫ-КАРДОНИКСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ
СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)**

Калинина Н.А.

Научный руководитель доцент М.А. Рудмин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В северо-западной части Кавказа обнажены выходы ооидовых железных руд. Обнажения в структурно-тектоническом плане относятся к Лабино-Малкинской зоне. Эти уникальные осадочные породы представляют собой предмет исследования, заинтересовавший ученых своим ограниченным временным распространением и характерной ооидовой текстурой. Несмотря на продолжительный интерес со стороны научного сообщества, ооидовые руды в данном регионе остаются малоизученными. Последнее крупное исследование осадочных пород данного района проведено Гавриловым в начале 2000-х [1]. В настоящее время отсутствует актуальное и детальное описание ооидовых железняков данной территории и особенностей их формирования. Работа направлена на изучение условий формирования одного из выходов ооидовых железных руд в Лабино-Малкинской зоне, с целью актуализации информации и более глубокого понимания природы ооидовых руд.

В ходе исследования было изучено более ста образцов. Образцы пород изучались с помощью оптической микроскопии (петрографический анализ), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с локальным рентгеновским энергодисперсионным анализом, просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) и рамановской спектрометрии.

Выходы железных руд, расположены в 200 км к югу от г. Ставрополь, на левом берегу реки Хусы-Кардоник. Разрез сложен осадочными породами среднеюрского возраста, джунгуарской свиты. Разрез перекрывается оскольчатыми аргиллитами нижнего байоса (рис.). Осадочный разрез сложен ооидовыми железняками, песчаниками и известняками с порослями желваковых фосфоритов (рис.). Важной чертой является разнообразие минерального состава пород. Основные *in situ* минералы включают в себя филлосиликаты (группы смектита и хлорита), карбонаты (кальцит, сидерит), оксиды (гетит, гематит, голландит, коронадит) и фосфаты (фторapatит), что свидетельствует о переменчивых условиях в процессе осаждения пород.

Оксидные минералы указывают на наличие достаточного количества растворенного в воде кислорода, что говорит о формировании пород на небольшой глубине вблизи берега. Результаты изотопного анализа указывают на возможное поступление кислорода из надземных вод. Карбонаты и филлосиликаты, являются основными минералами разреза и демонстрируют дефицит кислорода в придонной среде. Наличие фрамбоидов пирита, сидерита и геохимические индексы (повышенные значения $Mo\ EF$, $V\ EF$, $V\ EF$) позволяют выделить несколько интервалов аноксии – периодов отсутствия кислорода в придонной зоне. Таким образом одним из важных факторов контролирующим формирование пород является оксигенация морского дна.

Еще одним существенным фактором, является источник металлов. Исследования предшественников указывают, что материал поступал с континента, а основным источником служил Малкинский массив ультраосновных пород. Поступление терригенного материала в бассейн подтверждается постоянным обогащением терригенных элементов (Ti, Si, Al, Zr) и большой долей терригенной фракции (кварц, калиевый полевой шпат, циркон, ильменит). Поступление высокой доли терригенного материала в бассейн играло ключевую роль в формировании песчаников (слои III, VII, VIII, X, рис.).

Породы богатые карбонатами в верхней части разреза характеризуются низкой долей аллотигенного материала, что свидетельствует, об образовании пород вдали от побережья. Известняки в нижней части разреза (слой II, рис.), формировались в условиях сильного волнения, что подтверждается волнисто-слоистой текстурой. Фосфориты (рис.), содержат фрамбоиды пирита и вероятно формировались в условиях дефицита кислорода. Дефицит мог быть вызван апвеллингом. Апвеллинг способствует высокому поступлению фосфора и кислородному голоданию в мелководных морях (Nap et al., 2023). Основным источником карбонат- и фосфат- ионов служило разложение органического вещества.

В исследуемых породах не наблюдается прямой зависимости между количеством терригенного материала и долей железистых ооидов, что может свидетельствовать о разных источниках обломочного материала и железа. Часть железняков (слои I, IV, V, VI, рис.) характеризуются высоким содержанием терригенного материала, но при этом отличаются от песчаников повышенным содержанием ооидов и железа. Однако есть железняки (слой XI^a, рис.) и известняки (слой IX, рис.) с низким содержанием терригенного материала, но наличием железистых ооидов. Слабый приток терригенного материала, совместно с высокой долей железистых ооидов указывает на возможное наличие другого источника железа. В качестве такого источника могли служить просачивания гидротермальных растворов или флюидов со дна, аналогично процессам, рассматриваемым при обсуждении природы палеозойских железняков [2, 3], а также мезо-кайнозойских бассейнов [4, 5]. Возможное влияние гидротермальных флюидов подтверждается наличием флюидных включений в кальците и барите пород. Данные наблюдения позволяют

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

сделать вывод о том, что источником металлов могут быть гидротермальные флюиды, внедрение которых может быть связано с Маринским массивом. Этот массив, расположен ближе к зоне осадконакопления по сравнению с Малкинским, сформировался в ранней юре в процессе кальциево-щелочного магматизма. Внедрение пород Мариинского комплекса сопровождалось гидротермальным метасоматозом, приведшим к образованию золото-серебряной и полиметаллической минерализации, а также формированию баритового Каменноостского проявления [6]. Взаимосвязь ааленских железняков с Маринским массивом подтверждается высокой долей барита в железняках и наличием сульфидно-серебряной минерализации. Таким образом, несмотря на возможный вклад в формирование пород материала с континента, основным источником железа и других металлов, вероятно, были постмагматические флюидные растворы, поднимающиеся со дна.

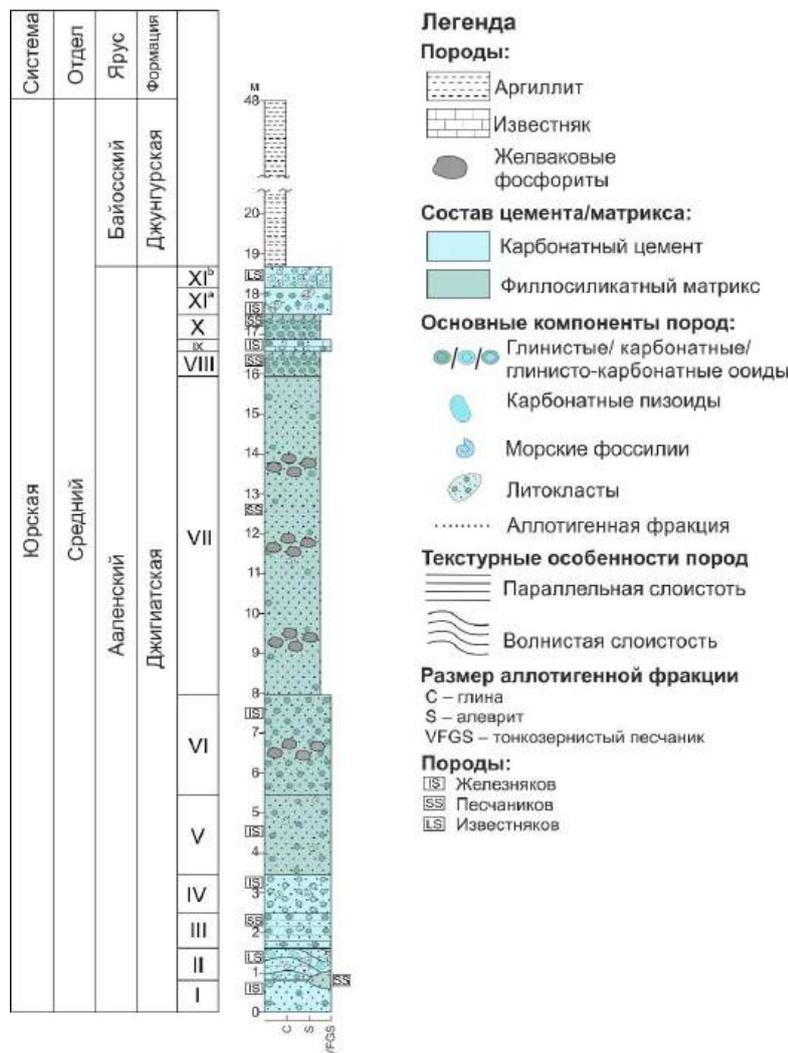


Рис. Литостратиграфическая колонка Хусы-Кардоникского разреза

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

Литература

1. Гаврилов, Ю.О. Динамика Формирования Юрского Терригенного Комплекса Большого Кавказа. ГЕОС: Москва, 2004. – Т. 555. – 310 с.
2. Семенуца, И.Н., Черных, В.И., Соколов, В.В., Деркачева, М.Г., Греков, И.И., Энна, Н.Л., Корсаков, А.С. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Масштаба 1:200 000 Серия Кавказская Лист К-37-VI,(XII) (Карачаевск). Объяснительная Записка. Письменный, А.Н., 2 изд.; Минприроды России, Роснедра, Карачаевочеркесскнедра, ФГУГП «Кавказгеолсъемка»: Москва, 2021.
3. Di Bella M., Sabatino G., Quartieri S., Ferretti A., Cavalazzi B., Barbieri R., Foucher F., Messori F., Italiano F. Modern Iron Ooids of Hydrothermal Origin as a Proxy for Ancient Deposits. Sci Rep. – 2019. – Vol.9. – P.1–9. doi: 10.1038/s41598-019-43181-y.
3. Pufahl, P.K., Squires, A.D., Murphy, J.B., Quesada, C., Lokier, S.W., Álvaro, J.J., Hatch, J. Ordovician Ironstone of the Iberian margin: Coastal upwelling, ocean anoxia and Palaeozoic biodiversity. – 2020. – Vol. 6. P. 581–604. doi:10.1002/dep2.113.

4. Rudmin, M., Mazurov, A., Banerjee, S. Origin of Ooidal Ironstones in Relation to Warming Events: Cretaceous-Eocene Bakchar Deposit, South-East Western Siberia. *Mar Pet Geol.* – 2019. – Vol. 100. – P. 309–325, doi:10.1016/j.marpetgeo.
5. Sturesson U., Heikoop J.M., Risk M.J. Modern and Palaeozoic Iron Ooids – a Similar Volcanic Origin. *Sediment Geol.* – 2000. – Vol.136. – P. 137–146. doi:10.1016/S0037-0738(00)00091-9.

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МАЙТЮБИНСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)

Касым А.Е.¹

Научный руководитель Е.Г. Язиков²

¹*Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
г. Караганда, Казахстан*

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

Территория Центрального Казахстана, обусловившей геоморфологические особенности его современного рельефа, расчлененность и обнаженность этого края весьма разнообразны. Местами, например, на значительной площади Центрального Казахстана в пределах Караганда-Прибалхашского, Улутау-Джезказганского, Чингиз-Тарбагатайского и Еременьтау-Баянаульского районов дочетвертичные отложения обнаружены хорошо. Однако, это наблюдается не повсеместно, а только там, где в результате эрозии и денудации удален покров современных рыхлых образований: в Кокчетавском, Сарысу-Тенизском, Чу-Сарысуиском. В остальных районах докембрийские и палеозойские отложения обнаружены плохо. К сказанному следует добавить, что на всей территории Центрального Казахстана широким распространением пользуется Древняя кора выветривания, местами достигающая мощности в несколько десятков, а иногда и более сотни метров. Кроме того, в силу геоморфологических и климатических особенностей, на всей площади широко развиты современные делювиально-элювиальные образования. Все это обуславливает многие затруднения и различную степень изученности стратиграфии отложений, участвующих в строении разных частей Центрального Казахстана.

Формирование современного облика тектонических структур региона обусловлено весьма сложными и продолжительными геологическими процессами.

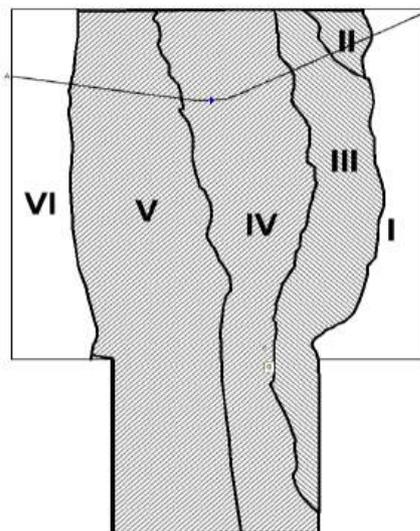
Изучаемая площадь находится в пределах развития Улутау-Арганатинского мегантиклинория, который подразделяется на карсакапайский синклиниорий, майтюбинский антиклинорий и байканурский синклиниорий. Строение изучаемой территории практически полностью определяется строением протерозойского тектономагматического мегацикла. Западная часть изучаемой территории покрыта раннекаледонскими формациями.

Протерозойский тектономагматический мегацикл включает в себя 4 цикла. Это карельский, готский, байкальский и исидонский тектономагматические циклы. Породы вышеперечисленных циклов отделяются друг от друга сериями крупных сбросов мантийного заложения [1].

Наличие подобных сбросов обосновывается резкой сменой формационных комплексов и косвенно подтверждается результатами моделировании геологического разреза с помощью расчета прямых задач по гравиметрическим и магнитометрическим данным.

В каждом цикле наблюдается закономерная смена геосинклинальных формаций орогенными формациями. Завершается протерозойский мегацикл вендскими посторогенными формациями и в самой верхней части платформенными отложениями.

В целом протерозойский мегацикл развивался с северо-востока на юго-запад, куда закономерно передвигались геосинклинальные формации всех 4 тектономагматических циклов.



Условные обозначения:

- I – Жезказган-Сарысуиская впадина;
- II – Площадь распространения пород Карельского тектоно-магматического цикла (ТМЦ);
- III – Площадь распространения пород Готского тектоно-магматического цикла (ТМЦ);
- IV – Площадь распространения пород Байкальского тектоно-магматического цикла (ТМЦ);
- V – Площадь распространения пород Исидонского тектоно-магматического цикла (ТМЦ);
- VI – Байканурский синклиниорий;
-  - Площадь Майтюбинского антиклинория;
-  - Площадь Карсакапайского антиклинория.

Рис. Схема структурно-формационных комплексов

В зоне сопряжения Майтубинского антиклинория и Карсакапайского синклинория развита сланцево-карбонатная формация. Для этой зоны характерно сочетание как линейных складок, так и сравнительно простых брахисинклиналей.

Улутау-Арганатинский мегантиклинорий может рассматриваться как часть структуры, сформировавшейся в эпоху рифейских складчатостей. Имеющиеся данные о возрасте метаморфического комплекса и прорывающих его гранитоидов позволяют предполагать наличие его в составе более древнего (карельского) складчатого комплекса, сложенного метаморфическими образованиями нижнего и среднего протерозоя (бектурганская, аралбайская серии), обнажающимися в пределах Улутауского антиклинория. Внутренняя структура протерозоя определяется крупными складками шириной до 10–12 км, которые осложнены более мелкой, вплоть до плейчатости, складчатостью, обычно дисгармоничной. Породы нижнего протерозоя испытали региональный метаморфизм эпидото-альбито-амфиболитовой и амфиболитовой фации (в северной части площади). Последующее усиление метаморфизма связано с гранитизацией в среднем протерозое и в раннем палеозое [3].

Внутреннее строение Майтубинского антиклинория относительно простое: в осевой зоне развиты многочисленные гранито-гнейсовые и гранитоидные массивы палеозойского возраста, крылья сложены метаморфическими породами ниже-верхнепротерозойского возраста (пачки серицит-хлорит-альбитовых сланцев, мраморов, железистых кварцитов, филлитов, редко графитистых сланцев, переслаивающиеся с пачками порфироидов), смятыми в просто построенные брахноформные складки субмеридионального – север-северо-западного направления.

Карсакапайский синклинорий отличается более сложным строением. Слагающие его верхнепротерозойские породы смяты в узкие изоклинальные складки и развиты много численными субмеридиональными нарушениями различных порядков. Помимо разломов меридионального направления, складчатые элементы синклинория осложнены системой сбросов северо-западного простирания и взбросов северо-восточного направления.

Месторождение Дюсембай расположен ближе к восточному крылу Майтубинского антиклинория, осложненному брахиформной и линейной складчатостью разных порядков субмеридионального (север-северо-западного) простирания и сериями разнонаправленных тектонических нарушений, среди которых преобладают нарушения северо-западной и субмеридиональной ориентировки [2].

Месторождения расположен в южной части одной из наиболее крупных структур, осложняющих восточное крыло Майтубинского антиклинория – Дюсембайской антиклинали, простирающейся в субмеридиональном направлении на 20 км при ширине 2 км. Антиклиналь имеет простое строение. Шарнир складки погружается на юг под углом 20–30°. Породы восточного крыла падают на восток под углом 40°. Западное крыло срезано Майтубинским массивом гранитоидов. Восточное крыло осложнено серией небольших северо-западных и меридиональных разрывов [3].

Литература

1. Авдонин, В.Е. Бойцов В.В., Григорьев В.М., Семинский Ж.В., Солодов Н.А., Старостин В.И. Месторождения металлических полезных ископаемых. – Москва: ТРИКСТА, 2005. – 720 с.
2. Александрова А. Е. и др. *Проект детальной разведки месторождения Дюсембай Центральный (Республика Казахстан). – Москва, 2022.
3. Коврижных П.Н. Технический отчет о выполнении детальных гравиразведочных работ на площади Дюсембай. – Алматы, 2020.

ОЦЕНКА МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

Куприянова Ю.Н.

Научный руководитель профессор Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Титан является важным компонентом во многих отраслях промышленности современного мира. Металл, производимый из титана, широко используется в различных отраслях промышленности. Он обладает рядом уникальных свойств, которые делают его востребованным материалом. Например, титан применяется в авиационной и космической промышленности для производства легких и прочных компонентов самолетов, спутников, ракет. Титановый металл также может быть использован в виде лигатур или добавок к другим металлам для получения легких сплавов. Легкие сплавы на основе титана используются для производства авиационных и космических компонентов, медицинского оборудования, химических реакторов, судового оборудования и других изделий, где требуется высокая надежность и устойчивость к агрессивным средам. Добываемый титан используется для производства пластмасс, резиновых изделий, высококачественных белил и эмалей [2]. Таким образом, титан является важным сырьем для производства металлических изделий, лигатур, легких сплавов и легированных сталей, благодаря своим уникальным свойствам, таким как прочность, легкость и устойчивость к коррозии.

Миру известны запасы титана в 40 странах, и эксперты оценивают наличие ресурсов в 5,47 миллиарда тонн диоксида титана (TiO₂)

Разведочные работы проводились в 22 странах, их итогом является оценка запасов приблизительно в 702 миллионов тонн диоксида титана (TiO₂) [1].

Крупнейшие поставщики титанового сырья – Китай, Южная Африка, Австралия и Канада, обеспечивают около 60 % всемирного выпуска титанового концентрата (табл.1).

Производство ильменитовых концентратов – преимущественно дело Китая, который добывает его из руд, богатых титаном. Месторождения находятся в габброидных массивах Паньчжихуа в провинции Сычуань.

Австралия также является одним из крупнейших производителей титанового диоксида, который широко используется в производстве красителей, пигментов, пластмасс, косметики и других товаров на основе титана. Качество австралийских титановых концентратов и сырья высоко оценивается на мировом рынке.

Канада добывает ильменитовые концентраты, их источниками являются богатые руды гемойльменита месторождения Лак-Тио с содержанием около 34,2 % диоксида титана (TiO₂).

В Южно-Африканской Республике для получения ильменитовых и рутиловых концентратов отрабатываются современные прибрежно-морские россыпи. Содержание диоксида титана в ильменитовых концентратах достигает 47–50 %.

Таблица 1

Объем мирового производства титаносодержащих концентратов в 2020 г [3]

Страна	Производство, тыс. тонн
Китай	2300
ЮАР	1200
Австралия	1000
Канада	680
Мозамбик	600
Украина	564
Сенегал	310
Мадагаскар	300
Кения	190
Индия	160
Вьетнам	160
США	100
Бразилия	25

До 2022 г. потребности Российского рынка титаносодержащих концентратов на 100 % обеспечивалось за счет импорта.

Следует отметить, что Россия имеет разнообразное сырьевое основание для добычи титана. В стране существуют различные типы месторождений, включая магматогенные, погребенные, прибрежно-морские и континентальные россыпи.

По состоянию на 1 января 2022 года, в России балансовые запасы титана составляют 587,6 миллионов тонн (TiO₂) и находятся в 15 коренных и 15 россыпных месторождениях. Забалансовые запасы подсчитаны на 4 коренных и 2 россыпных месторождениях. На территории России забалансовые запасы оцениваются в 119,8 миллионов тонн (TiO₂).

Прибрежные морские россыпи, содержащие комплексные титан-циркониевые руды, являются одними из основных источников производства титана и циркония по всему миру. Туганское месторождение, расположенное в Томской области, является единственным месторождением в России, на котором разрабатываются прибрежно-морские россыпи, содержащие сложные титаноциркониевые руды. Эти природные образования, состоящие из циркон-рутил-ильменитовых компонентов, представляют большой интерес для разработки как в России, так и во всем мире из-за их относительной легкости обогащения. Однако в России добыча ведется только на Туганском месторождении. Это объясняется сложностью разработки россыпных месторождений и тем, что не все добываемое сырье находит своих потребителей, что негативно сказывается на рентабельности добычи на этих месторождениях.

Туганское месторождение – россыпное месторождение циркон-ильменитовых песков, расположенное в Туганском районе Томской области. Месторождение было открыто в 1950-х годах, и его запасы четыре раза утверждались Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых, причем последнее утверждение было получено в 2019 году. Основными ценными компонентами "рудного" песка являются циркон, ильменит, рутил, лейкоксен, диоксид титана (TiO₂) и диоксид циркония (ZrO₂). Промышленная ценность рудных песков определяется также неметаллическим компонентом - кварцевым песком, который получается при обогащении рудных песков.

Это месторождение имеет огромный запас кварцевых песков, которые могут быть использованы в стекольной промышленности. По состоянию на 1 января 2020 года доля Туганского месторождения в балансовых запасах ZrO₂ в России составляет 8,6 %, а доля в балансовых запасах TiO₂ в России составляет 0,4 %.

Концепция разработки месторождения предполагает двухэтапную разработку запасов на восьми карьерах:

1-й этап (с 2022 по 2042 год) – разработка Южно-Александровского участка (5,3 % балансовых запасов месторождения) с объемом переработки рудных песков 575 тыс. тонн в год на заводе ГОК-1 (пос. Октябрьский);

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

2-й этап (после 2025 года) – разработка Кусковско-Ширяевского участка (94,7 % запасов месторождения) с объемом переработки рудных песков до 2,3 млн тонн в год на заводе ГОК-2 на борту карьерного судна «Центральный» (табл.2).

Таблица 2

Первый и второй этапы освоения Туганского месторождения: объем производства товарных концентратов и их доля на рынке России [3]

Концентраты	Объем рынка РФ тыс. т (среднее значение за 2017–2020)	1-й этап. Производит. ГОК-1 575 тыс. т/год		2-й этап. Производит. ГОК-2 2300 тыс. т/год	
		Объем производства, тыс. т	Доля рынка РФ, %	Объем производства, тыс. т	Доля рынка РФ, %
Ильменитовый	257	11,5	4 %	45,5	18 %
Рутил-лейкоксеновый	6,5	0,8	12 %	3,2	49 %

За счет достаточного ресурсного потенциала Туганского месторождения компания сможет занять лидирующие позиции на рынке продуктов обогащения минеральных песков в России с долей рынка ильменитового концентрата до 15–20 % и стать крупнейшим поставщиком стекольных песков в Сибири с перспективами расширения сырьевой базы, объемов производства и экспорта циркониевого концентрата.

На втором этапе освоения месторождения наша производственная мощность будет определяться не только количеством, но и качеством продукции, чтобы полностью удовлетворить потребности отечественных потребителей.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году. – Москва, 2022.
2. Рихванов Л.П., Кропанин С.С., Бабенко С.А. и др. Циркон-ильменитовые россыпные месторождения – как потенциальный источник развития Западно-Сибирского региона. – М.: Сарс, – 2001. – 214 с.
3. Технико-экономическое обоснование постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов Туганского ильменит-цирконового россыпного месторождения.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОРОД И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДОНОСНОСТЬ КУЛИЖИНСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН, КИНГАШКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ)

Лисина Д.Г.

Научный руководитель доцент О.Ю Перфилова
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Первые сведения о наличии в северо-западной части Восточного Саяна медно-никелевого оруденения, связанного с гипербазитами, получены еще в середине прошлого века при геологической съёмке листа N–46–XII, проведенной В.И. Юркиным в 1957–60 г.г. Позднее здесь было открыто крупное Кингашское месторождение и ряд проявлений медно-никелевых руд с повышенными содержаниями платиноидов [1–6]. Не удивительно, что изучению этого рудного района в конце XX-начале XXI века посвящены работы многочисленных исследователей [1–6]. Несмотря на длительную историю исследований, в том числе и детальных, до сих пор не существует единой точки зрения на формационную принадлежность, состав, строение и потенциальную рудоносность целого ряда интрузий, сложенных породами ультраосновного (дуниты, серпентиниты) и основного (габбро, пироксениты) состава, а также условия формирования и закономерности размещения связанного с ними медно-никелевого и благороднометалльного (платиноиды и золото) оруденения [1–6].

В пределах Кингашского рудного района широко известны многочисленные интрузии условно позднеархейского кингашского комплекса, с которыми надежно установлена генетическая связь промышленного медно-никелевого (с платиноидами) оруденения. Но на той же территории также известны многочисленные более молодые интрузии, в составе которых установлены ультраосновные (неравномерно серпентинизированные) и основные породы, не только сходные по петрографическому составу с породами рудоносного кингашского комплекса, но и содержащие минералы меди, никеля и платиноидов. Большинство этих интрузий сейчас включается в состав раннепротерозойского перидотит-пироксенит-габбро-диоритового кулибинского комплекса (ранее именно к кулибинскому комплексу ранее относился и петротипический массив кингашского комплекса). Одной из таких интрузий является недостаточно изученный Кулижинский массив, расположенный по обоим берегам р. Кан, в районе устья р. Пезо. В плане в современном эрозивном срезе выходы пород массива занимают площадь около 8 км² и имеют вытянутую в северо-восточном направлении эллипсоидальную форму, осложненную разрывными нарушениями северо-восточной ориентировки. Длина интрузии около 5 км при максимальной ширине 2,5 км. Вмещающими породами являются биотитовые, амфибол-биотитовые гнейсы и амфиболиты караганской серии условно позднеархейского возраста, которая расчленяется на 2 толщи – нижнюю, кулижинскую, мощностью не менее 3 км, существенно метатерригенную (гнейсовую) и верхнюю кузынскую вулканогенно-осадочную, мощностью до 2 км. Образования серии метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций [2].

Массив сложен интенсивно серпентинизированными роговообманковыми перидотитами и вебстеритами, а также породами основного состава - клинопироксенитами, ортопироксенитами, габбро и габброноритами. В результате постмагматических метасоматических преобразований часть пироксенитов преобразована в амфиболиты. Среди интрузивных пород среднего состава преобладают диориты. Ультраосновные породы наблюдаются в виде небольших по мощности линзовидных тел (первые метры). Основные породы резко преобладают в центральной и юго-западной частях массива. Породы среднего состава локализованы в верхней части интрузии и связаны постепенными переходами с породами основного состава. К разрывным нарушениям, рассекающим массив, приурочены тектонические брекчии, состоящие из обломков основных пород, размерами от нескольких сантиметров до нескольких метров, как правило, в различной степени амфиболитизированными и хлоритизированными. Именно к тектоническим брекчиям пространственно приурочено сульфидное медно-никелевое оруденение [6].

В результате микроскопического изучения основных разновидностей пород Кулижинского массива в лаборатории кафедры Геологии, минералогии и петрографии Сибирского федерального университета (поляризационный микроскоп Axioscop-40 Carl Zeiss) установлено, что ультраосновные породы интенсивно серпентинизированы, вплоть до образования практически мономинеральных серпентинитов, причем составе минералов группы серпентина резко преобладает лизардит. Оливин и пироксены сохраняются лишь в виде мелких реликтов. Микроструктура пироксенитов и плагиоклазовых пироксенитов мелко- и среднезернистая пойкилоофитовая. Для габбро и габброноритов характерны офитовая и пойкилоофитовая средне- и мелкозернистые микроструктуры. Ортопироксены представлены гиперстеном и энстатитом, а клинопироксены – диопсид-авгитом, авгитом и диопсидом. Плагиоклаз – андезин-лабрадор, иногда в результате альбитизации – андезин. В габброидах нередко отмечается биотит. Амфибол преимущественно вторичный, имеет состав, близкий к тремолиту, реже – актинолиту. Из аксессуарных минералов преобладают апатит и титанит, реже отмечается циркон. Рудные минералы в ультраосновных породах представлены преимущественно магнетитом (5–10 %) и пирротином (до 1 %); в пироксенитах – рассеянной тонкой вкрапленностью титаномагнетита, ильменита и редкими зернами сульфидов, в сумме составляющими от долей до 1–2 %. В габброидах преобладает титаномагнетит, в редких случаях составляющий до 25 % породы и сульфиды (пирротин и халькопирит от долей процента до 3 %). Обогащенные сульфидами участки иногда пространственно связаны с ореолами гидротермальной проработки вблизи более молодых даек плагиогранитов тукшинского комплекса. В тектонических брекчиях, приуроченных к разломам северо-восточного простирания, обломки пород содержат неравномерное вкрапленное сульфидное оруденение, участками до густого гнездового и массивного (до 10–15 %) [4].

Сульфидные минералы представлены пиритом, пирротином, халькопиритом, пентландитом, иногда – валлериитом и миллеритом. Реже в незначительном количестве отмечаются марказит, кубанит, сфалерит, галенит, молибденит, халькозин, борнит, кобальтин, полидимит, виоларит. В.М. Даценко, установлено повышенное содержание элементов платиновой группы (Pt до 0,1 г/т и Pd до 0,5 г/т) [3]. Авторами в породах Кулижинского массива обнаружены минералы платины и палладия состава мончеит-меренскиит-котульскит, а также аргентопентландит. Причем, установлено, что наблюдается закономерная смена платиновой минерализации (мончеита) палладиевой (меренскиитом). Вмещающими для минералов платиновой группы являются, в основном, сульфиды – халькопирит, реже пирит, пентландит или пирротин.

Таким образом, в результате проведенных работ, анализа и обобщения имеющихся материалов уточнено геологическое строение, петрографический состав и состав рудной минерализации Кулижинского массива. Выполненный небольшой объем не мог, конечно, однозначно решить проблему генезиса Кулижинского массива и перспектив его рудоносности. Они лишь позволили авторам ближе ознакомиться с районом и теми многочисленными исследованиями, которые здесь проводились в течение значительно большего времени и с несравнимо большими средствами и затратами. Вместе с тем необходимо отметить многие еще нерешенные вопросы, которые требуют для своего решения дополнительных исследований.

Не решен вопрос о потенциальной рудоносности ультраосновных эффузивов в составе кулижинской толщи (караганская серия). Требуется дальнейшего изучения и вопрос о потенциальной рудоносности присутствующих здесь и других ультраосновных интрузий. Необходимо также уточнить характер воздействия и масштабы метасоматических преобразований пород в связи с внедрением более молодых плагиогранитов тукшинского комплекса. Нужно определить перспективы благороднометалльного оруденения как самостоятельного рудно-формационного типа.

Генезис Кулижинского массива: ультраосновные, основные и средние породы сформировались в результате длительной магматической дифференциации расплава как в глубинных промежуточных очагах, так и самой магматической камере. Генезис медно-никелевого и благороднометалльного оруденения оценивается как магматический, осложненный наложенными эпимагматическими процессами.

Характер платинородного оруденения в Кулижинском массиве существенно отличается от установленного для Кингашской интрузии. Для решения вопроса о комплексной принадлежности Кулижинского массива и уточнения геодинамической обстановки его формирования, а также перспектив обнаружения с интрузиями кулибинского комплекса промышленного медно-никелевого с платиноидами оруденения необходимо проведение дальнейших исследований, включая минералого-петрографические, петрохимические, геохимические и изотопно-геохронологические.

Литература

1. Бабинцев Н.А. Геолого-генетическая модель образования и потенциальная рудоносность мафит-ультрамафитовых комплексов Кулибинского рудного узла Канской металлогенической зоны (Восточный Саян). Автореф. дисс. канд. г.-м. н. Красноярск, 2021. – 24 с.
2. Беззубцев В.В., Махлаев М.П., Кириченко В.Т., Перфилова О.Ю. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Алтай-Саянская серия. Лист N-46 (Абакан). Объяснительная записка / Гл.ред. Миронюк – СПб: Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, 2008. – 396 с.
3. Даценко В.М. Кулибинский и Талажинский массивы. В сб.: «Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири». – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1995. – С. 66–70.
4. Еханин, А.Г. Геологическое строение и рудоносность Кингашского массива (Восточный Саян) // Минералы и руды Красноярского края / КНИИГиМС, Красноярск, 1999, – 65 с.
5. Князев, В.Н. Геология и условия образования благороднометалльного и медно-никелевого оруденения Канского зеленокаменного пояса (Восточный Саян). / Автореф. канд. дис. Красноярск, 2005, – 19 с.
6. Сердюк С.С. Геология и перспективы сульфидного платино-медно-никелевого оруденения восточной части Алтай-Саянской складчатой области / Кириленко В.А., Ломаева Г.Р. и др – Красноярск: СФУ «Город», 2010. – 184 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

Локтев Н.А.¹

Научный руководитель д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров²

¹*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия*

²*Дальневосточный федеральный Дальневосточный университет, г. Владивосток, Россия*

Среди большого количества разнообразного техногенного золота отдельный интерес представляют техногенные россыпи за счет большой доли свободного золота, его высокой пробыности и т.п. [1]. К таким россыпям относятся песчаные отложения в устье ручья Основательный на острове Аскольд (залив Петра Великого Японского моря). В свою очередь песчаные отложения являются продуктами выветривания нижнемеловых гранитоидов.

К настоящему времени дана краткая минеральная характеристика коренного месторождения золота, изучены флюидные включения, пробыность и морфология такого золота. Однако, сведений о золоте в россыпи, а также о ее химическом и минеральном составе в литературе приводиться мало: оценена только крупность золота и его пробыность [2].

В настоящей работе приведены исследования вещественного состава техногенной россыпи о. Аскольд, формы нахождения рудных элементов (золота, серебра, титана и циркона). Изучалась песковая часть россыпи (размер частиц до 5 мм) с небольшой долей гравийного материала (не более 5 мас. %) под оптическими стереомикроскопом и металлографическим микроскопом. Химический состав устанавливался с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой, электродугового атомно-эмиссионного спектрометра и масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой. Минеральный состав определяли на рентгеновском дифрактометре. Рудные минералы, после отделения их от основной массы проб с помощью тяжелой жидкости, исследовались под сканирующим электронным микроскопом. Установлено, что материал россыпи сложен (в мас. %) кварцем 58, микроклином 14, ортоклазом 9, альбитом 10, каолинитом 5 и амфиболами 2.

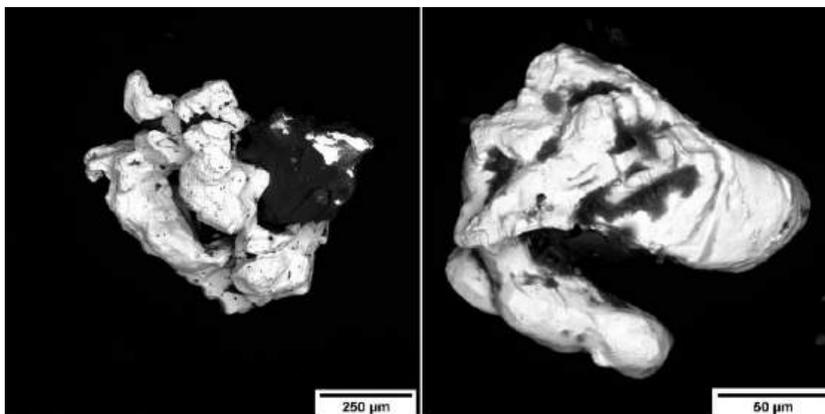


Рис. Частицы самородного золота из техногенной россыпи. Снимки сделаны в режиме BSE

Различная окатанность кварца говорит о смешанном генезисе песков (аллювиально-делювиальный). Тяжелая фракция, составляющая порядка 4 мас. % материала, содержит рудные минералы гематит, магнетит, ильменит, титанит, циркон, монацит, ксенотим, метаотенит и золото. Основная доля приходится на минералы железа и титана. По данным электронной микроскопии и сцинтилляционного анализа золото присутствует только в самородном виде

с примесью серебра, крупность его частиц от менее 10 до свыше 700 мкм (рис. 1). Кондиционные содержания установлены только у золота – 0.5 г/т, повышенные содержания – у серебра (0.5 г/т) и оксида титана (0.9 мас. %).

Данный техногенный материал представляет собой комплексное сырье: тяжелая фракция в нем содержит значительные количества *Au*, *Ag*, *Ti*, *Zr* и *Fe*. Сами пески содержат много кремнезема (более 80 мас. %) и мало примесей цветных металлов, таллия и др., что может представлять интерес для строительной промышленности. Для полной оценки пригодности сырья необходимо провести ряд дополнительных исследований.

Литература

1. Рыбалко В.И., Аленичева А.А., Леликов Е.П и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист К"(52), 53. Владивосток // СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 332 с.
2. Федоров С.А., Амдур А.М., Малышев А.Н., Каримова П.Ф. Обзор техногенных и вторичных золотосодержащих отходов и способы извлечения из них золота // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 11 –1. – С. 346–365.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ОДНОГО ИЗ УЧАСТКОВ В ПРЕДЕЛАХ АЯН-ЮРЯХСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Лычагин М.А.

Научный руководитель научный сотрудник И.Н. Горячев¹
*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Институт «Сибирская школа геонаук», г. Иркутск Россия*

В период 2023 года, коллективом SSG (ИРНТУ), по заказу недропользователя, проводились геолого-геохимические работы с целью определения перспективности на обнаружение золоторудной минерализации. В данной работе рассматриваются результаты поисковых работ на золото в пределах одного из участков, расположенного в районе Аян-Юряхского антиклинория (Магаданская область). Участок работ расположен между Хинике-Кулинской и Аян-Юряхской зонами разломов. Непосредственно на площади работ отмечаются только оперяющие разрывные нарушения.

Вмещающими породами являются отложения омчакской, атканской и пионернинской свит позднепермского возраста, слагающие Колымскую антиклиналь запад-северо-западного простирания. Породы прорваны юрскими дайками диорит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров второй-третьей фаз нера-бохапчинского комплекса, а также и гранит-порфиров и плагиигранит-порфиров четвертой-пятой фаз нера-бохапчинского комплекса. [1]

Отложения пионерской свиты представлены преимущественно переслаивающимися алевролитами и среднезернистыми песчаниками в меньшей степени – сланцами. Атканская свита представлена преимущественно туфоалевролитами с характерными выделениями полевого шпата, а также прослоями грубозернистых песчаников, гравелитов и конгломератов. Омчакская свита сложена песчаниками и алевролитами без примеси туфового материала, а также отдельными слоями гравелитов и конгломератов. Все породы на площади рассланцованы и ороговикованы.

Гидротермальные изменения в пределах изучаемой площади представлены кварцевыми, кварц-хлоритовыми, кварц-хлорит-карбонатными жилами, кварцевыми прожилками и просечками. Мощность жил – от первых сантиметров и до 0.5 метра, приурочены они в основном к песчаникам пионерской и атканской свиты.

На участке были проведены литогеохимические исследования вторичных ореолов рассеяния, геологическое картирование и штурфовое опробование. По полученным аналитическим данным были выполнены кластерный (Рис. 1) и факторный анализы. По результатам, которых построены отдельные мультипликативные индикаторы характеризующие геологические структуры участка и возможные типы золотого оруденения, в частности выделены породные ассоциации химических элементов характеризующие вмещающие толщи (ассоциации $Li+K+Vc+Ba+Al$ и $Sc+Mg+Mn+Ca$). Всего по результатам работ было выделено пять элементных ассоциаций и восемь факторов, определяющих взаимосвязь между элементами. Выделенные ассоциации характерны для черносланцевых толщ, а кроме того, по некоторым элементам (рис. 2) можно предположить возможно находящееся на глубине интрузивное тело.

Полученная картина позволяет сделать вывод об отсутствии на площади какого-либо значительного рудного процесса. Полученные незначительные аномалии по ВОР в пределах атканской и омчакской свит соответствуют геохимической специализации пионерской свиты, что предполагает перераспределение вещества в пределах осадочных толщ. Необходимого же привноса рудного вещества гидротермального флюида, связанного с ювинильным источником в пределах площади не зафиксировано.

Кроме того, в ходе проведенных геологических маршрутов не обнаружено заметной сульфидной минерализации и зон вторичных изменений, за исключением зон прожилкования, которые по данным опробования, так же без рудной минерализации.

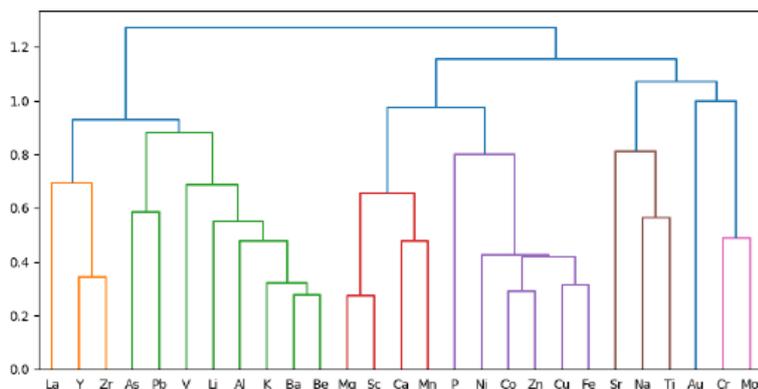


Рис. 1. Дендрограмма иерархической кластеризации нормированных данных ЛГХ

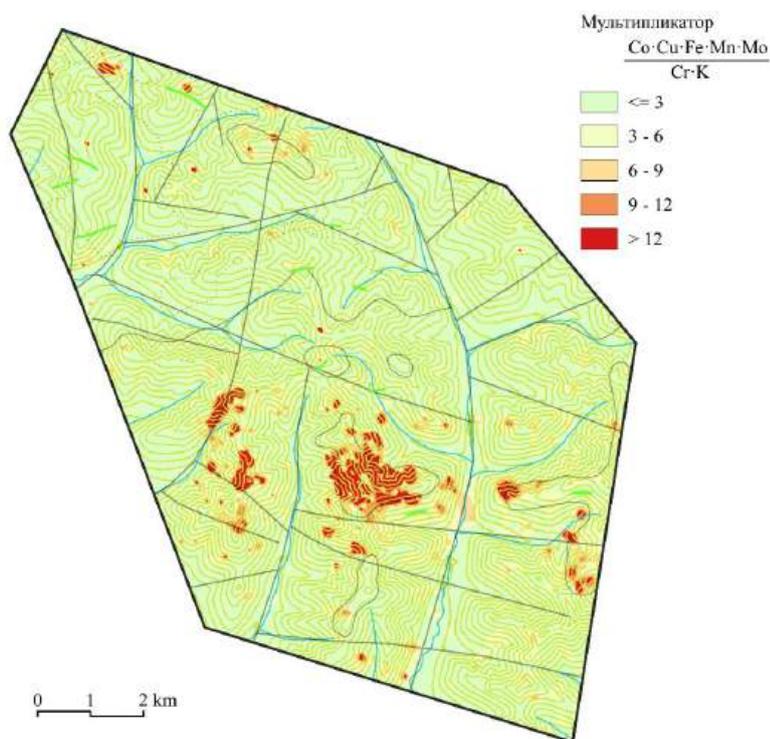


Рис. 2. Один из построенных мультипликаторов

Таким образом отсутствие сульфидной минерализации, зон кислотного выщелачивания в пределах формирования полей кварцевых жил и прожилков, слабая интенсивность литохимических аномалий и отсутствие структурных признаков внедрения интрузива (складчатость в данном районе не деформирована) позволяют констатировать отсутствие видимого рудного процесса на территории в целом.

Литература

1. Карелин Ю.П., Шерстобитов П.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000 (второе поколение). Серия Неро-Бохалпинская. Лист Р-55-ХVI (исток р.Колыма). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ» (Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Роснедра, Управление по недропользованию по Магаданской области, Открытое акционерное общество «Магадангеология», 2016. – 223с.

ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ЭВАПОРИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ АЯТСКОЙ СВИТЫ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Максимов П.Н., Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Вопросы палеобстановки, в которой формируются ооидовые железняки и их происхождение по сей день являются объектом различных теоретических размышлений и обсуждений на платформе современной геологии [6, 10, 11]. Данные породы обычно встречаются в мелководных шельфовых зонах, и чаще всего находятся вблизи перехода от континентальной к морской среде и часто встречаются среди обломочных отложений [12]. На территории Тургайского прогиба формирование морских железняков Аятского бассейна обусловила морская трансгрессия, вызванная региональным структурным оседанием [3, 4]. Морские железняки залегают с разрывом на базальной поверхности палеозойского фундамента или на континентальных отложениях сеноман-туронского возраста [1, 3, 4]. Фациальная обстановка северной части Тургайского пролива во время второй половины позднемеловой эпохи, была настолько динамичной, что литотипы пород аятской свиты по простиранию имеют неоднородный характер. Морские железняки осаждались в водоемах с высоким содержанием железа, но с ограниченным притоком аллотигенного материала. Процесс накопления связан с быстрыми трансгрессивными процессами, поскольку, судя по минеральному составу редокс-потенциал менялся часто [1–4, 9].

Цель данной работы заключается в изучении роли эвапоритовой минерализации для определения палеобстановки формирования пород Аятского бассейна Тургайского прогиба. В качестве каменного материала послужили образцы, отобранные с естественного обнажения, расположенного на левом берегу р. Аят в окрестности п. Николаевка (Кустанайская область). Из каменного материала были изготовлены различные препараты (шлиф, аншлиф, шашки). Микроструктурный анализ с выделением отдельных минеральных фаз выполнялся с помощью петрографического микроскопа, морфология и химический состав отдельных минералов изучался с помощью сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega 3 SBU, оснащенного детектором для энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа OXFORD X-Max 50.

Изучаемый разрез включает в себя три основных горизонта: **подрудные** алевролиты с прослойками песков и песчаников; **рудный** горизонт, представленный морскими железняками; **надрудный** пласт глауконит-кварцевых песков и песчаников. В рудной толще выделяются два вида железняков, различающиеся наличием ооидов. Железняки первого типа не содержат ооидов и лежат в подошве рудной толщи (рис.1). В результате микроскопического изучения (петрографический микроскоп, СЭМ-съемка) среди данных железняков была обнаружена наложенная гипсовая минерализация в поровых и трещинных пространствах, реже, в качестве микровключений (рис. 2 А). В ооидовых железняках также отмечается развитие эвапоритовой минерализации (рис. 2 Б). При макроскопическом наблюдении детектируются гипсовые линзовидные стяжения мощностью, до 0,2 м. При микроскопическом исследовании гипс обнаружен в виде тонких прослоев в цементе или в качестве ядра в ооидах (рис. 3 Б). Также в ооидовых железняках отмечаются включения микрокристаллов сильвина (рис. 3 В). В образцах, где отмечается развитие эвапоритовой минерализации наблюдаются снижения факторов обогащения фосфора (EF P – 13.3; EF Fe – 12.7) и железа в сравнении с другими образцами железняков (мин. EF P – 17.8; мин. EF Fe – 23.5).

Наличие гипсовых стяжений и отдельных кристаллов соли калия в ооидовых железняках указывает на кратковременное повышение солености морского бассейна [5, 8]. Наличие постседиментационного гипса в нижней части рудного слоя, среди железняков первого типа, может свидетельствовать о кратковременном засушливом климате во эпоху сантона и кампана. В условиях лагунной обстановки изменение климата способствовало процессу испарения воды, что привело к повышению солености в морской среде. Формирование гипсовых стяжений и эвапоритовой минерализации в поровых пространствах морских железняков является непосредственным следствием этого процесса [7]. Также можно отметить, что изменение климата оказало влияние на интенсивность накопления железа в данном периоде. Возможно, увеличение солености и эвапорация морской воды оказали неблагоприятное воздействие на процессы образования морских железняков, приводя к уменьшению содержания железа в отложениях.

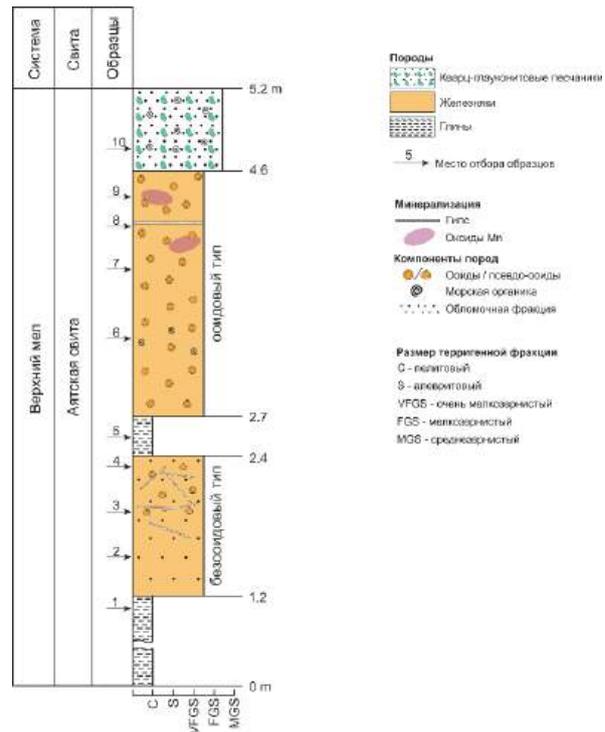


Рис. 1. Литологическая колонка аятской свиты

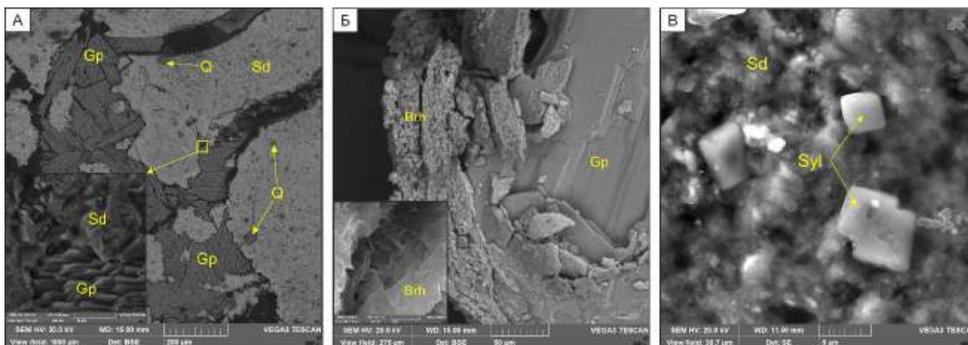


Рис. 2. Картинки СЭМ-стемки: (А) железняки первого типа с гипсовой минерализацией; (Б) бертьерин гипсовый оксид; (В) микровключения кристаллов сильвина в сидеритовом цементе. Sd – сидерит; Gp – гипс; Brh – бертьерин; Syl – сильвин

Исследования выполняются при финансовой поддержке проекта FSWW–2023–0010.

Литература

1. Геология СССР. Том 34. Тургайский прогиб. Часть 2. Полезные ископаемые / глав. ред. Сидоренко А.В. Москва: Недра, – 1975. – 304 с.
2. 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. – Вып. 5. – С. 70–80.
3. Найдин Д.П. Разрез верхнего мела Кушмурун, Торгайский пролив // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2006. – Т. 4. – С. 3–9.
4. Папулов Г.Н., Железко В.И., Левина А.П. Верхнемеловые отложения южного Урала // Уральское отделение АН СССР, Свердловск. – 1990. – 214 с.
5. Bradacs, L.K., Ernst, W. Geochemische Korrelationen im Steinkohlenbergbau. Naturwissenschaften. – 1956. – Vol. 43. – P. 1–33.
6. Collin, P.Y., Loreau, J.P., Courville P. Depositional environments and iron ooid formation in condensed sections (Callovian-Oxfordian, south-eastern Paris basin, France). Sedimentology. 2005. – Vol. 52. – P. 969–985.
7. Garnit, H., Bouhlel, S. and Javis, I. Geochemistry and Depositional Environments of Paleocene-Eocene Phosphorites: Metlaoui Group, Tunisia. Journal of African Earth Sciences. – 2017. – Vol.134. – P. 704–736.
8. Goldschmidt V.M. und Peters Cl. Zur Geochemiedes Bors Teil I and II. Nachr. Ges. d. Wiss. Math.-phys. – 1932. – Vol.5. – P. 528–554.
9. Maximov P., Rudmin M. Origin of Upper Cretaceous marine ironstones of Ayat Formation (Turgay depression, Northern Kazakhstan) // Solid Earth Sciences. – 2023. – Vol 8. – P. 1–11. doi.org/10.1016/j.sesci.2023.02.002
10. Rudmin M., Banerjee S., Abdullayev A., Ruban A., Filimonenko E., Lyapina E., Kashapov R., Mazurov A. Ooidal ironstones in the Meso-Cenozoic sequences in western Siberia: assessment of formation processes and relationship with regional and global earth processes // Journal of Palaeogeography. – 2020. – Vol. 9. – № 1. – P. 1–21.
11. Sturesson, U. Lower Palaeozoic iron oolites and volcanism from a Baltoscandian perspective. Sediment. Geol. – 2003. – Vol.159 (3–4). – P. 241–256.
12. Van Houten, F.B. Bhattacharyya D.P. Phanerozoic oolitic ironstones – geologic record and facies model. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. – 1990. – Vol.1. – P. 441–457.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ПРИРОДА РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПЛАГИОКЛАЗОВЫХ ВЕРЛИТОВ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВОГО МАССИВА ДЮКАЛИ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Минаков М.С.¹, Левочский Б.Б.^{2,3}, Левочская Д.В.², Якич Т.Ю.¹

Научный руководитель доцент, к.г.-м.н. Т.Ю. Якич¹

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

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

³Институт тектоники и геофизики им. А.Ю. Косыгина, ДВО РАН, г. Хабаровск

Самородным металлам и сплавам ЭПГ традиционно приписывают магматическую природу и относят их к весьма устойчивым к постмагматическим гидротермальным процессам, однако доказано [Пушкарев, 2012; Pushkarev, 2014 Толстых, 2018; Степанов, 2020; Kutuyev, 2023], что эффекты, связанные с активной флюидной деятельностью, преобразующей исходные ультраосновные породы, могут играть значительную роль в перераспределении и накоплении ЭПГ, и являться одним из главных факторов концентрирования последних.

Для изучения роли флюидно-гидротермальных процессов при накоплении и перераспределении ЭПГ были изучены породы массива Дюкали, расположенного в Комсомольском районе Хабаровского края. Образцы, в которых обнаружены арсениды никеля, ирридия, платины представлены *плагноклазовыми верлитами*, состоящими из оливина и клинопироксена, в меньшей степени ортопироксена и роговой обманки, сосюритизированных плагноклазов, кальцита и рудной минерализации. Примерное количественное соотношение минеральных фаз, %: оливин – 40–50 %, клинопироксен – 20–30 %, ортопироксен – 5–10 %, серпентин – 5–10 %, плагноклаз – до 5 %, сосюрит – 2 %, кальцит – 2 %, рудная минерализация – 5–7 %, роговая обманка – 2 %.

Гипидиоморфные зерна *оливина* разбиты трещинами, по которым развивается серпентин и местами пылевидные рудные агрегаты. Зерна ортопироксенов и клинопироксенов имеют неправильные формы. По минералам диагностируются слабые псевдоморфозы серпентина. Часто отмечаются вросстки пироксенов друг в друге, что характеризует симплективную микроструктуру. Плагиоклаз, представленный в образцах в роли второстепенного минерала, характеризуется изометричными вытянутыми зернами с соотношением длины и ширины 2:1, при этом средняя длина составляет 0,6 мм.

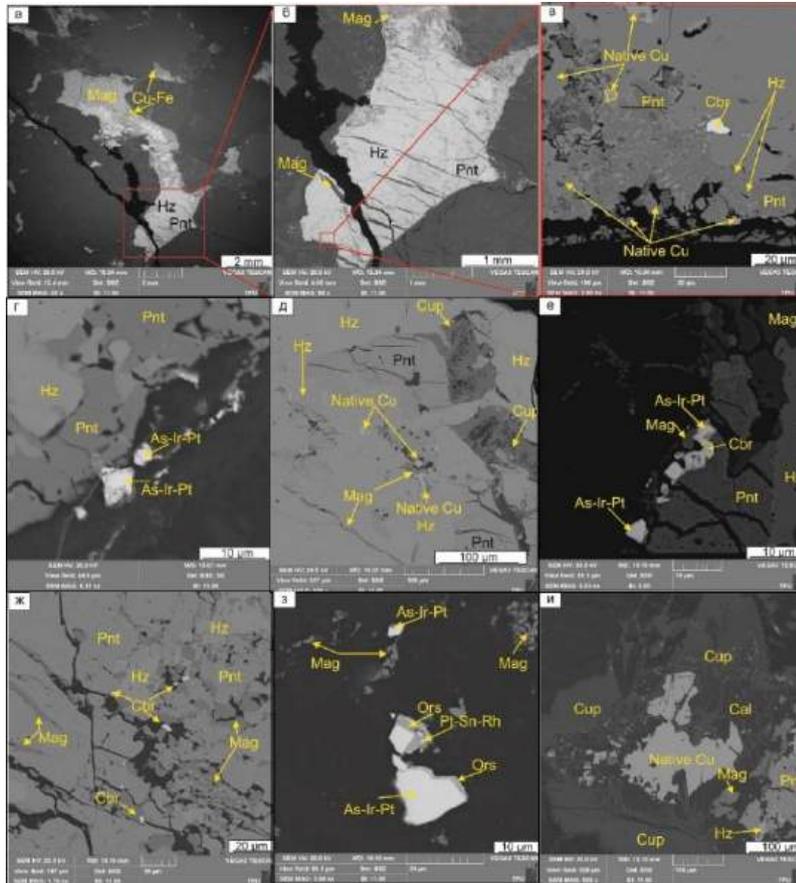


Рис. Микрофотографии плагиоклазового верлита массива Дюкали в обратно-отраженных электронах сканирующего электронного микроскопа. Совместные агрегаты хизлеудита (Hz), пентландита (Pnt) и магнетита (Mag), содержащие самородные фазы Cu-Fe сплавов (а); увеличенный фрагмент хизлеудит (Hz)-пентландитовых (Pnt) сростаний, пересекающихся и обрастающих магнетитовыми (Mag) агрегатами в виде прожилков и мелкозернистых скоплений (б); увеличенный фрагмент распада твердого раствора системы Fe-Ni-S в виде «червеобразных» вросток хизлеудита (Hz) в пентландите (Pnt) в ассоциации с самородной медью (Native Cu) и кабриитом (Cbr) (в); пентландит (Pnt) -хизлеудитовая (Hz) минеральная ассоциация с сульфоарсенидами иридия и платины (As-Ir-Pt) (г) и включениями самородной меди (Native Cu), куприта (Cup) и магнетитовыми (Mag) прожилками (д); совместная ассоциация сульфоарсенидов иридия и платины (As-Ir-Pt) и кабриита (Cbr) в пентландит (Pnt) -хизлеудитовом (Hz) сростании с магнетитом (Mag) (е); разрозненные зерна кабриита (Cbr) в пентландит (Pnt) -хизлеудитовом (Hz) агрегате с магнетитом (Mag) (ж); идиоморфные кристаллы сульфоарсенидов иридия и платины (As-Ir-Pt), оконтуренные орселитом (Ors) с единичными включениями Pt-Sn-Rh сплавов микронного размера в ассоциации магнетитовых (Mag) тонкозернистых агрегатов (з); агрегаты самородной меди (Native Cu) в центральной части анишлифа, окаймленные по внешнему контуру игольчатыми кристаллами куприта (Cup) и зернами кальцита на границе с магнетит (Mag) -пентландитовым (Pnt) сростком (и)

Агрегаты сосюритизированы, а по микротрещинам кальцитизированы, за счет чего местами представлены полуреликтами. Рудная минерализация местами также заполняет пустоты и образует выделения неправильных форм размером в длину до 0,6–0,8 мм. Текстура – массивная, плотная. Структура – от средне- до крупнозернистой. Микроструктура – гипидиоморфнозернистая, местами пойкилитовая, петельчатая, пылевидно-цепочечная, полуреликтовая, симплективная. Рудная минерализация весьма специфична и представлена хизлеудитом (Ni₃S₂), пентландитом, кабриит (Pd₂CuSn), самородной медью, купритом, сульфоарсенидами иридия и платины, орселитом (Ni_{5-x}As₂), самородными фазами Cu-Fe. В процентном отношении преобладают хизлеудит – 25–30 %, пентландит – 25–30 % и магнетит – 25–30 %, в меньшем количестве встречается самородная медь – 1–5 %, халькопирит – 1–3 %, кальцит – 1–3 %.

куприт – 1–3 %, платиноиды до 1 %: сульфоарсениды иридия и платины – 0,5 %, кабриит – 0,5 %. ед. орселит, самородные фазы Cu–Fe. Хизлевудит слагает прожилки до 3 мм и находится в тесной парагенетической ассоциации с пентландитом, содержащим примесь Со, который занимает аналогичное по распространённости значение (рис. а–б). При этом устанавливается распад твердого раствора хизлевудита в виде «червеобразных» вростков в пентландите (рис. в). В хизлевудите в качестве включений встречается самородная медь, кабриит, сульфоарсениды иридия и платины (рис. в–ж). Зачастую эти минеральные фазы находятся в окантовке магнетита (рис. е–з). Размеры кабриита достигают 10 мкм (рис. ж). Сульфоарсенидов иридия и платины соответственно 20 мкм (рис. з). Вокруг сульфоарсенидов иридия и платины формируются арсениды никеля, в частности редкий арсенат никеля – орселит (рис. з). Куприт слагает вытянутые кристаллы, обрастающие самородную медь, находясь в ассоциации с кальцитом (рис. и).

Анализируя минеральную форму ЭПГ, напрашивается вывод о гидротермально-метасоматической природе этих сплавов. Так, например, большинство сульфоарсенидов и арсенидов, в том числе *орселит*, как считается, имеет гидротермальную природу. Серпентинизация является наиболее распространенным типом изменений, который воздействует на платиносодержащие перидотиты в земной коре. В процессе изменений происходит замещение оливина и пироксена серпентиновыми минералами и магнетитом посредством взаимодействия водного флюида с породой [Früh-Green et al., 2004; Evans et al., 2013; Evans et al., 2017]. Учитывая сидерофильную природу ЭПГ и доказательства их совместного присутствия со сплавами цветных металлов, имеющих вторичную природу [Evans et al., 2023; Kutuyev et al., 2021, Kutuyev et al., 2023], наблюдаемые особенности распределения металлов, вероятно, отражают подвижность ЭПГ и их переотложение в виде самостоятельных минеральных фаз как при процессах серпентинизации, так и при наложенных иных гидротермально-метасоматических процессах.

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

Литература

1. Пушкарев Е. В., Телегин Ю.М., Телегина Т.В. Состав включений в платиноидах как индикатор низкотемпературного, постмагматического генезиса МПГ в дунитах Светлого Бора, Платиноносный пояс Урала // Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы: всерос. конф. с междунар. участием: сб. докл. / РАН, УрО, Ин-т геологии и геохимии им. акад. А. Н. Заварицкого [и др.]. – Екатеринбург, 2012. – С. 218–220.
2. Степанов С.Ю. и др. Морфология, состав и онтогенез минералов платиновых металлов в хромитах зональных клинопироксен-дунитовых массивов Среднего Урала // Геология и геофизика. – 2020. – Т.61. – №1. – С. 60–83.
3. Толстых Н.Д. Платиновая минерализация массивов Кондёр и Ингали // Геосферные исследования. – 2018. – №1. – С. 17–32
4. Evans K.A. et al. Effects of Geodynamic setting on the redox state of fluids released by Subducted Mantle Lithosphere // Lithos. – 2017. – Vol. 278–281. – P. 26–42.
5. Evans B.W., Hattori K., Baronnet A. Serpentine: What, why, where // Elements. – 2013. – Vol. 9. – № 2. – P. 99–106.
6. Gretchen L. Früh-Green, James A.D. Connolly, Alessio Plas, Deborah S. Kelley B.G. Serpentinization of Oceanic Peridotites: Implications for Geochemical Cycles and Biological Activity. Geophysica. Geophysical Monograph Series. – 2004. Vol. 144. – P.119–136.
7. Klein F., Bach W. Fe-Ni-Co-O-S phase relations in peridotite-seawater interactions // J. Petrol. – 2009. – Vol. 50. – № 1. – P. 37–59.
8. Kutuyev A. et al. Behavior of Platinum-Group Elements during Hydrous Metamorphism: Constraints from Awaruite (Ni₃Fe) Mineralization. GeoScienceWorld. – 2023. – Vol. 2023. – P. 1–16.
9. Mungall, J.E., Naldrett A.J. Ore Deposits of the Platinum-Group Elements // Elements. – 2008. – Vol. 4. – P. 253–258
10. Naldrett A.J. Fundamentals of magmatic sulfide deposits, in: Li, C., Ripley, E. (Eds.), Magmatic Ni–Cu and PGE Deposits: Geology, Geochemistry and Genesis. Denver, Colorado // Society of Economic Geologists – 2011. – Vol. 17. – 370 p.
11. Pushkarev E. V., Anikina E.V., Kamenetsky V. Non-magmatic origin of PGM-rich chromitites in the Ural-Alaskan-type intrusions: mineralogical and structural // 12th International Platinum Symposium: 11-14 August 2014, Yekaterinburg, Russia: abstracts. – Yekaterinburg, 2014. – P. 275–276.

СООТНОШЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОПИЛИТОВ И БЕРЕЗИТОВ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Молукпаева Д. К.

Научный руководитель профессор В. Г. Ворошилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Для выявления сходства и различия в условиях формирования пропилитов и березитов исследованы газово-жидкие включения в предрудных, околорудных метасоматитах и жильном кварце Центрального золоторудного месторождения (Кузнецкий Алатау). Вмещающими породами в исследованной части рудного поля являются гранодиориты.

В гранодиоритах проявлены 3 формации метасоматических преобразований, сменяющих друг друга во времени и пространстве: 1) кварцево-калишпат-биотитовые метасоматиты; 2) кварцево-эпидот-хлоритовые пропилиты и 3) березиты с сопряженными кварцево-золото-сульфидными жилами [3]. В пределах рудной стадии минерализации выделено 3 ступени формирования золотого оруденения: кварцево-пирит-арсенопиритовая, кварцево-полисульфидная и кварцево-теллуридно-сульфосольная [2]. Все они являются золотоносными. Пространственные взаимоотношения метасоматитов и руд иллюстрирует рисунок 1.

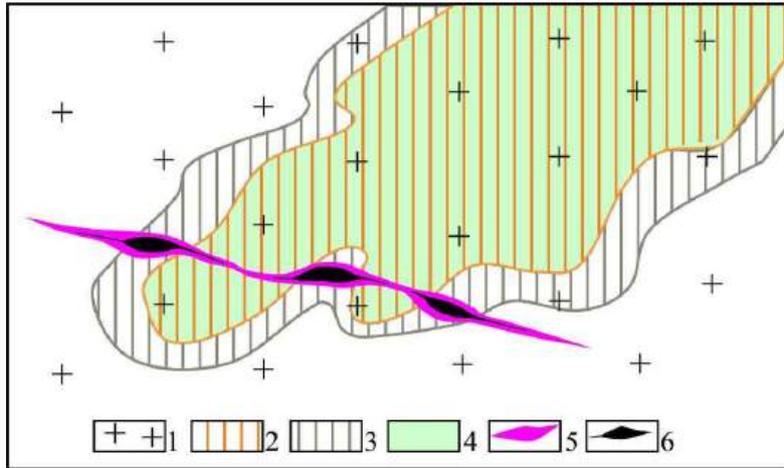


Рис. 1. Схема пространственных взаимоотношений метасоматитов и золотого оруденения в Центральном рудном поле: 1 – гранодиориты; кварцево-калишпат-биотитовые метасоматиты; 2 – калишпатизация; 3 – биотитизация; 4 – кварцево-эпидот-хлоритовые пропилиты; 5 – березиты; 6 – кварцево-золото-сульфидные жилы

Изучения газово-жидких включений проводились по первичным включениям по общепринятой методике [1, 6]. Измерения осуществлялись на приборе Linkam THMS600, совмещенном с оптическим микроскопом Carl Zeiss Axio Imager. Размеры включений различаются в зависимости от типа метасоматитов: в березитах и жильном кварце они не превышают 10 мкм, в пропилитах достигают 20 мкм (рис. 2). По данным температуры эвтектики в пропилитах водная фаза представлена хлоридом Na, в березитах и жилах – хлоридами K и Na.

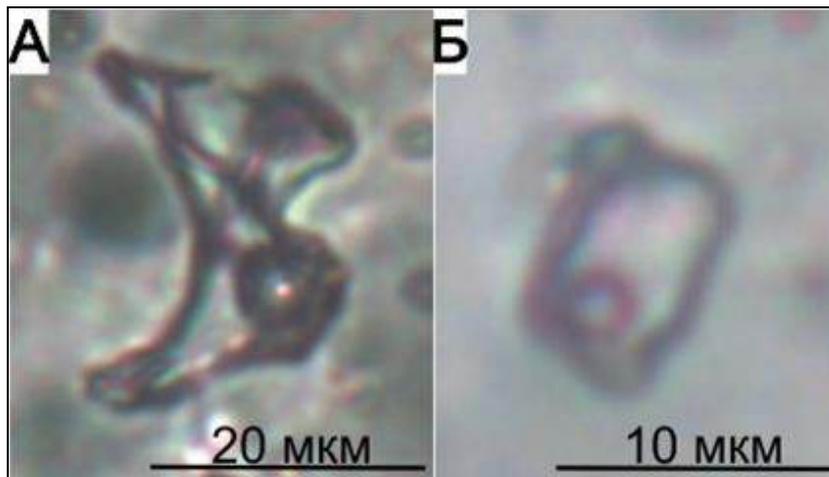


Рис. 2. Максимальный размер флюидных включений. А – двухфазное включение в пропилитах; Б – двухфазное включение в березитах

Газово-жидкие включения в кварце пропилитов характеризуются тремя интервалами температур 230–200 °С (средняя соленость 9,7 % NaCl-экв), 195–175°С (средняя соленость 12,7 % NaCl-экв) и 170–160°С (средняя соленость 13,2 % NaCl-экв). По резким колебаниям солености внутри этих интервалов выделено три эпизода кипения растворов: 1) 225–210 °С, 2) 183–175 °С, 3) 170–165 °С (рис.3). Вероятнее всего, эти вскипания связаны с колебаниями давления вследствие тектонических подвижек.

Следует подчеркнуть, что те же три эпизода кипения отмечались нами ранее в газово-жидких включениях березитов [5]. В жильном выполнении этим эпизодам соответствуют три генерации кварца с сопутствующей сульфидной минерализацией (рис. 3). Следовательно, пропилитизация, формирование березитов и отложение жильного кварца происходят фактически одновременно, на фоне эволюции тектонических структур.

Снижение солености растворов от пропилитов к жильному кварцу в 2–3 раза указывает на то, что источником этого кварца в значительной степени являлся конденсат паровой фазы, возникшей при кипении пропилитизирующих растворов.

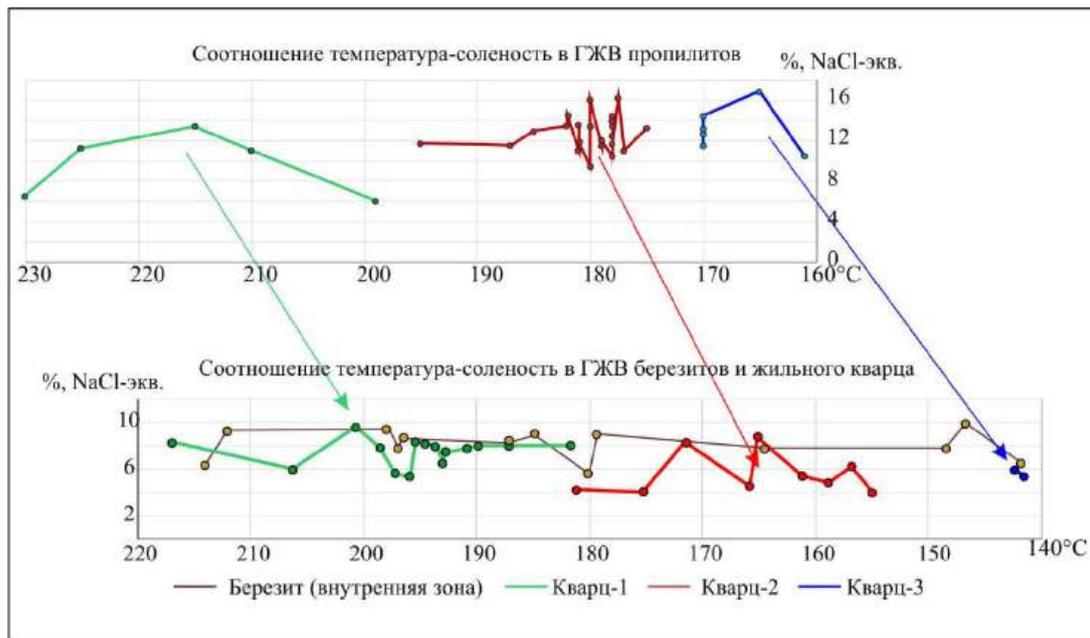


Рис. 3. Соотношение температура–соленость флюидных включений в кварце пропилитов, березитов и жил

Полученные результаты указывают на генетическое родство пропилитов и березитов, что объясняет их постоянную пространственную сопряженность. С другой стороны, кипящая жидкость и конденсат, образовавшийся из пара – это разные по составу и химическим свойствам гидротермальные растворы, формирующие формационно самостоятельные метасоматиты.

Соответственно, оба метасоматических процесса сопровождаются и завершаются жильной и рудной минерализацией. На кварцево-жильных месторождениях, примером которых является Центральное, рудный этап пропилитизации проявлен слабо, на скарновых месторождениях золото-сульфидное оруденение связано в большей степени с пропилитами, в меньшей – с березитами [4].

Данная работа выполнена при финансовой поддержке проекта FSWW–2023–0010.

Литература

1. Борисенко А.С. Исследование солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. –1977. – № 8. – С. 16–27.
2. Ворошилов В.Г. Условия формирования Центрального рудного поля в гранитоидах (Кузнецкий Алатау) // Руды и металлы, 1995. – № 3. – С. 68–80.
3. Ворошилов В.Г., Молукпаева Д.К., Тимкин Т.В., Савинова О.В. / Генезис и минерально-геохимическая зональность кварцево-жильного золоторудного поля Центральное (Кузнецкий Алатау) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – №9. – С. 7-17.
4. Ворошилов В.Г., Санин В.Н., Тимкин Т.В. Аномальные геохимические поля зон сульфидной минерализации Майско-Лебедского золоторудного узла // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 3. – С. 36–41.
5. Молукпаева Д.К., Ворошилов В.Г. Особенности флюидных включений Центрального рудного поля (Кузнецкий Алатау) // Новое в познании процессов рудообразования: Двенадцатая Российская молодёжная научно-практическая Школа, Москва, 27 ноября – 01 декабря 2023 г.
6. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. – 1994. – P. 117–130.

МИНЕРАЛОГИЯ ПЕРВИЧНЫХ И ОКИСЛЕННЫХ РУД СОХАТИНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)) Молукпаева Д.К.

Научный руководитель профессор В.Г. Ворошилов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сохатинское рудное поле расположено на территории Верхнеколымского улуса Республики Саха (Якутия), в бассейне реки Шаманиха и ее притока реки Сохатиный. Рудовмещающими породами являются хлорит-кварцевые, хлорит-эпидот-кварцевые и мусковит-кварцевые сланцы сохатинской толщи, по которым развиваются площадные пропилиты и линейные зоны березитов.

Формирование руд шло в два этапа: гидротермальный, где их образование сопряжено с образованием березитов, и гипергенный, когда происходило их окисление и дезинтеграция.

В пределах Сохатиного месторождения проявлен золото-сульфидно-кварцевый тип руд [1]. Минерализованные зоны с золото-сульфидно-кварцевым типом руд приурочены к зонам березитизации. Они представлены системой пологопадающих жильно-прожилковых тел карбонат-кварцевого состава с неравномерно распределенной сульфидной минерализацией. Наиболее рудоносными являются участки сопряжения пологопадающих надвиговых зон с крутопадающими разрывами, обычно маркируемыми прожилковой кварцевой минерализацией и повышенными концентрациями Au.

Жильные минералы представлены кварцем, карбонатом, реже хлоритом. Из карбонатов отмечаются анкерит, доломит и кальцит. Рудные минералы представлены сульфидами, теллуридами и селенидами, содержание которых составляет 5–10 %. Из сульфидов наибольшим распространением пользуется пирит. Характерными минералами первичных руд являются также халькопирит и галенит. Остальные сульфиды (сфалерит, арсенопирит, пирротин) развиты спорадически, золото-висмут-сульфотеллуридная минерализация обнаруживается только под электронным микроскопом.

Целью нашего исследования являлось выявление особенностей минералогии первичных и окисленных руд, а также оценка физико-химических параметров их образования с помощью исследования газовой-жидких включений в кварце и карбонатах.

В пределах данного месторождения были выделены следующие минеральные ассоциации (ступени равновесия): наиболее ранняя представлена кварцем, кальцитом, баритом и пиритом; вторая ступень характеризуется отложением галенита и халькопирита с золотом и с третьей ступенью равновесия связана золото-висмут-сульфотеллуридная минеральная ассоциация [2]. Средняя проба гипогенного золота составляет 729,5 ‰.

Ранняя минеральная **пиритовая ассоциация** вскрыта на месторождении практически всеми поверхностными горными выработками и скважинами, и пользуется наибольшим распространением. Основными нерудными минералами данной ассоциации являются кварц и карбонаты, редко барит. Из рудных минералов наибольшим распространением пользуется пирит. Во вмещающих породах выделяются хорошо ограненные метакристаллы пирита кубического габитуса. Включения золота в метапирите встречены не были. В жильных образованиях пирит нередко представлен хорошо ограненными идиоморфными кристаллами кубического габитуса, очень хрупкими. Внутреннее строение кристаллов в изломе слабо раковистое, часто зернистое, иногда встречаются фрамбоидальные образования пирита.

Золото-полиметаллическая ассоциация является одной из продуктивных на Сохатином месторождении, ореолы её распространения определяют контуры рудных тел. Наиболее широко распространена в центральной части месторождения, постепенно выклиниваясь к флангам. Наблюдается в подавляющем большинстве случаев в жильных образованиях и лишь иногда в форме околожильной вкрапленности халькопирита в метасоматитах. В жилах и прожилках наблюдается в виде вкрапленности или гнездообразных скоплений, заполняющих интерстиции среди минералов ранней пиритовой ассоциации, а также цементирует последние при их катаклазе. Золото в рудах преобладает мелкое и тонкое, размер зерен составляет от 0,008 до 1,0 мм. Преимущественные размеры их составляют сотые доли миллиметра.

С третьей ступенью равновесия связана **висмут-сульфотеллуридная** минеральная ассоциация. Проявления её незначительны по объему и выявлены только с помощью электронно-зондового микроанализа. В составе этой ассоциации установлены: аркубит $Ag_{5.17}Cu_{1.8}Bi_{0.5}S_4$, селеноаркубит $Ag_{5.24}Cu_{1.83}Bi_{0.64}(S,Se_{0.33})_4$, висмутин $Bi_{1.9}(S,Se_{0.02})_3$, сервеллит $Ag_{2.93}Cu_{0.69}(Te_{0.83},Se_{0.04})S$, матильдит $AgBi_{0.88}(S,Se_{0.27})_2$, шапбахит $Ag_{0.4}Pb_{0.3}Bi_{0.41}Cu_{0.25}S,Se_{0.16}$, науманнит $Ag_{2.1}Se$ и гессит $Ag_{2.09}Te$. Они чаще всего нарастают на кристаллы более ранних сульфидов и образуют вкрапленность в них. Секущих взаимоотношений между минералами внутри данной ступени не установлено. Характерной особенностью Сохатиного месторождения, в отличие от других золоторудных объектов района, является обогащенность поздней минерализации селеном, вплоть до образования собственного минерала науманнита. Селен присутствует также в гидрогеохимических ореолах, где наличие его аномальных содержаний является поисковым признаком.

Для характеристики условий формирования гипогенных руд нами были изучены газовой-жидкие включения в жильном кварце и карбонатах по стандартной методике [3, 4]. Измерения проводились на приборе Linkam THMS600, совмещенном с оптическим микроскопом Carl Zeiss Axio Imager.

Выделены два вида включений – первичные и вторичные. Мы проводили изучение преимущественно по первичным (сингенетическим) включениям, так как они отражают изначальный флюидный раствор. Первичные включения делятся на два типа – двухфазные (жидкость + газ) и однофазные (либо жидкость, либо газ). Их размер не более 10 мкм, формы обычно вытянутые, округлые. Температуры эвтектической смеси в диапазоне 9–13 °C указывают на водный состав с хлоридом К. По соотношениям температур гомогенизации и солёности включений нами выделены 4 обособленных области (рис.): 1) интервал температур гомогенизации 300–295 °C и солёность 5.7–6.3 % NaCl экв; 2) соответственно, 275–245 °C и 0.35–1.2 NaCl-экв; 3) 201–147 °C и 0.4–9.9 % NaCl-экв; 4) 120–110 °C и 0.7–5.7 % NaCl-экв.

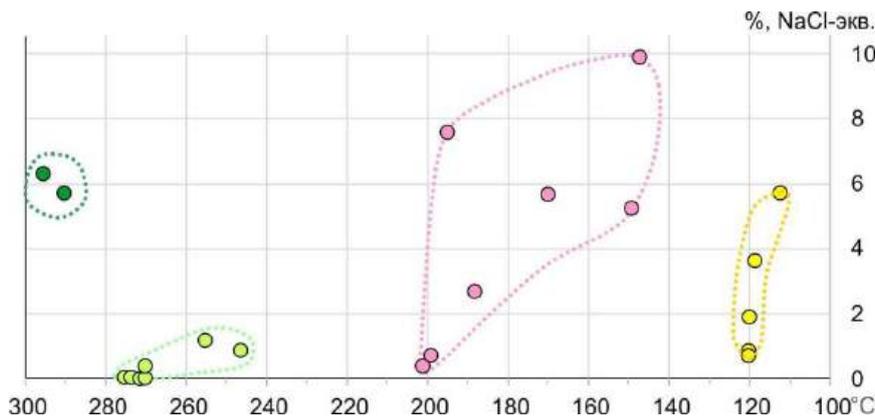


Рис. Соотношение температура–солёность флюидных включений в кварце Сохатинского месторождения (цветом выделены обособленные области, коррелирующие отдельным ступеням минерализации)

Первый интервал отражает, видимо, переход от метаморфического этапа к гидротермальному. Вскипание этих растворов в результате подвижек по плоскостям надвигов привело далее к конденсации паровой фазы в виде низкоминерализованных растворов, маркером которых являются включения в диапазоне 275–245°C. С ними параллелизуется отложение раннего пирита. Широкий диапазон колебаний солёности растворов в интервале температур 201–147°C отражает основной этап рудоотложения с золото-полиметаллической минерализацией. Четвертая область на графике соответствует, видимо, формированию в узком температурном диапазоне 120–110°C висмут-сульфотеллуридной минерализации.

На Сохатинском месторождении сохранились фрагменты площадной остаточной палеоген-неогеновой коры выветривания с участками линейных кор выветривания вдоль рудовмещающих плоскостей надвигов. В связи с этим, в поверхностных условиях руды интенсивно окислены вплоть до образования глинистых агрегатов. Формированию золотоносной коры выветривания способствовала высокая (в сравнении с другими месторождениями района) сульфидность руд.

При этом породообразующие минералы преобразуются в монтмориллонит и каолинит. Пирит замещается аморфными агрегатами гидроокисидов железа – гетитом и гидрогетитом, в конечном итоге – рыхлым лимонитом. По халькопириту вначале образуется в виде каемок борнит, затем – ковеллин и халькозин, при максимальной степени выветривания в приповерхностных условиях – карбонаты меди (малахит и азурит). Более устойчивый галенит в зоне окисления замещается церусситом, сфалерит – смитсонитом.

Проба золота в зоне окисления составляет в среднем 858 ‰. Статистическая значимость отличия по составу гипергенного золота от гипогенного устанавливается с достоверной вероятностью 99,99 %. Таким образом, окисленное золото обогащено за счет процессов химического растворения и переотложения первичного золота с выносом серебра. Существенных различий в морфологических особенностях и размерности гипогенного и гипергенного золота на сегодняшний день не установлено.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 24-27-00022.

Литература

1. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. – Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО РАН, 1998. – 210 с.
2. Тимкин Т.В., Ворошилов В.Г., Юркова М.В., Зиаи М. Минералогия руд Сохатинского золоторудного месторождения (Северо-Восток Азии, Россия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2022. – Т. 333. – № 4. – С. 53–65.
3. Борисенко А.С. Исследование солевого состава растворов газожидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. – 1977. – № 8. – С. 16–27.
4. Bodnar R.J., Vityk M.O. Interpretation of microthermometric data for H₂O–NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. – 1994. – P. 117–130.

ТЕЛЛУРО-ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АБЫЗ И МАЛЕЕВСКОЕ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Николаева А. Н.¹

Научный руководитель профессор А. К. Мазуров

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

Целью настоящей работы являлось изучение морфологии и условий образования редкой теллуру-висмутовой минерализации в рудах колчеданных месторождений Малеевское и Абыз, расположенных в Республике Казахстан. Новая информация о данных примесных элементах позволит обеспечить более комплексное

использование минерально-сырьевых ресурсов. В ходе научной работы выполнен ряд исследований: минераграфический анализ, сканирующая микроскопия и рамановская спектроскопия.

Месторождение Абыз находится на востоке Центрального Казахстана в Карагандинской области. Рудное поле приурочено к западной части Предчингизской зоны в области ее сочленения со структурами Токраурского синклинория, разделенных меридиональным Центрально-Казахстанским разломом [1, 2]. В геологическом плане месторождение сложено вулканогенно-осадочными отложениями айгыржальской, жалгызбийской и франской свит.

Месторождение Малеевское располагается в Зыряновском рудном районе Лениногорско-Зыряновской подзоны Рудно-Алтайской структурно-формационной зоны и приурочено к северо-западному флангу Малеевско-Путинцевской антиклинали, осложняющей северное замыкание Ревнюшинской структуры [3]. В геологическом строении участвуют вулканогенно-осадочные отложения маслянской свиты, а также осадочные отложения хамирской свиты.

Оруденение на данных месторождениях схоже по своим текстурно-структурным характеристикам и представлено двумя типами: сливным и вкрапленным.

В результате исследований было установлено, что колчеданные руды месторождений Абыз и Малеевское характеризуются довольно сложным минеральным составом, где в качестве редких отмечаются минералы Те-Ві состава.

На месторождении Абыз диагностированы такие минералы как алтаит ($PbTe$), гессит (Ag_2Te), теллуровисмутит (Bi_2Te_3), раклиджит ($(Bi,Pb)_3Te_4$), петцит (Ag_3AuTe_2), колорадоит ($HgTe$). Впервые в рудах были выявлены штюцит (Ag_5Te_3), ченгуодаит ($Ag_9FeTe_2S_4$) и калаверит ($AuTe_2$). Для минералов отмечается многообразие форм выделения (рис. 1), а также общее сходство – приуроченность к сульфидным минералам (пириту и халькопириту). Агрегаты характеризуются округлыми, неправильными, овальными, угловатыми, слабоизометричными и каплевидными формами, приуроченными к пустотам и трещинам в минералах-концентраторах. Размерность включений варьирует в пределах 1...20 мкм. Спорадически для таких минералов как алтаит, гессит и штюцит наблюдаются проволочковидные формы выделения, сформировавшиеся в результате заполнения минералами трещин в пирите и халькопирите. Агрегаты данного типа достаточно уплощенные и анизометричные вследствие ограничения стенками самих трещин. Соотношение их длины и мощности колеблется в диапазоне от 2:1 до 15:1, при этом средняя длина составляет 10 мкм. Калаверит, теллуровисмутит и раклиджит нередко создают гнездово-вкрапленные скопления своих агрегатов.

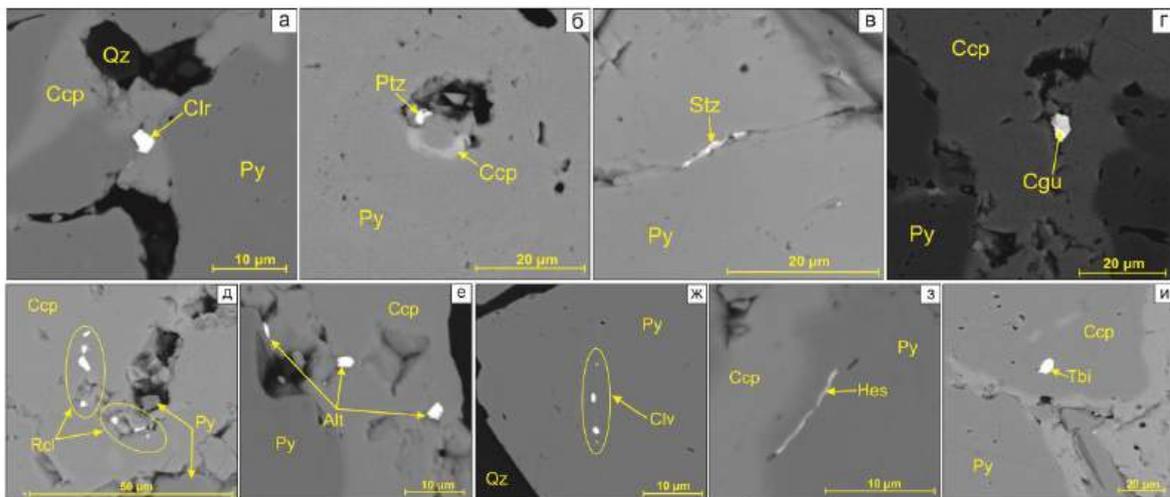


Рис. 1. Снимки со сканирующего электронного микроскопа, демонстрирующие включения колорадоита (а), петцита (б), штюцита (в), ченгуодаита (z), раклиджита (д), алтаита (е), калаверита (ж), гессита (з), теллуровисмутита (и). Условные обозначения: Py – пирит, Qz – кварц, Cal – кальцит, Ccp – халькопирит, Sp – сфалерит, Gn – галенит, Alt – алтаит, Ges – гессит, Clv – калаверит, Tbi – теллуровисмутит, Rcl – раклиджит, Stz – штюцит, Cgu – ченгуодаит, Ptz – петцит, Clr – колорадоит

В процессе изучения руд Малеевского месторождения выявлен обширный список минералов теллуровисмутитового состава: алтаит ($PbTe$), гессит (Ag_2Te), самородный висмут (Bi), строкаит (Bi_3TeS_2), изоклейкит ($Pb_{27}(Cu, Fe)_2(Sb, Bi)_{19}S_{57}$), а также неидентифицированный минерал с обобщенной минеральной формулой $PbAg_2Te$. Впервые в рудах были обнаружены такие минералы как плюмботеллурит ($PbTeO_3$), цервеллеит (Ag_4TeS) и ксилингоит ($Pb_3Bi_2S_6$). Минеральные агрегаты имеют угловатые, овальные, интерстициальные, неправильные и каплевидные формы выделения (рис. 2). Обычно минералы развиваются по трещинам и пустотам в пирите и халькопирите, единично в сфалерите. Для плюмботеллурита отмечаются единичные включения в рутиле, концентрирующемся в пирите (рис. 2 в). Средний размер включений варьирует в пределах 3...20 мкм, изредка отмечаются агрегаты до 40 мкм. Для самородного висмута характерны ламеллеидные формы включений в ксилингоите и изоклейките (рис. 2 а, ж). В процессе изучения сливных руд было обнаружено включение неидентифицированного минерала с обобщенной формулой $PbAg_2Te$, образованного вследствие парагенезиса фаз Pb – Te и Ag – Te, которые, судя по всему, являются сростаниями алтаита $PbTe$ и гессита $AgTe_2$. Включение минеральной фазы диагностировано в трещине пирита в виде вытянутого округлого зерна размером в длину 4,8 мкм.

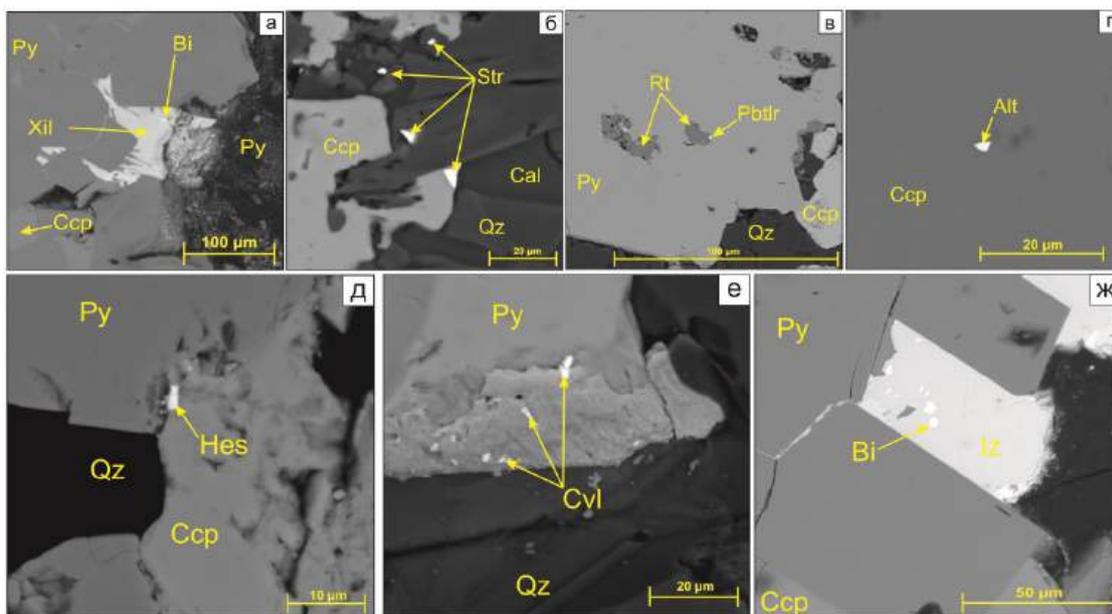


Рис. 2. Снимки со сканирующего электронного микроскопа, демонстрирующие включения ксилингоита (а), строкоаита (б), плумботеллурида (в), алтаита (г), гессита (д), цервеллеита (е), самородного висмута в изоклейките (ж). Условные обозначения: Py – пирит, Qz – кварц, Cal – кальцит, Ccp – халькопирит, Sp – сфалерит, Gn – галенит, Alt – алтаит, Ges – гессит, Cvl – цервеллеит, Xil – ксилингоит, Pbtlr – плумботеллурид, Iz – изоклейкит, Bi – самородный висмут, Str – строкоаит, Fb – фрейбергит

Таким образом, проведенные исследования позволили установить видовое разнообразие Те-Ві минерализации в рудах колчеданных месторождений Абыз и Малеевское. При этом отмечается, что как в качественном, так и в количественном отношении для руд месторождения Абыз наблюдается преобладание теллуристого элемента, а для месторождения Малеевского – висмутового.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания «Наука № FSSWW–2023–0010».

Литература

1. Мазуров А.К. Металлогения и оценка рудоносности металлогенических комплексов островных дуг / А.К. Мазуров // Геология и охрана недр. – 2002. – № 3. – С. 2–10.
2. Мазуров А.К. Металлогеническое районирование Казахстана / А.К. Мазуров // Известия Томского Политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 4. – С. 33–39.
3. Минерагеническая карта Казахстана / Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков, Х.А. Беспаяев, Б.С. Ужженов, А.К. Мазуров, А.Л. Киселев, Ф.Г. Губайдулин, Т.М. Жаутиков, Э.С. Воцалевский, Д.А. Шлыгин, В.М. Пилифосов, Т.М. Шлыгина // Геология Казахстана. – 2001. – № 3–4. – С. 73–85.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПО СХЕМЕ МОНОКРИСТАЛЛ-МНОКРИСТАЛЛ В ЛИТЦИСИТЕ И КУКИСВУМИТЕ

Паниковский 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,
г. 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 → тисиналит, 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 : ломоносавит → 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 → кальциумурманит [4]. Открытие нами нового минерала селивановаита [5] показало возможность вхождения Fe^{3+} в кристаллическую структуру мурманита с перестройкой гетерополиэдрического слоя. Аналогичное превращение было обнаружено нами при вхождении Cd^+ в структуру мурманита [6], при этом было отмечено, что вхождение Pb^{2+} в структуру мурманита не вызывает подобных драматических изменений. Другой группой полезных соединений обладают минералы семейства линтисита-кукисвумита, синтетический аналог АМ – 4 широко применяется в сорбционных целях. Нами кристаллы кукисвумита были обработаны соляной кислотой в течении 3-х часов. Видимых изменений не произошло (рис.1), но при этом значительно поменялась кристаллическая структура.

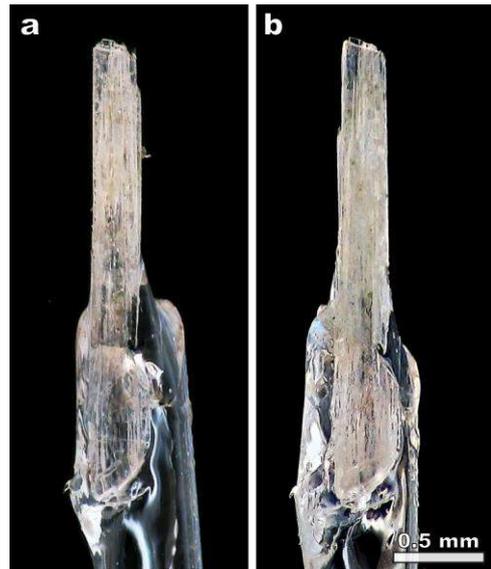


Рис. 1. Исходный кристалл кукисвумита (а) и тот же кристалл после обработки 0,5 NCl

Исследование процессов декатионизации с помощью природных образцов, показало наличие трансформации при переходе кукисвумита $\text{Na}_6\text{ZnTi}_4[\text{Si}_2\text{O}_6]_4\text{O}_4(\text{H}_2\text{O})_4$ в K3 модификацию $\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH}))(\text{OH})$ (рис. 2) в кислой среде и аналогичного перехода линтисита в модификацию L3 [8]. Наличие данных трансформаций также связано с изоморфизмом по схеме $\text{Na}^+ + \text{O}^{2-} \leftrightarrow \square + (\text{OH})^-$. Сорбционные свойства аналогов кукисвумита и линтисита показали высокую сорбционную емкость декатионизированных форм в отношении серебра.

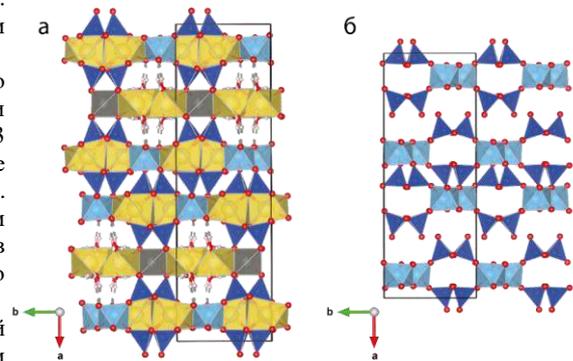


Рис. 2. Кристаллические структуры кукисвумита: а – исходного, б – декатионизированного

Эволюция картины порошковой рентгеновской дифракции после обработки в HCl привела к значительным изменениям и представлена на рис. 3. Картина исходного АМ – 4 находится в хорошем согласии с теоретическими данными и хорошо согласуется с PDF-картой № 01 – 070 – 6975, то же самое относится и к теоретической картине L3.

Наиболее значительные изменения относятся к малоугловой ($5 - 25^\circ$) области, где наиболее интенсивное (200) отражение при $5.98^\circ 2\theta$ (14.76 \AA) сместилось в (100) $7.54^\circ 2\theta$ (11.71 \AA). Этот сдвиг связан с укорочением межслоевого пространства между титаносиликатными блоками в структуре. В схеме L3 появляется дополнительное (110) отражение при $12.76^\circ 2\theta$ (6.93 \AA). В области средних углов ($25-45^\circ$) для L3 появляются два сильных отражения ($12-1$) $27.34^\circ 2\theta$ (3.25 \AA) и ($30-2$) $38.52^\circ 2\theta$ (2.33 \AA). Следует отметить, что интенсивности для средней области диапазона (пики 210, 011 и 21 – 1) значительно выше, чем в том же диапазоне для пиков АМ-4. Легкое и быстрое SCSC-превращение кукисвумита и линтисита в кислом растворе приводит к образованию новых кислых титаносиликатных материалов, K3 и L3, с химической формулой $\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH}))(\text{OH})$. Такие же титаносиликатные блоки присутствуют в структуре синтетического материала АМ-4 [27, 49], который вызвал значительный интерес с точки зрения селективных катионообменных свойств [49, 95]. Наши эксперименты показали, что кислотная обработка АМ-4 приводит к формированию слоистой структуры типа L3, что открывает возможность его использования для создания нового семейства слоистых титаносиликатных материалов в катализе.

Механизм трансформации SCSC кукисвумита → K3, линтисита → L3 и АМ-4 → L3 сопровождается значительным изменением объема элементарной ячейки ~ 20% и смещением титаносиликатных слоев относительно друг друга на $\sim 5 \text{ \AA}$ по вектору $(b+c)/2$. Несмотря на глобальные структурные изменения, монокристаллическая природа сохраняется благодаря образованию сильных водородных связей между титаносиликатными блоками.

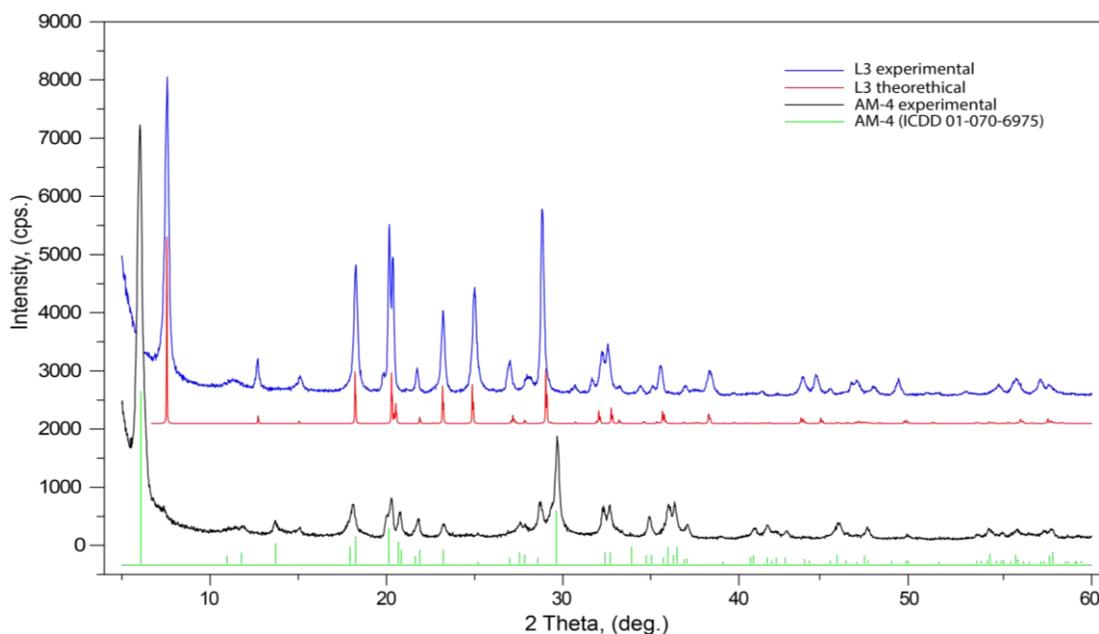


Рис. 3. Порошковые рентгеновские дифракционные картины исходных фаз AM – 4 и L3

Новые водородные связи согласуются со схемами замещения $\text{Li}^+ + \text{O}^{2-} \rightarrow \square + \text{OH}^-$, $\text{Na}^+ + \text{O}^{2-} \rightarrow \square + \text{OH}^-$ и $\text{Zn}^{2+} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \square + 2\text{OH}^-$. Эти химические реакции согласуются с увеличением интенсивности полос, соответствующих рамановскому спектру изгибных колебаний Н-О-Н в КЗ, по сравнению с теми же полосами в кукишумите (рис. 3). Общая схема водородной связи в обоих соединениях, образованных кислотной обработкой, одинакова и для соединений КЗ представлена на рисунке 4. Для КЗ наиболее сильные водородные взаимодействия наблюдаются между атомами O14 – O12 и O10 – O13 с расстояниями D...A 2.695 и 2.865 Å соответственно. Аналогичное расстояние для O1 – O7 в структуре L3 составляет 2.791 Å. Следует еще раз подчеркнуть, что ориентация октаэдрических цепей в кристаллических структурах L3 и КЗ различна, несмотря на одинаковую химическую формулу $\text{Ti}(\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH}))(\text{OH})$, что позволяет рассматривать их как полиморфы.

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.

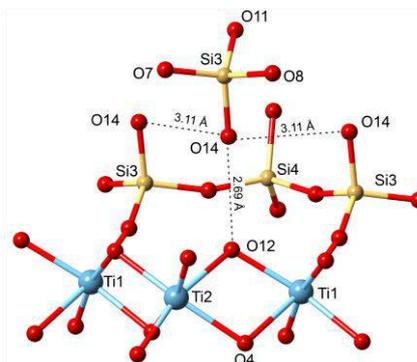


Рис. 4. Схема взаимодействия водородных связей в кристаллической структуре КЗ

Литература

1. Хомяков А.П. Минералогия ультрааппаитовых щелочных пород. М.: Наука. – 1990. – 196 с.
2. Lykova, I.S., Pekov, I.V., Chukanov, N.V., Belakovskiy, D.I., Yarpaskurt, V.O., Zubkova, N.V., Britvin, S.N., Giester, G. 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. // Eur. J. Mineral. – 2016. – V. 28. – P. 835 – 845.
3. Пеков И.В., Бритвин С.Н., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Брызгалов И.А., Лыкова И.С., Белаковский Д.И., Пушаровский Д.Ю. Вигришинит $\text{Zn}_2\text{Ti}_{4-x}\text{Si}_4\text{O}_{14}(\text{OH}, \text{H}_2\text{O}, \square)_8$ – новый минерал из Ловозерского щелочного массива (Кольский полуостров, Россия) // Записки РМО – 2012. – Часть 141. – № 4. – С. 12–27.
4. Пеков И.В., Лыкова И.С., Чуканов Н.В., Япаскерт В.О., Белаковский Д.И., Золотарев А.А., 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. Selivanovaitite, $\text{NaTi}_3(\text{Ti}, \text{Na}, \text{Fe}, \text{Mn})_4[(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_4(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_4] \cdot n\text{H}_2\text{O}$, a new rock-forming mineral from the eudialyte-rich malignite of the Lovozero alkaline massif (Kola Peninsula, Russia) / Y. A. Pakhomovsky, T. L. Panikorovskii, V. N. Yakovenchuk, G. Y. Ivanyuk, J. A. Mikhailova, S. V. Krivovich, V. N. Bocharov, A. O. Kalashnikov // Eur. J. Mineral. – 2018. V. – 30. – № 3. – P. 525 – 535.
6. Паникоровский Т.Л., Калашникова Г.О., Яковенчук В.Н., Базай А.В., Грязнова Д.В., Кривовичев С.В. Механизм вхождения Pb^{2+} и Cd^{2+} в кристаллическую структуру мурманита, $\text{Na}_2\text{Ti}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – 2022. – № 19. – С. 275–278.

7. Panikorovskii T.L. Crystal chemistry of ivanyukite group minerals, $A_{3-x}H_{1+x}[Ti_4O_4(SiO_4)_3](H_2O)_n$ ($A = Na, K, Cu$), ($n = 6 - 9, x = 0 - 2$): crystal structures, ion-exchange, chemical evolution / T.L. Panikorovskii, V.N. Yakovenchuk, N.Yu. Yanicheva, Ya.A. Pakhomovsky, V.V. Shilovskikh, V.N. Bocharov, S.V. Krivovichev // Mineralogical Magazine. – 2021. – V. 85. – P. 607–619;
8. Kalashnikova, G.O. The AM – 4 Family of Layered Titanosilicates: Single-Crystal-to-Single-Crystal Transformation, Synthesis and Ionic Conductivity / G.O. Kalashnikova, S.V. Krivovichev, V.N. Yakovenchuk, E.A. Selivanova, M.S. Avdontceva, G.Y. Ivanyuk, Ya.A. Pakhomovsky, D.V. Gryaznova, N.A. Kabanova, Ya.A. Morkhova, et al. // Materials – 2024. – V. 17 (1). 111. <https://doi.org/10.3390/ma17010111>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЗОЛОТА В ГРАНИЦАХ ВОЗДВИЖЕНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Пахтаева М. Г.

Научный руководитель профессор В.П. Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучение металлоорганических соединений (МОС) используется достаточно широко в материаловедении и в геохимии при оценке форм нахождения металлов. Проблема изучения координационных соединений металлов с лигандами вышла за рамки неорганической, органической и молекулярной химии, так как МОС представляют собой сложные системы «металл-углерод» в виде надмолекулярных организаций молекул и атомов, характеризуемых как кластеры, где металл – остов, а лиганды – функциональные группы углерода с азотом, водородом, кислородом. Поэтому с 1980-х годов междисциплинарная область изучения МОС обусловила появление супрамолекулярной химии, которая в настоящее время используется для определения форм связей «металл – углерод» в углефицированных и углеродистых веществах [3].

Целью представленных исследований является изучение металлоорганических соединений золота в границах Воздвиженского рудного поля (Забайкальский Край), которые по содержанию Au имеют промышленные концентрации в свинцово-цинковых рудах. В качестве фактического материала была выбрана скважина, подсекающая осадочную толщу с видимыми прослоями углистого материала. Породы представлены преимущественно доломитами и мергелями с сульфидной минерализацией в виде гнёзд и тонкой вкрапленности по массе, в виде прожилков и примазков по трещинам. Наиболее концентрированные золотом интервалы были опробованы точно с глубины 286–350 метров.

Для исследования использовался аппаратно-программный комплекс (АПК «Спектротест») на базе спектрометра фирмы «SHIMADZU» IRAffinity – 1 с Фурье преобразованием, который позволяет получать ИК-спектр диффузного отражения в диапазоне 7500–350 cm^{-1} с максимальным разрешением 0,5 cm^{-1} с помощью приставки DRS-8010ASC для порошков (DRIFTS). Полученные из точечных керновых проб образцы для аналитических исследований были подвергнуты дроблению и истиранию до крупности 0,2 мм с выделением углистого вещества методом препарирования. Обработка спектров проводилась АПК СКАУФВ (аппаратно-программный комплекс структурно-кластерного анализа углефицированных веществ) [2].

Суть идентификации полученных спектров 20 образцов состояла в следующем. Во-первых, был проведён сравнительный анализ спектральных характеристик по диапазонам спектров 4000–600 и 600–350 cm^{-1} и выделено 5 групп по углеводородным лигандам (2920 и 2860 cm^{-1}). Во-вторых, выяснилось, что наибольшая степень корреляции данных лиганд была с полосами 571, 561, 550, 545 cm^{-1} ($r = 0,58-0,64$), которые отражают МОС $[(CH_3)_2Au(X)_2]$ и полосы 2130, 700 cm^{-1} ($r = 0,55-0,64$), отражающие МОС К $[Au(-SCN)_4]$.

Результаты ИК спектрометрического анализа (СКАУФВ) были сопоставлены с результатами пробирного анализа, за счет чего получена зависимость между содержанием золота и количеством связей в виде соединения $K[Au(-SCN)_4]$. Характер данной зависимости при аппроксимации ($R^2 = 0,58$) носит степенной вид графика: $y = 0,025x^{-0,824}$ (рис.).

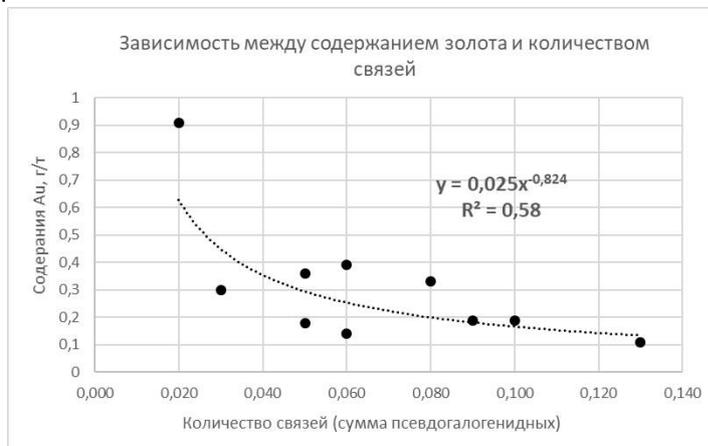


Рис. Зависимость между содержанием золота и количеством связей

Установлено [4], что МОС золота в структуре углеродизированных веществ находится в виде кластерного материала, относящегося к псевдогалогенидным комплексам с плоскостными и межплоскостными связями NCS- или SCN-групп, которые идентифицируются на полосах 2130, 700 см⁻¹. Данное уравнение свидетельствует, что взаимосвязь между содержанием золота и количеством связей МОС обратная, т.е. при увеличении количества золота в веществе снижается его количество связей. Это значит, в системе «полимер-минерал» кластерный материал золота, как ультрадисперсной металлической частицы, переходит в зёрна самородного золота размером более 30 нм [1].

Литература

1. Губин, С.П. Химия кластеров: Основы классификации и строение / С. П. Губин; Отв. ред. И. И. Моисеев; АН СССР, Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова. – Москва: Наука, 1987. – 262 с.
2. Иванов, В. П. Определение типов связей кремния с функциональными группами в структурах органических веществ растительного происхождения с помощью метода диффузного отражения инфракрасной спектроскопии / В. П. Иванов, А. А. Дмитриенко // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333, № 8. – С. 36–45.
3. Особенности определения металлоорганических соединений в углеродистых веществах черносланцевых отложений с применением ИК-спектроскопии диффузного отражения/ В.П. Иванов, Т.В. Тимкин, Д.А. Болдина, М.Г. Пахтаева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 2. – С. 141–156.
4. Nakamoto K. Infrared and Raman spectra of inorganic and coordination compounds, part B: applications in coordination, organometallic, and bioinorganic chemistry. John Wiley & Sons, 2009. – 400 p.

ГЛАУКОНИТ И АММОНИЙ: ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА БАЗАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛА ПРИ СОЗДАНИИ НАНОКОМПОЗИТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Рудмин М.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Эффективное использование ресурсов в сельском хозяйстве становится всё более важным в свете поисков устойчивых методов ведения сельского хозяйства. Особое внимание уделяется разработке и внедрению новых технологий производства и применения удобрений. Удобрения контролируемого действия представляют собой современную наукоёмкую область в индустрии удобрений, которая сосредотачивается на принципах адресной и дозированной доставки питательных веществ растениям. Азот, как наиболее важный и распространённый питательный элемент в сельском хозяйстве, остаётся одним из ключевых элементов при создании удобрений нового поколения [1, 2]. Подбор параметров для создания композитных удобрений из глауконита в настоящее время основывается в основном на экспериментальных методах. Однако современные исследования активно внедряют методы компьютерной молекулярной динамики для моделирования взаимодействия слоистых минералов с различными водными растворами [3, 4]. Этот подход имеет потенциал для улучшения понимания фундаментальных процессов, лежащих в основе создания удобрений контролируемого действия на основе слоистых минералов. Целью данного исследования являлось моделирование и экспериментальная проверка условий и процесса сорбции азота в микропоровом пространстве глауконита с целью оптимизации и контроля будущей технологии производства удобрений контролируемого действия из глауконита и мочевины.

В рамках исследования была осуществлена подготовка и характеристика нанокompозитов глауконит-аммоний (ГАН), используя различные концентрации аммония в растворе нитратного аммония для изучения динамики адсорбции, моделей высвобождения питательных веществ и их воздействия на прорастание и рост овса (*Avena sativa*). Характеристики приготовленных нанокompозитов были изучены с использованием рентгеновской дифракции (РДА), сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом (СЭМ-ЭДС), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) с дифракцией электронов в локальной области, инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье, дифференциального термического анализа (термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия) с квадрупольным масс-спектрометром (ТГ-ДТА-МС) и методом Брунауэр-Эмметт-Теллер.

Объём аммония, который адсорбирован в микропорах (≤ 2 нм) ГАН, определяется через выраженный смещением первого базального пика рентгеновской дифракции до 17.0 Å (рис. 1) и изменения линейных размеров межплоскостного расстояния на ПЭМ-снимках. А также это заверяется потерей веса в диапазоне температур от 325 до 590 °С, сопровождаемой выделением азотсодержащих соединений (NH₄ и NH₃), как показано из результатов ТГ-ДТА-МС. Увеличение концентрации NH₄⁺ в реакционном растворе NH₄NO₃ от 1 до 12 мол. % приводит к увеличению доли интеркалированных нутриентов в глауконите с 4.0 % до 4.3 %. Максимальное содержание веществ, адсорбированных в микропорах, не превышает долю смектитовых слоев в структуре глауконита, подчеркивая высокую адсорбционную активность межплоскостных пространств смектитовых фаз [5].

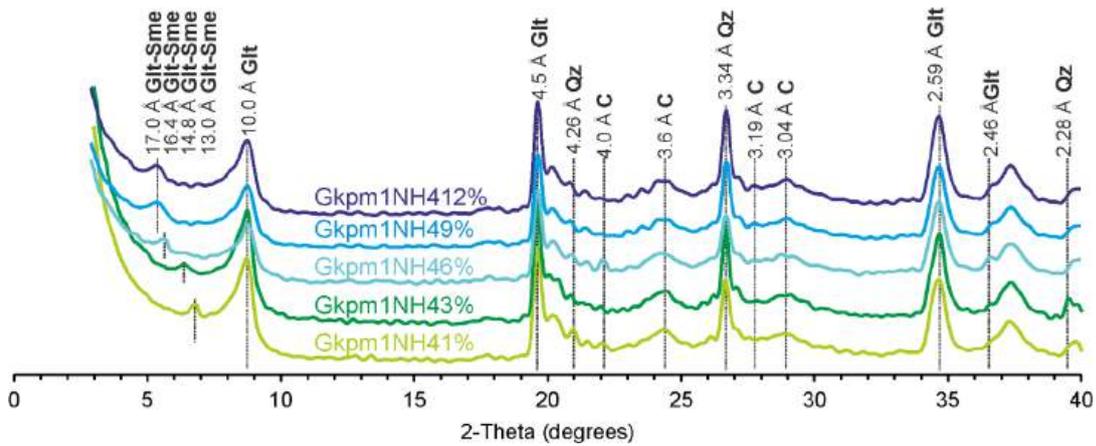


Рис. 1. РДА спектры нанокмозитов, активированных с мочевиной (карбамидом).
C – карбамид, Glt – глауконит, Qz – кварц

Внутреннее строение ГАН характеризуется реликтовой морфологией глауконита, проявляющейся в хаотичной ориентации микрочастиц в виде микро-хлопьев или микро-чешуек. Длина микро-чешуек варьирует от 0.5–1 мкм до 4 мкм, средний размер составляет 2–2.5 мкм. Химический состав ГАН практически не отличается от исходного глауконита. На поверхности минеральных микро-чешуек фиксируется азот с содержанием от 0.8–0.9 % до 2–2.5 %. Адсорбция азотных соединений подтверждается наличием инфракрасных пиков и через потери массы в диапазонах температур 185–325 °C с фиксацией ион-токов NH₃, CO₂, NO⁺. Наполнение мезопор подтверждается уменьшением общего объема пор и среднего диаметра пор в ГАН. Удельная поверхность постепенно возрастает с увеличением содержания азота в реакционном растворе.

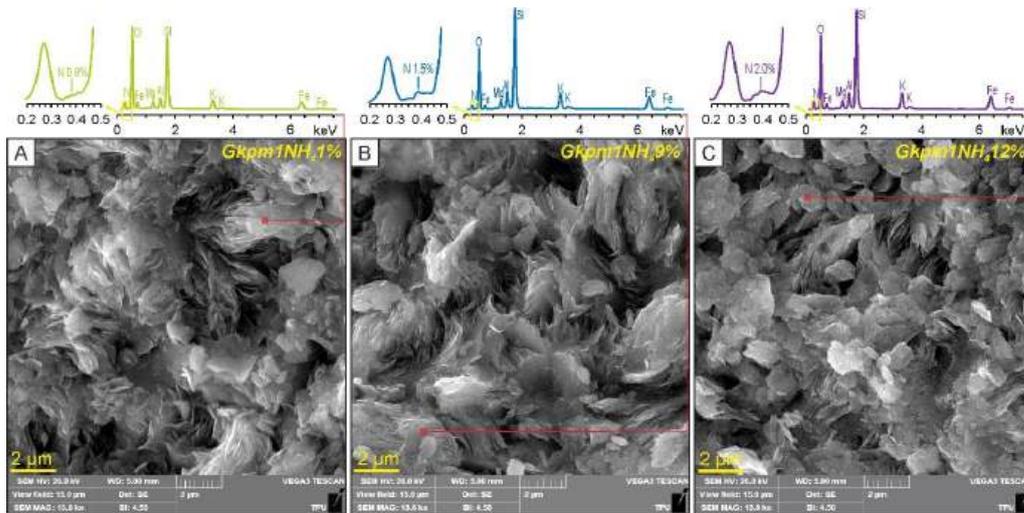


Рис. 2. СЭМ-снимки, полученные с помощью детектора вторичных электронов, демонстрирующие морфологические характеристики нанокмозитов: (А) Gkpm1NH4 1 %, (В) Gkpm1NH4 9 % и (С) Gkpm1NH4 12 %. Спектры энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) представлены для минеральных микрочешуек, расположенных в ядерной части ГАН. Область анализа для каждого спектра выделена красным квадратом

Интенсивное высвобождение аммония из Gkpm1NH4 1 % и Gkpm1NH4 3 % может быть связано с высокой мобильностью второго типа внутрисферной координации NH₄⁺ на базальной поверхности глауконита, в то время как первый тип внутрисферной координации NH₄⁺ обеспечивает более сдержанную динамику десорбции в Gkpm1NH4 9 % и Gkpm1NH4 12 %. В общем виде результаты указывают на перестройку структурных и транспортных свойств ионов на поверхности минерала, что отражается в повышенной кинетике высвобождения азотных нутриентов.

По мере увеличения концентрации нутриентов в ГАН обнаруживается общее снижение мобильности калия. Это соответствует уменьшению плотности ионов калия на базальных плоскостях глауконита и коэффициента самодиффузии K⁺, особенно заметное при концентрации аммония от 9 % до 12 %. Это указывает на сложности процесса интеркаляции аммония в смектитовые фазы глауконита, что, возможно, реализуется за счет частичного замещения ионов калия на аммоний на силоксановых кольцах базальной поверхности глауконита. Подобные наблюдения корректируют представление о ключевой роли смектитовой фазы в глауконите для микропоровой адсорбции [5]. В итоге слоистые пакеты с повышенной долей изоморфных замещений в тетраэдрических

и октаэдрических пакетах отвечают за повышенную адсорбционную способность глауконита на базальной поверхности, что подразумевает некоторую потерю калия из межслоя или ограничение мобильности калия согласно комплексным наблюдениям.

Экспериментальные и расчетные данные также указывают на иерархическое воздействие нутриентов в почве, зависящее от структурных и транспортных особенностей адсорбированных азотных веществ на базальной поверхности глауконита. Разные доли двух типов внутрисферной координации аммония, внешнесферных координаций аммония и нитратов, а также разнообразная сеть водородных связей влияют на скорость диффузии аммония, нитратов и калия в минеральных нанокompозитах в зависимости от концентрации аммония в изначальном растворе. Эти результаты подчеркивают важность адаптированных стратегий управления питательными веществами для рационального использования глауконитовых нанокompозитов в сельском хозяйстве. Они также открывают возможности для оптимизации сельскохозяйственных практик через разработку инновационных систем доставки питательных веществ.

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

Литература

1. Abhiram G. Contributions of Nano-Nitrogen Fertilizers to Sustainable Development Goals: A Comprehensive Review // Nitrogen. – 2023. – Vol. 4. – № 4. – P. 397–415.
2. Монтмориллонит как перспективный композитный минерал для создания современных удобрений пролонгированного действия / М.А. Рудмин, И.В. Рева, Т.Ю. Якич, Б.Р. Соктоев, А.С. Буяков, Р.Б. Табакаев, К. Ибраева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 1. – С.14–22.
3. Tararushkin E. V. Atomistic simulations of ettringite and its aqueous interfaces: Structure and properties revisited with the modified ClayFF force field / E. V. Tararushkin, V. V. Pisarev, A.G. Kalinichev // Cement and Concrete Research. Elsevier Ltd. – 2022. – Vol. 156. – № February. – P. 106759.
4. Cygan R.T. Advances in Clayff Molecular Simulation of Layered and Nanoporous Materials and Their Aqueous Interfaces / R.T. Cygan, J.A. Greathouse, A.G. Kalinichev // Journal of Physical Chemistry C. American Chemical Society. – 2021. – Vol. 125. – № 32. – P. 17573–17589.
5. Rudmin M. Intercalation of carbamide to globular glauconite by chemical processing for the creation of slow-release nanocomposites / M. Rudmin, P. Maximov, E. Dasi, A.Kurovsky, Y. Gummer, K. Ibraeva, V. Kutugin, B. Soktoev, K. Ponomarev, E. Tararushkin, B. Makarov, A. Ruban // Applied Clay Science. Elsevier. – 2023. – Vol. 243. – P. 107075.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХОНГУРУУ (РЕСП. САХА)

Румянцева А.О., Кайлачаков П.Э., Белоусов П.Е.

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
г. Москва, Россия*

Основной целью данной работы было изучение геологического строения, особенностей минерального состава, а также влияние структурно-текстурных особенностей на сорбционные свойства цеолитов месторождения Хонгуруу.

Месторождение Хонгуруу расположено в 22 км к востоку от посёлка Кемпендяй Сунтарского района республики Саха. В структурном плане месторождение располагается на юго-восточном борту Таас-Туусской солянокупольной антиклинальной структуры. Месторождение сложено четырьмя пластами цеолитизированных туфов, относящихся к намдырской свите верхнего девона и курунгюряхской свите нижнего карбона.

Намдырская свита (D_{3nd}) представлена пестроцветными вулканогенно-терригенно-карбонатными породами. Основную часть свиты слагают терригенные породы. Свита подстилается пластом каменной соли кыгылтуусской свиты и согласно покрывается сероцветными образованиями нижнего карбона. В разрезе свиты выделяются два пласта цеолитизированных туфов.

Курунгюряхская свита (C_{1c2}) согласно залегает на пестроцветных образованиях верхнего девона. Основная часть разреза сложена карбонатными породами. В разрезе свиты выделяются третий и четвертый пласты цеолитовых туфов.

Пласты цеолитов имеют северо-восточное простирание и моноклинально погружаются под углом 25–45°. Мощность пластов колеблется от 5,6 до 11 м, они залегают согласно с вмещающими их осадочными и вулканогенными породами верхнего девона (D₃) и нижнего карбона (C₁). Прослежены пласты на расстоянии 6–8 км, их строение изучено до глубины 100–160 м. Запасы категории В + C₁ составляют 11,4 млн т [1, 2].

Пласт I выходит на дневную поверхность на вершине северного отрога хребта Хонгуруу. Туфы залегают на красноцветных глинистых доломитах и перекрываются туфопесчаниками перекрытыми известковистыми пестроцветными песчаниками.

Пласт II вскрывается средней части хребта Хонгуруу и прослежен на расстоянии 6,5 км. Пласт залегает на желто-серых песчаниках и перекрывается пестроцветными алевролитами с пропластами песчаников. От первого пласта разделен толщей терригенных пород мощностью 106 м.

Пласт III вскрывается на основной вершине хребта Хонгуруу. Пласт представлен цеолитовыми туфами и пластом туфопесчаников, постепенно переходящих в песчаники. Пласт залегает на известняках серого цвета, перекрывается известняками и слабоизвестковистыми песчаниками. От второго пласта разделен толщей терригенно-карбонатных отложений девона-карбона мощностью около 70 м.

Пласт IV вскрыт канавами на вершине небольшой высоты, расположенной южнее главного хребта. Цеолиты залегают на серых плотных известняках и перекрываются мергелями черного цвета. От третьего пласта отделяется пачкой карбонатных пород мощностью 50–55 м.

Макроскопически встречаются цеолиты серо-зеленые и бежевые с тонко- и толсто-плитчатыми массивными текстурами.

Микроскопически породы представляют собой витрокластические и кристалловитрокластические туфы, почти полностью замещенные скрытокристаллическими изотропными минералами цеолитового ряда. При проведении исследования методом сканирующей электронной микроскопии было обнаружено, что зеленые цеолиты имеют однородную плотную структуру, а бежевые разности – рыхлое и пористое строение с туфогенной структурой.

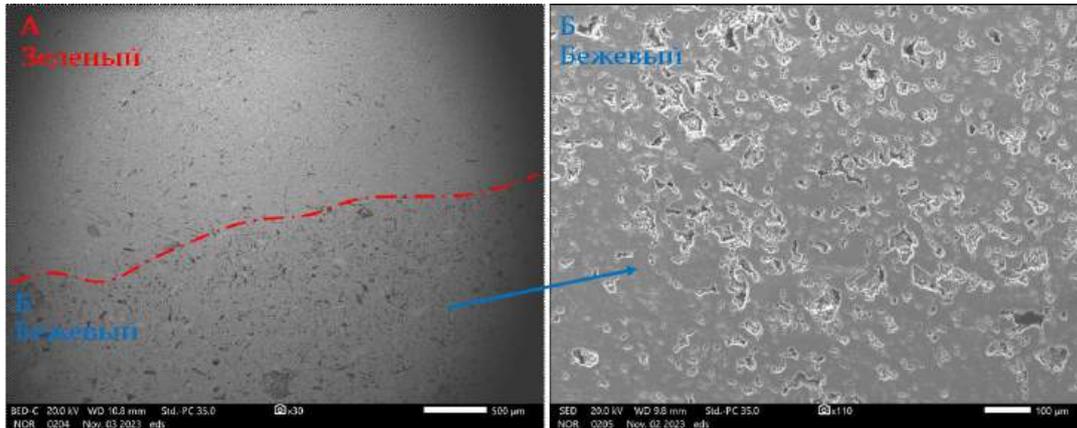


Рис. 1. Особенности микроструктур цеолитов различного типа: а – граница зеленой разности цеолита с однородной, плотной структурой и бежевой разности с пористой, туфогенной структурой; б – бежевая разность цеолита с пористой, туфогенной структурой

По минеральному составу выделяются как гейландит-клиноптилолитовые, так и преимущественно гейландитовые разности. Содержание цеолитов в породах колеблется в пределах 55–82 %. Для преимущественно гейландитовых разностей характерно повышенное содержание стронция, который по-видимому, находимся в виде обменных катионов в каналах минерала. В виде примесей встречаются смектит, слюдястые минералы, кварц и полевой шпат.

По химическому составу цеолиты относятся к высококремнистой разности, соотношение кремнезема к глинозему составляет в среднем 5,6, что является характерным для минералов клиноптилолит-гейландитового ряда (табл.1).

Таблица 1

Химический состав цеолитов месторождения Хонгуруу (%)

Образец	ППП	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
Зеленый цеолит щелочного состава	11,93	4,54	1,25	13,25	64,73	1,28	1,16	0,17	0,007	1,26	0,03
Светло-бежевый цеолит щелочноземельного состава	12,51	0,37	1,49	11,91	67,56	1,49	3,77	0,18	0,009	0,20	0,02
Зеленый цеолит щелочноземельного состава	11,43	0,40	1,93	10,89	68,19	1,89	3,25	0,15	0,007	1,39	0,02

Емкость катионного обмена цеолитов месторождения Хонгуруу колеблется от 140 до 204 мг – экв/100 г. По составу обменных катионов выделяют Ca-Na и Mg-Ca цеолиты. Участки с преобладанием Mg-Ca цеолитов пространственно приурочены к проявлениям гипса и соли.

Проведенные эксперименты по сорбции ионов свинца и цезия показали, что наилучшими значениями сорбции обладают щелочные цеолиты однородной плотной структуры, в то время как щелочноземельные цеолиты с рыхлой и пористой структурой обладают пониженной сорбционной активностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект №22–77–10050.

Литература

1. Колодезников К.Е. Кемпендяйский цеолитоносный район / Колодезников К.Е., Новгородов П.Г., Матросова Т.В., Степанов В.В. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. – 68 с.
2. Сафронов А. Ф. Полезные ископаемые Сунтарского района и перспективы их промышленного освоения / Сафронов А. Ф., Колодезников К. Е., Уаров В. Ф. – Якутск: ЯФ ГУ "Изд-во СО РАН", 2004. – С. 49– 57.

**СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ В СУБАРКТИКЕ**

Слуковская М.В., Петрова А.Г., Кременецкая И.П., Мосендз И.А., Иванова Т.К.

Кольский научный центр РАН, г. Апатиты Мурманской обл.

Согласно Стратегии научно-технологического развития РФ одним из наиболее значимых для РФ больших вызовов является «возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан». В то же время, активное развитие Арктической зоны РФ неизбежно приводит и будет приводить в дальнейшем к образованию техногенных и техногенно загрязненных ландшафтов, естественные процессы восстановления которых протекают крайне медленно, что требует разработки экономически целесообразных и энергоэффективных технологий создания экосистем, устойчивых к различного рода стрессовым факторам как природного, так и антропогенного характера. В основе таких технологий может быть положен принцип природоподобных решений (Nature-based solutions, NBS) — действий по защите, устойчивому управлению или восстановлению естественных или измененных экосистем, одновременно приносящие пользу людям и окружающей среде и повторяющих природные процессы.

Проблема восстановления экосистем на техногенно нарушенных территориях в Арктической зоне РФ к настоящему времени решена лишь для отдельных территорий, требует глубокой научной проработки и дифференцированного подхода для разных природно-территориальных комплексов [1, 2]. Одними из самых сложных для рекультивации ландшафтов являются территории, нарушенные в результате атмосферных выбросов тяжелых (потенциально токсичных) металлов. Техногенные пустоши, образованные в результате активности на протяжении нескольких десятков лет предприятий цветной металлургии, являются объектами с крайней степенью антропогенной трансформации природной среды.

Нашей группой исследователей в более чем 10-летних экспериментах показана принципиальная возможность восстановления растительности как на деградированных подзолах, так и на торфяных почвах в импактной зоне комбината с использованием посевных травянистых фитоценозов на щелочных горнопромышленных отходах и материалах на их основе, содержащих доступные растениям магний, кальций и активный кремний в исходных и термообработанных серпентиновых минералах и вермикулите [3-5].

Показано пролонгированное мелиоративное действие минеральных материалов, что выражалось в стабильных кислотно-щелочных условиях и постепенном увеличении содержания кальция и магния с течением времени, причем оно было тем выше, чем больше серпентиновых минералов было в материале; термоактивация также положительно сказывалась на улучшении агрохимических свойств техногенно загрязненной почвы. Результаты определения условно-валовой фракции приоритетных загрязнителей свидетельствует не только о выполнении площадками, созданными с применением серпентиновых материалов, роли геохимических барьеров, но и депонировании металлов из нижележащей торфяной почвы по градиенту концентраций. Соотношение между минеральным и органическим компонентами не оказывало существенного влияния на гидрофизические свойства почвосмесей. При выборе наилучшего варианта почвосмеси для рекультивации в условиях гумидного климата, следует ориентироваться не столько на ее гидрофизические свойства, сколько на оптимизацию химических и микробиологических условий.

На основании результатов комплекса исследований по определению механизмов закрепления никеля и меди фитоадсорбционными площадками серпентинового состава показано, что ремедиация наиболее токсичной торфяной почвы путем перемешивания материалов на основе серпентинсодержащих горнопромышленных отходов и техногенного грунта в пропорции 1:1-2:1 с последующим формированием растительного покрова из злаковых растений является реалистичным, экономически рентабельным и эффективным способом локализации распределенного загрязнения территории кислотообразующими веществами и тяжелыми металлами, содержащимися в аэротехногенных выбросах действующего предприятия цветной металлургии.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 21-77-10111.

Литература

1. Миронова С.И., Гаврильева Л.Д., Петров А.А., Никифоров А.А. Биологическая рекультивация промышленных земель Якутии: монография. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2021. – 166 с.
2. Тихменев П.Е. Экологические основы восстановления нарушенных земель Крайнего Северо-Востока Азии: учеб. пособие / П.Е. Тихменев, А.А. Пугачёв, Е.А. Тихменев. – Магадан :СВГУ, 2020. – 131 с.
3. Slukovskaya Marina V., Viacheslav I. Vasenev, Kristina V. Ivashchenko, Andrey V. Dolgikh, Andrey I. Novikov, Irina P. Kremenetskaya, Liubov' A. Ivanova & Stanislav V. Gubin (2021) Organic matter accumulation by alkaline-constructed soils in heavily metal-polluted area of Subarctic zone. Journal of Soils and Sediments 21:2071–2088 <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02666-4>
4. Slukovskaya Marina V., Irina P. Kremenetskaya, Irina A. Mosendz, Tatiana K. Ivanova, Svetlana V. Drogobuzhskaya, Liubov' A. Ivanova, Andrey I. Novikov & Anna A. Shirokaya. (2022) Thermally activated serpentine materials as soil additives for copper and nickel immobilization in highly polluted peat. Environmental Geochemistry and Health, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01263-3>
5. Slukovskaya, Marina V., Anna G. Petrova, Liubov A. Ivanova, Tatiana K. Ivanova, Irina A. Mosendz, Andrey I. Novikov, Anna A. Shirokaya, Mariia V. Kovorotniaia, Taras L. Panikorovskii, and Irina P. Kremenetskaya (2023) Serpentine Overburden Products—Nature-Inspired Materials for Metal Detoxification in Industrially Polluted Soil. Toxics, 11(12), 957 <https://doi.org/10.3390/toxics11120957>

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ АПОКАРБОНАТНОГО НЕФРИТА

Филиппова А.А.¹, Ощепкова А.В.^{1,2}, Мехоношин А.С.¹

¹Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Апокарбонатные месторождения нефрита формируются в зонах развитого кислого магматизма с преобладанием субщелочных калиево-натриевых высокоглиноземистых гранитоидов, контактирующих с мелкими ксенолитами карбонатных пород [2]. В процессе инфильтрационно-диффузионного кремниевое метасоматоза по ксенолитам доломитовых мраморов формируются залежи апокарбонатного нефрита. Этот процесс активно изучается геологами и геохимиками, но остаются открытыми вопросы состава флюида и стадийности протекания процесса нефритообразования. Мы предлагаем использовать метод физико-химического моделирования для детального рассмотрения вопроса протекания метасоматоза, приводящего к формированию нефрита.

В работе [3] представлены основные теоретические положения, позволяющие сформировать физико-химическую модель образования апокарбонатного нефрита. В настоящем исследовании показаны некоторые практические аспекты моделирования и первые результаты расчета модели месторождения белого нефрита (Кавоктинское месторождение).

Кавоктинское месторождение расположено в верховьях р. Кавокты, в пределах Витимского нефритовосного района. Гранитизированные метапесчаники, кристаллические сланцы наблюдаются в виде различных по размерам ксенолитов среди гранитоидов. Доломитовые мраморы образуют в гнейсах и сланцах небольшие по мощности прерывистые прослои и линзы, резко уступающие по размерам таковым других месторождений. В минеральном составе апокарбонатных нефритов отмечаются апатит, кальцит доломит, реже диопсид и кварц, минералы эпидоцитоизовой группы, тальк, серпентин, тремолит, редко – флюорит, магнетит и сульфиды.

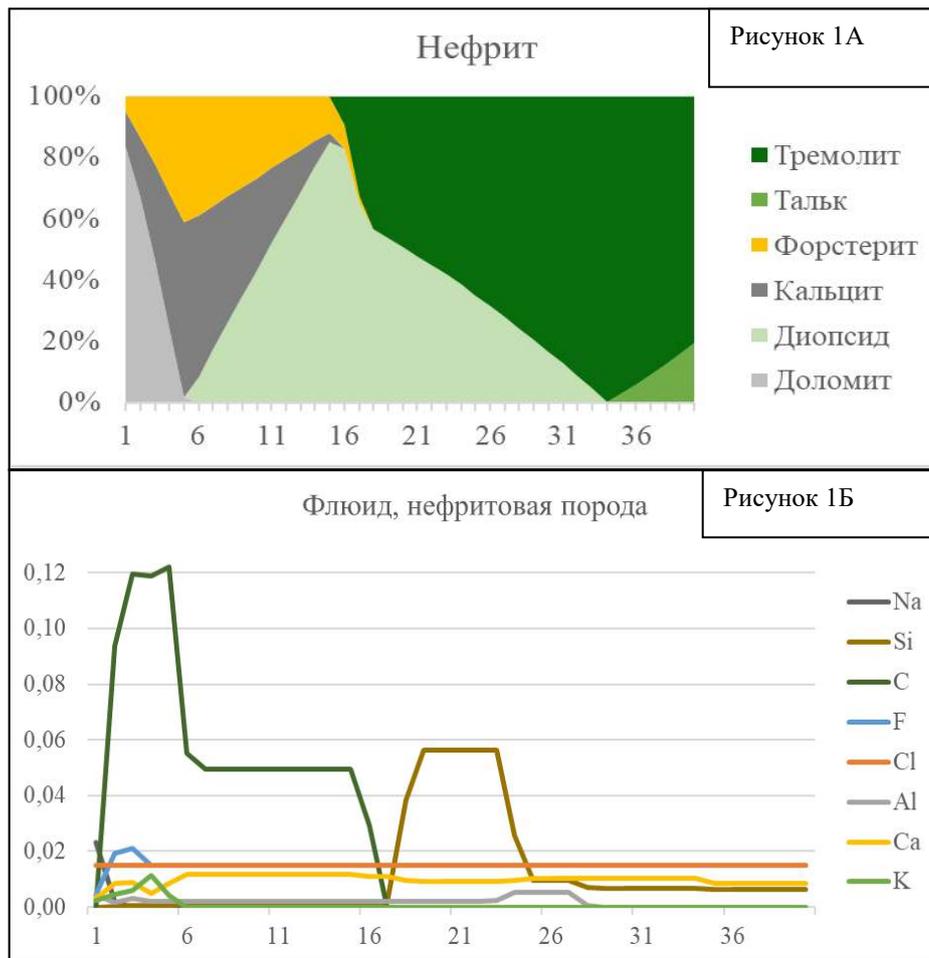


Рис. 1. Результаты моделирования нефритовой породы и флюида на ПК Селектор. На оси X отражены шаги протекания процесса, условное время. 1А – изменения минерального состава мрамора, содержание минералов в весовых %; 1Б – изменение состава водного флюида (значения компонентов в молях)

Моделирование процесса нефритообразования проводилось на программном комплексе (ПК) Селектор. В основе расчета лежит процедура минимизации энергии Гиббса при заданных параметрах температуры и давления [1].

Исходными данными для формирования модели образования нефрита являются химические составы гранитов, мраморов и флюида. Составы изученных нефритов не вводятся в модель, но служат ориентиром при проверке точности модели.

Процесс нефритообразования протекает в несколько стадий. Поэтому равновесие в модели считалось пошагово, что позволяет отразить время протекания процесса. На каждом шаге в многорезервуарной модели рассчитываются равновесные состояния в каждом из резервуаров, а затем, по заданному исследователем сценарию, производится перераспределение вещества между резервуарами. Затем модель переходит на следующий шаг. В модели задано 40 шагов.

На этапе подготовки модели уже был определен список основных вероятных компонентов, включенных в физико-химическую модель [3]. Всего флюид содержит более 100 водных соединений и 50 газов. Определено 35 возможных твердых минеральных фаз. Параметры температуры и давления на основании литературных источников определены в диапазонах 370–380 °С и 5 кбар. Исходя из заданных составов и температуры, давления в системе, происходит поиск решения наиболее равновесных соотношений между вероятными фазами, причем исходный список должен быть несколько избыточен, в этом случае решение можно считать более точным.

Физико-химическая модель состоит из трех резервуаров, соответствующих гранитам, нефриту и кальцит-тремолитовому скарну. Флюид, заданный исходно как вода с примесью HCl и HF, сначала проходит через гранит, вымывая из породы и обогащаясь Na, Si, Al. Затем обновленный флюид взаимодействует с доломитовым мрамором, формируя нефритовую породу, и преобразует скарн. Приняты следующие пропорции: 100 г породы взаимодействует с 1000 г воды, количество заданных HCl и HF – 0,3 г и 0,2 г соответственно. На рис. 1 представлены графики изменения минерального состава и изменения состава флюида во времени (по шагам).

Из рисунка 1А видно, что исходная порода, состоящая из кальцита и доломита, под воздействием флюида начинает обогащаться силикатными минералами – форстеритом и диопсидом. После исчезновения кальцита начинается образование тремолита, постепенно занимающего главную породообразующую роль. И после исчезновения диопсида начинается процесс оталькования тремолита. Из рисунка 1Б следует, что в начале метасоматического процесса ведущую роль во флюиде играет углерод, который исчезает при уменьшении доли карбонатов. Во время формирования нефрита из тремолита (с 17 шага), увеличивается количество кремния во флюиде. Предположительно, такие элементы как Na, Al, K при первых же порциях флюида вымываются из системы.

Таким образом, по данным моделирования можно выделить следующие стадии нефритообразования апокарбонатного нефрита. При взаимодействии доломитового мрамора и флюида, несущего SiO₂, формируется форстеритовый скарн. Форстерит взаимодействует с кальцитом, что ведет к образованию диопсида и выделению CO₂. И уже из диопсидового скарна формируется тремолит и его спутановолокнистая разновидность – нефрит.

Литература

1. Авченко, О. В., Основы физико-химического моделирования минеральных систем / О. В. Авченко, К. В. Чудненко, И. А. Александров. – М.: Наука, 2009. – 229 с.
2. Сутурин, А. Н. Нефриты / А. Н. Сутурин, Р. С. Замалетдинов. – М.: Наука, 1984. – 288 с.
3. Физико-химические особенности флюидов, сформировавших алогипербазитовые и апокарбонатные нефриты / А. А. Филиппова, А. С. Мехоношин, В. А. Бычинский, К. В. Чудненко // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 3. – С. 168–178.

КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТА И МИКРОНУТРИЕНТОВ (ZN, CU, B): ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА

Хитрин И.С., Максимов П.Н., Рудмин М.А.

Научный руководитель доцент М.А. Рудмин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время общество сталкивается с рядом проблем, связанных со значительным увеличением роста населения. Во-первых, возникает потребность повышения производительности агроиндустрии, с целью удовлетворения растущего спроса на пищевую продукцию [4, 5]. Во-вторых, появляется необходимость сохранности окружающей среды и перехода на щадящие методы ведения сельского хозяйства. Несмотря на то, что применение привычных удобрений может улучшить качество и количество урожая, их активное и местами бесконтрольное использование сопровождается уроном на окружающую среду. Часть вышеописанной проблемы можно решить с помощью использования функциональных пролонгированное или адресное высвобождение нутриентов) и экологически безопасных удобрений. Одни из вариантов подобных добавок в почвы являются нанокomпозитные удобрения, которые осуществляют адресную доставку необходимых питательных веществ растениям. Это специальные добавки разного содержания, способные обеспечить дозированное поступление питательных веществ в почву [5]. Цинк, медь и бор могут быть полезны в малых количествах и улучшать качество урожая. Упомянутые элементы увеличивают устойчивость к высоким и низким температурам, повышают иммунитет, а также способствуют развитию и росту удобряемых культур. Для создания и увеличения качества удобрений пролонгированного действия тестируются слоистые и реже карбонатные минералы, а также полимерные

и органические вещества [3]. Среди слоистых минералов в рамках создания удобрений контролируемого действия исследуются смектиты, каолинит, галлузит и глауконит [1, 2]. В сравнительно недавнем времени использование глауконита позволило получить перспективные наноконкомпозиты с добавлением карбамида или моноаммонийного фосфата [6, 7].

Целью данной работы является изучение сорбции микронутриентов (Zn, Cu, B) в разноуровневых порах глауконита по средствам активации минерала в растворах для создания эко-безопасных и эффективных наноконкомпозитных веществ с адресными функциями.

В работе использовался глауконит Каринского месторождения (Челябинская область). Усредненная кристаллохимическая формула глауконита имеет следующий вид: $(K,H_2O)_{0.6-0.8}(Fe^{3+}_{0.9-1.7}, Al_{0.2-0.7}, Mg_{0.3-0.5})_{1.6-2.0}(Si_{3.5}Al_{0.5})O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$. Создание наноконкомпозитов происходило следующим образом. К 30 мл дистиллированной воды добавляли 0.15, 0.3, 0.6 г вещества (сульфат цинка 22%, хелат меди 15 %, борная кислота 17%). После полного растворения вещества взвешивали 50 г глауконита и добавляли к нему приготовленные растворы. Получили по три смеси глауконита с цинком, медью и бором. Концентрации растворов перед смешиванием с глауконитом для каждого элемента составляли 5 г на литр, 10 г на литр и 20 г на литр дистиллированной воды. По итогам работы были получены следующие образцы: Gk3Zn2 – 05, Gk3Zn2 – 10, Gk3Zn2 – 20, Gk3Cu2 – 05, Gk3Cu2 – 10, Gk3Cu2 – 20, Gk3B2 – 05, Gk3B2 – 10, Gk3B2 – 20. Основные структурно-химические характеристики композитов определялись при помощи следующих методов и методик: рентгенодифракционный анализ (РДА), инфракрасная спектроскопия (ИК-спектроскопия), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).

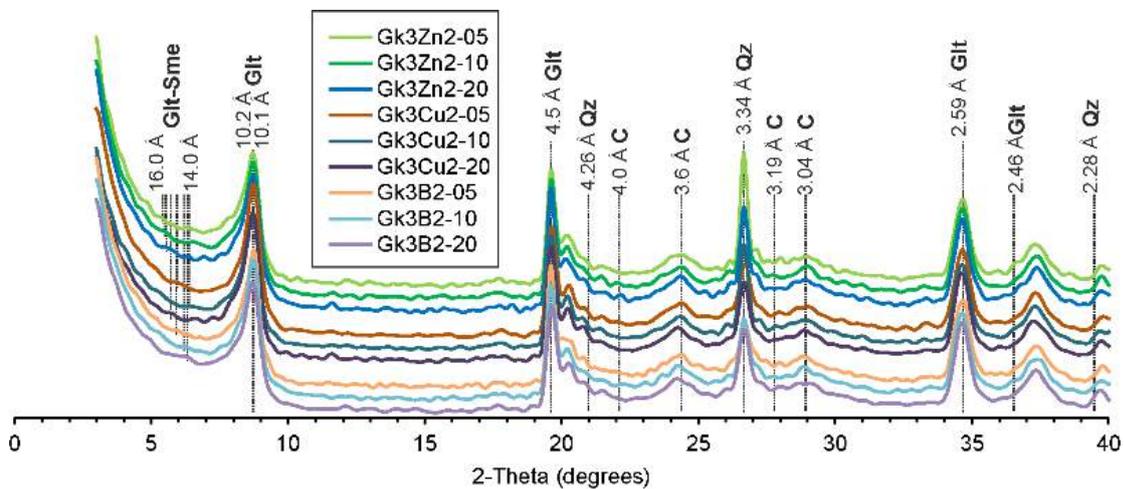


Рис. 1. Результаты интерпретации рентгенодифракционного анализа наноконкомпозитов

По результатам РДА все наноконкомпозиты показывают характерные дифракционные отражения при 14.0-16.0, 10.1 – 10.2 4.5, 4.3 и 3.4 Å, а также закономерные смещения базальных рефлексов при увеличении концентрации, свидетельствующих о расширении смектитовых слоёв в глауконитах. Межплоскостное расстояние смектитовых слоёв увеличивается с ростом концентрации микронутриента в исходном растворе: с 14.1 до 16.0 Å для наноконкомпозитов с цинком, с 14.7 до 15.4 Å для наноконкомпозитов с медью, с 14.0 до 14.9 Å для наноконкомпозитов с бором. При этом во всех наноконкомпозитах с максимальными концентрациями микронутриентов отмечается слабое смещение базального максимума глауконита с 10.09 до 10.15 Å, что свидетельствует об адсорбции на базальной плоскости собственного глауконитовых слоёв.

ИК-спектроскопия образцов показала, что с увеличением элементов в наноконкомпозитах, пики, отвечающие за связанную воду, как внутри, так и снаружи кристаллической решетки становятся четче.

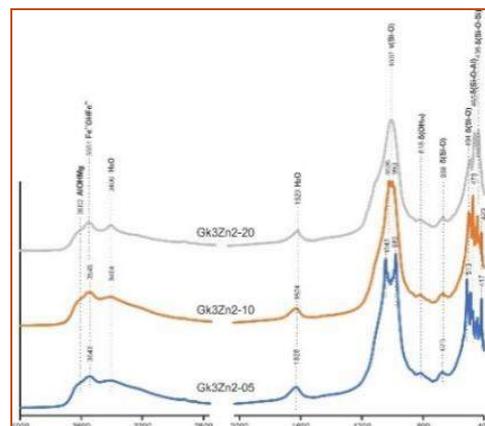


Рис. 2. ИК-Фурье спектры композитов Gk3Zn2 – 05, 10, 20 с интерпретацией

Это указывает на уменьшение этой воды в исследуемых образцах, что, в свою очередь, может свидетельствовать об абсорбции добавляемых элементов за счёт ионно-обменных процессов. Наиболее удачные наноконпозиты по данным ИК-спектроскопии были синтезированы из растворов с сульфатом цинка. На СЭМ-снимках четко прослеживается изменение чешуйчатых агрегатов глауконита, а также изменение содержания микронутриентов в зависимости от концентрации. По краям зерен наблюдается увеличение содержания добавляемых элементов, по сравнению с их центральной частью (от 0,9 % до 0,3 % в образце Gk3Zn2 – 20). Наиболее удачной является СЭМ-съемка образцов связанных с Zn.

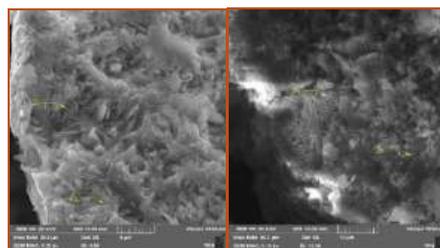


Рис. 3. СЭМ-снимки образцов Gk3Zn2 – 10 и Gk3Zn2 – 20 соответственно

Активация и изучение наноконпозитов позволили выявить систематическое изменение внутренней структуры и внешней формы ультрамикрояггрегатов, а также абсорбцию добавляемых элементов (Zn, Cu, B) в микропоры минерала. Полученные наноконпозиты представляют собой глауконит с адсорбированным цинком, медью и бором как на базальных поверхностях, так и мезопорах. Наиболее перспективными наноконпозитам рекомендуется считать образцы Gk3Zn2 – 20, Gk3Cu2 – 20, Gk3B2 – 20.

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

Литература

1. Рудмин, М.А., Рева, И.В., Якич, Т.Ю., Соктоев, Б.Р., Буяков, А.С., Табакаев, Р.Б., Ибраева, К. Монтмориллонит как перспективный композитный минерал для создания современных удобрений пролонгированного действия. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т.332. – С. 14–22.
2. Хитрин, И.С., Рудмин, М.А. Активация смектита и фосфата: опыт создания минеральных удобрений комплексного действия, in: Структура, Вещество, История Литосферы Тимано-Северо Уральского Сегмента: Материалы 32-й Научной Конференции. ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар. – 2023. – С.143–146.
3. Borges, R., Prevot, V., Forano, C., Wypych, F. Design and Kinetic Study of Sustainable Potential Slow-Release Fertilizer Obtained by Mechanochemical Activation of Clay Minerals and Potassium Monohydrogen Phosphate. Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2017. – Vol. 56. – PP. 708–716.
4. Matson, P.A. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. Science. – 1997. – Vol. 277. – P. 504–509.
5. Rudmin M. Mechanical Activation of Smectite-Based Nanocomposites for Creation of Smart Fertilizers // Applied Sciences. – 2022. – Vol. 12. – № 809. – P. 1–11.
6. Rudmin, M., Makarov, B., López-Quirós, A., Maximov, P., Lokteva, V., Ibraeva, K., Kurovsky, A., Gummer, Y., Ruban, A. Preparation, Features, and Efficiency of Nanocomposite Fertilisers Based on Glauconite and Ammonium Dihydrogen Phosphate. Materials. – 2023. – Vol.16, 6080. <https://doi.org/10.3390/ma16186080>
7. Rudmin, M., Maximov, P., Dasi, E., Kurovsky, A., Gummer, Y., Ibraeva, K., Kutugin, V., Soktoev, B., Ponomarev, K., Tararushkin, E., Makarov, B., Ruban, A. Intercalation of carbamide to globular glauconite by chemical processing for the creation of slow-release nanocomposites. Applied Clay Science. – 2023. – Vol.243, 107075. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2023.107075>

МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЛЬТРАМАФИТОВ МАССИВА СЫУМ-КЕУ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

Шабутдинов Т. Д.^{1,2}, Самигуллин А. А.¹

Научный руководитель д. г.-м. н. Д. Е. Савельев

¹Институт геологии УФИЦ РАН, г.Уфа, Россия

²Уфимский университет науки и технологий, г.Уфа, Россия

Сыум-Кеу – самый северный представитель «полярноуральских» массивов, расположенных в зоне Главного Уральского разлома (ГУР) на Полярном Урале. Площадь массива составляет 600 км². В плане имеет неправильно-серповидную форму, обращенной выпуклой частью на запад [17]. С запада по зоне надвига массив Сыум-Кеу контактирует с верхнепротерозойскими метаморфическими породами Марункеуского комплекса (PR₁) [10]. С востока граничит с габброидами Шучинского синклиория [13]. Массив представлен четырьмя блоками (Няро-Пэ, Пусь-Ерка, Сыум-Кеу и Харче-Пузь) [12]. По мнению других исследователей, выделяют Щучинский, Яркеуский [3] и Малохадатинский блоки [13]. Массив Сыум-Кеу сложен последовательно сменяющимися с запада на восток лерцолит-гарцбургитовым, дунит-гарцбургитовым и дунит-верлит-клинопироксенитовым (полосчатым) комплексами [3, 10, 12, 13, 17].

История изучения массива Сыум-Кеу известна с 30-х годов XX века. Заварицкий А.Н. в своей работе 1932 года относит гипербазиты, габбро, амфиболиты, плагиограниты и диориты, развитые в пределах ГУР к единой дунит-габбро-плагиогранитовой формации [1]. Данной идеи придерживались исследователи вплоть до 1970-х годов [4, 5, 6, 7, 15]. В 1970-х годах в работах таких исследователей как А.В. Пейве, С.Н. Иванов, А.С. Перфильев, С.В. Руженцев, Г.Н. Савельева, Н.Л. Добрецов габбро-гипербазитовые массивы выделяются в составе аллохтонных пластин, надвинутых на палеозойские образования западного склона Урала [2, 8, 11, 14, 16]. В 1960 – 1980-х

на территории массива была проведена геологическая съемка в масштабах 1:200 000 и 1:50 000 (Ю. Н. Никитин, В. Н. Охотников, А. К. Афанасьев), в результате которой были выявлены многочисленные точки хромитовой минерализации [13]. Изучение вещественного состава мафит-ультрамафитовых пород массива Сьум-Кеу проводилось Н.Л. Добрецовым, В.Р. Шмелёвым, А.Б. Макеевым, Н.И. Брянчаниновой, Л.И. Гурской и др. [3, 10, 12, 13, 17].

Несмотря на длительную историю изучения Сьум-Кеу долгое время оставался наименее изученным среди других офиолитовых массивов (Рай-Из, Войкаро-Сыньинский) Полярного Урала. В ходе полевых работ 2023 года из мафит-ультрамафитовых пород массива Сьум-Кеу было отобрано 65 образцов для дальнейшего изучения их минералогического и петрографического составов. Отобранные из массива Сьум-Кеу образцы изучались в шлифах на поляризационном (ПОЛАМ Р-311) и сканирующем (Tescan Vega Compact с анализатором Xplorer 15 Oxford Instruments) микроскопах в Институте геологии УФИЦ РАН, г.Уфа.

Предварительно полученные данные по результатам наблюдений в маршруте и описанию пород в шлифах показали, что перидотиты и дуниты характеризуются средней степенью (50–55 %) серпентинизации. Перидотиты представлены гарцбургитами и лерцолитами. Породообразующие минералы сохранились как в перидотитах (S-302-1, S-311-3-A), так и дунитах (S-301-2, S-303, S-304-1, S-304-4, S-304-9, S-309-2, S-311-3, S-312, S-333, S-340, S-346-1, S-347-1, S-348-1A) только в виде реликтов. Оливин, сохранившийся в петлях серпентина, характеризуется сравнительным низким фаялитовым миналом, который возрастает от дунитов (9 % или Fo_{91}) к лерцолитам (11 % или Fo_{89}). Размер реликтов, которые образует оливин, составляет 0,05–0,4 мм.

Орто- и клинопироксены представлены в породе (S-302-1, S-311-3-A) зёрнами ксеноморфной формы с развитыми по ним бацитовыми псевдоморфозами. Размер зёрен пироксенов варьируется от 0,4 до 2,4 мм. По составу ромбический пироксен представлен энстатитом, клинопироксен – диопсидом, реже железистым авгитом. Акцессорные минералы в ультрамафитах представлены хромшпинелидами. В перидотитах они имеют ксеноморфную форму, в дунитах – идиоморфную, реже гипидиоморфную. Состав хромшпинелидов меняется от высокоглиноземистых в лерцолитах ($\#Cr = 0,4–0,5$) до высокохромистых в дунитах ($\#Cr = 0,65–0,9$). По классификационной диаграмме Н.В. Павлова [9] хромшпинелиды, встреченные в дунитах, относятся к субферриалномохромитам и субальюмоферрихромитам, в лерцолитах – к субферрихромпикотитам.

Полученные данные по пороодообразующим и акцессорным минералам в ультрамафитах нуждаются в дальнейшем изучении. На основе составов минералов (оливин, ортопироксен, клинопироксен, хромшпинелид) планируется рассчитать оливин-шпенелевые и двупироксеновые геотермометры, двупироксеновые геобарометры и фугитивность кислорода ($\Delta \log fO_2$). Эти данные совместно с результатами предшественников дадут возможность для сравнения условий формирования массива Сьум-Кеу с массивами Крака, расположенными на западном склоне Южного Урала.

Авторы выражают благодарность д.г.-м.н. Савельеву Дмитрию Евгеньевичу за дельные замечания и рекомендации при написании данной работы. Исследования выполнены за счёт гранта РНФ № 22–17–00019.

Литература

1. Заврицкий, А.Н. Перидотитовый массив Рай-Из в Полярном Урале / А.Н. Заврицкий. – М.: ГОНТ ГРИ, 1932. – 221 с.
2. Иванов, С.Н. К происхождению офиолитов Урала / С.Н. Иванов, А.А. Ефимова, Ю.Е. Молдаванцев // Симпозиум «Офиолиты в земной коре». – 1973. – С. 49–53.
3. Макеев, А. Б., Брянчанинова, Н. И. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала / А. Б. Макеев. – СПб: Наука, 1999. – 252 с.
4. Молдаванцев, Е.П. Тектоника Северного и Полярного Урала / Е.П. Молдаванцев // Геология СССР. – 1944. – Т.12. – С. 198–201.
5. Морковкина, В. Ф. Габбро-перидотитовая формация Полярного Урала / В.Ф. Морковкина. – М., «Наука», 1967. – 280 с.
6. Морковкина, В. Ф. Метасоматические преобразования гипербазитов Полярного Урала / В.Ф. Морковкина // Труды ИГЕМ АН СССР. – 1962. – №77. – С. 180–224.
7. Морковкина, В.Ф. Метасоматические преобразования гипербазитов в связи с зонами глубинных разломов / В.Ф. Морковкина // Петрографические формации и проблемы петрогенезиса. – 1964. – С. 66–76.
8. Океаническая кора варисцид Урала и Тянь-Шаня / В.В. Буртман, Ю.Е. Молдаванцев, А.С. Перфильев, С.С. Шульц // Современная геология. – 1974. – № 3. – С. 23–36.
9. Павлов, Н.В. Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов / Н.В. Павлов // Труды института геологических наук АН СССР. – 1949. – № 13. – С. 10–35.
10. Перевозчиков, Б.В. Природа вариаций состава рудной и акцессорной хромшпинели ультрабазитового массива СьумКеу (Полярный Урал) / Б.В. Перевозчиков, А.В. Плотников, Т.Т. Макиев // Известия вузов. Геология и разведка. – 2007. – № 4. – С. 32–39.
11. Перфильев, А.С. Структурное положение габбро-гипербазитовых комплексов в складчатых поясах / А.С. Перфильев, С. В. Руженцев // Геотектоника. – 1973. – № 3. – С. 14–26.
12. Петрология и метаморфизм древних офиолитов (на примере Полярного Урала и Западного Саяна) / Н.Л. Добрецов, Ю.Е. Молдаванцев, А.П. Казак и др., под ред. В.С. Соболев, под ред. Н.Л. Добрецов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – 220 с.
13. Платиноиды хромитовых массивов Полярного Урала: монография / Л. И. Гурская, Л.В. Смелова, Л.Р. Колбанцев и др.; под ред. Д.А. Додин. – СПб: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2004. – 306 с.
14. Савельева, Г.Н. Метаморфическая зона в ассоциации с гипербазитами Войкаро-Сыньинского массива / Г.Н. Савельева // Магматизм, метаморфизм и оруденение в геологической истории Урала. – Свердловск. – 1974. – С. 13–17.
15. Софронов Г.П. Протерозой и нижний палеозой Полярного Урала / Г.П. Софронов // Сопоставление по унификации стратиграфических схем Урала и соотношению древних свит Урала и Русской платформы. – Свердловск. – 1956. – С. 87–93.
16. Структурные положения гипербазитов на западном с Урала / А. В. Пейве, Н.А. Штрейс, А.С. Перфильев, И.И. Поспелов, С.Г. Самыгин // Проблемы теоретической и региональной тектоники. – 1971. – С. 9–24.
17. Шмелев В.Р. Гипербазиты массива Сьум-Кеу (Полярный Урал): структура, петрология, динамометаморфизм. Препринт // В.Р. Шмелев – Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – 80 с.

**НОВЫЕ НАХОДКИ ВЫСОКОВИСМУТОВЫХ ТУРМАЛИНОВ В ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛАХ
МАЛХАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)**

Шелементьева А. Ю.

Научный руководитель старший преподаватель Т. Ю. Должанская
*Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
г. Москва, Россия*

Знаменитое Малханское пегматитовое поле расположено в юго-западной части Малхано-Яблоновой структуры каледонской складчатости в Юго-Восточном Забайкалье, в междуречье р. Мозгон и Скакуня, и занимает площадь около 60 кв. км. На этой территории выявлено более 300 пегматитовых жил, многие из которых содержат «цветной» турмалин. Малхан не зря называют «минералогическим Эльдorado», здесь, кроме турмалина различной цветовой гаммы, развит гранат-спессартин, розовый воробьевит, дымчатый кварц, берилл, данбурит и даже весьма экзотический гамбергит [1].

Малханское месторождение в последние годы интенсивно разрабатывается и по насыщенности пегматитовыми жилами не имеет аналогов в России, поэтому способно конкурировать с зарубежными месторождениями. Это единственное месторождение в России, где добывается ювелирный и коллекционный турмалин. Сортовой турмалин монокромный, зональный и полихромный (поперечно-полосчатый и комбинированный) отвечает современным требованиям к качеству сырья для огранки и кабошонирования [5].

Мощность жил на месторождении от 4–5 до 20 м, пегматиты большей частью средне- и крупнокристаллические. Минералогический состав: кварц, полевой шпат, шерл, мусковит, гранат и биотит. Кварц составляет от 20 до 50 %, присутствует в виде скопления серого цвета, в отдельных телах представлен морфоном. Турмалин представлен игольчатыми кристаллами шерла размером 2–5 мм, а иногда 2–3 см по длинной оси и 1–2 см в поперечнике. Малханское месторождение относится к типу миароловых микроклин-плагиоклазовых (биполевошпатовых) пегматитов, с интенсивно развитым кварц-клевеландитовым комплексом.

В классической для Малхана ассоциации цветные турмалины расположены в миаролах, окружённых агрегатами дымчатого кварца, белоснежного альбита (клевеландита) и сиреневого лепидолита (рис. 1). Полости возникают как в центральной части жил, так и вблизи их контактов. Форма полостей варьирует от шаровидной до трубчатой и щелевидной, с защемлениями, «карманами» и разветвлениями. Объем полостей достигает от нескольких кубических метров до десятков кубических метров [1, 2].

Жила «Геологическая» вскрыта в 2018–2020 г. и является одним из наиболее перспективных продуктивных пегматитовых тел Верхнемогзонского участка месторождения. Жила имеет резкие четкие секущие контакты с вмещающими породами Малханского комплекса; общая длина тела по простиранию составляет около 340 м, максимальная мощность равна 21,5 м.

Миаролы с камнесамоцветной минерализацией были вскрыты скважинами на глубине 20–50 м, из керна которых были отобраны образцы «цветных» турмалинов, относящихся к группе эльбаитов. Цвет турмалина разнообразный: темно-розовый, розовый, бирюзово-розовый, черно-желтый, малиновый, темно-малиновый, желто-розовый (рис. 2). Основная масса турмалина – трещиноватые кристаллы, однако, достаточно большое количество камней хорошего и редкого ограночного качества.

Жила «Иркутянка» известна с 2018 г., представляет собой клинообразное тело до 390 м по простиранию и от 5 до 12 м в поперечнике. Продуктивная часть с миаролами ювелирного турмалина представлена альбитовым и кварц-альбитовым пегматитами. Размеры миарол с турмалином колеблются в широких пределах обладают разнообразной формой от трубообразной до щелевидной. Распределение миарол и турмалина в продуктивной зоне крайне неравномерное. Кристаллы турмалина варьируют от нескольких мм до 5 см по призме. Кроме традиционных для Малхана «цветных» разновидностей эльбаита в ней нами обнаружены однотонные полупрозрачные кристаллы нежно-зелёной («мятной») окраски (рис. 3). В настоящей работе приводятся данные автора, полученные в ходе минералого-петрографического изучения жил «Иркутянка» и «Геологическая» (2022 г.) и лабораторных исследований ювелирного турмалина (на аналитической базе МГУ и МГРИ в 2023–2024 гг.). Согласно немногочисленным опубликованным данным содержания Вi в турмалинах гранитов, аплитов, пегматитов не превышают 0,004–0,007 % [3]. Висмут и минералы висмута является типичными для редкометалльных и миароловых пегматитов Борщовочного кряжа, Восточного Памира, Северной Карелии (проявление Плотное Ламбино) [4].

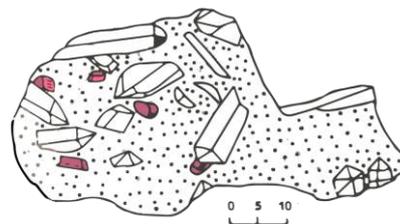


Рис. 1. Схематическое строение миаролы с камнесамоцветным сырьём в пегматите



Рис. 2. Эльбаиты (кристаллы) жилы «Геологическая» (сбор автора, 2022)



Рис. 3. «Мятные» турмалины жилы «Иркутянка» (сборы автора, 2022)

В Малханском поле богатые Вi и Рb турмалины отмечены исключительно в одном из них – жила Западная-1. Вi обнаружен в розовой и бледно-зеленой зоне, а Рb – в красной зоне полихромных кристаллов, имеющих монообласти ювелирного качества. Вi и Рb фиксируются по всей площади изученных зерен турмалинов. Вариации концентраций Вi₂О₃ в пределах зерен одного образца невелики, тогда как различия между турмалинами разной окраски значимы. Максимальное содержание Вi₂О₃ составляет 0,55 мас. % [4]. В целом, халькофильные элементы для кислых ассоциаций, в том числе, для турмалинов гранитных пегматитов, не характерны. Однако, отдельные случаи, безусловно, имеются. Тем интереснее полученные нами новые данные о высоковисмутовых и свинцовосодержащих турмалинах жил «Иркутянка» и «Геологическая» Малханского месторождения. По данным рентгенофлуоресцентного анализа (РФА, 2024 г.) содержания висмута в желтых, розовых, малиновых и вишневых участках зональных и полихромных турмалинов, а также в монохромных небольших кристаллах, достигают в среднем 4000–4600 ppm, а в бледно-зелёных («мятных») – до 9500 ppm (рис. 4). Интересно, что «мятные» турмалины менее кремнистые, содержат меньше Al и Са, в них значительно больше серы (до 1500 ppm) по сравнению с «цветными» аналогами. Данные РФА подтверждаются и электронно-зондовыми анализами тех же образцов (МГУ, 2024 г.). Содержания свинца в высоковисмутовых «мятных» турмалинах жилы «Иркутянка» в среднем ниже, чем в желтых, розовых и малиновых разностях эльбаитов, и, конечно, меньше, чем в шерл-дравитах. Наблюдается корреляция содержаний висмута и свинца как в «цветных», так и в «мятных» турмалинах (рис.5).



Рис. 4. Содержания Вi в турмалинах жил «Иркутянка» и «Геологическая» (Малханское месторождение) (ppm, МГРИ, 2024)

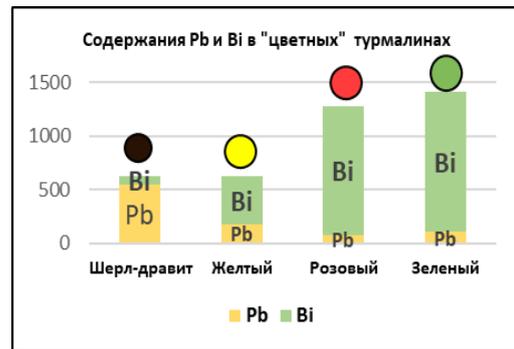


Рис. 5. Соотношение количества Рb и Вi в турмалинах жил «Иркутянка» и «Геологическая» (Малханское месторождение) (ppm, МГРИ, 2024)

Этот процесс связан с замещением свинца висмутом, что неоднократно наблюдается и в аксессуарных висмутосодержащих минералах редкометалльных пегматитов [3]. Данные наших исследований показали повышенное содержание в турмалинах свинца и висмута. Можно предположить, что в калишпатах жил «Иркутянка» и «Геологическая» рассеивается достаточное количество висмута и свинца, они также входят в состав аксессуарных тантало-ниобатов. Остаточное количество Вi и Рb обогащая расплав-флюид, попадает в более поздние полихромные и зональные турмалины, где Na⁺ и Са²⁺ изоморфно замещаются на Рb²⁺, и позже на Вi³⁺ при обязательной компенсации зарядов.

Литература

1. Загорский В. Е. Малханское месторождение турмалина: типы и природа миарол // Доклады Академии наук. – 2010. – Т. 431. – № 1. – С. 181–184.
2. Загорский В. Е., Перетяжко И.С. Пегматиты с самоцветами Центр. Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1992. – 224 с.
3. Источники магм и изотопная (Sr, Nd) эволюция редкометалльных Li-F гранитоидов / Коваленко В.И., Костицын Ю.А., Ярмолюк В.В., Будников С.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Антипин В.С. // Петрология. – 1999. – Т. 7. – № 4. – С. 401–429.
4. Перетяжко И. С., Загорский В.Е. Уникальная висмутовая минерализация миароловых пегматитов Малханского поля // Минералогия и генезис пегматитов. Мат-лы IV Всес. совещания (часть I). Миасс. – 1991. – С.48–50.
5. Пшеничный, М. И. Полихромность минералов группы турмалина // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 2. – С. 269–274.

ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МОГОЧИНСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ РАЙОНЕ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Шульгатая И.В.

Научный руководитель доцент Е.А. Синкина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Висмутовая минерализация встречается во многих золоторудных и других месторождениях [2, 5, 7]. С ней часто связано золото, образующееся совместно или близко по времени.

Могочинский район Забайкальского края является перспективным на обнаружение новых золоторудных месторождений [4]. Он расположен в северо-восточной части Восточного Забайкалья и в структурном отношении находится в юго-западной части Становой складчатой области, Урюмо-Нюкжинской зоны, центральной части Могочинского выступа

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

архейских пород [4]. Также район входит в рудную зону золото-медно-молибденового пояса Восточного Забайкалья, на территории которого расположено месторождение Наседкино (Малоурюмское), в настоящее время обрабатываемое золотодобывающей компанией Мангазая Майнинг [3], а также другие объекты – месторождения Ключевское и Итакинское (Сурьянская горка).

На территории района развиты породы «Архейской глыбы», представленные ультраметаморфизованными пироксен-гранатовыми и калишпат-плагноклазовыми гнейсами. [1]. Породы прорваны разновозрастными интрузиями, преимущественно позднепалеозойскими и юрскими гранитами, грано-сиенитами и сиенитами. В позднеюрское время протекал активный вулканизм, и территория архейской глыбы частично перекрыта диорит-порфирами и туфами кислого состава. Вся зона распространения архейской глыбы характеризуется крайне интенсивными процессами карбонатизации, гранитизации, беритизации и серицитизации. Известны зоны образования скарноподобных пород, генезис которых пока остаётся спорным [6].

Материалом для исследования были небольшие кусочки штучных проб с видимой сульфидной минерализацией, отобранные во время поисковых работ в ходе прохождения производственной практики. Из них были изготовлены полированные шлифы. Минераграфические исследования проводились на рудном микроскопе Zeiss Imager 2m. Для диагностики более тонких фаз использовался сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N, оснащённый приставкой для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа Vtaker x@flash 5010. Ускоряющее напряжение для СЭМ съёмки и анализа 20 кВ.

В ходе исследования удалось установить, что сульфидная минерализация гнездово-вкрапленного или прожилкового характера с общим количеством сульфидов до 3–5 %. Вкрапленность мелко-среднезернистая (от 0,02 до 2 мм), реже – тонко- и крупнозернистая, распределение неравномерное. Преобладающим минералом является **пирит**, часто образующий идиоморфные кристаллы в кварц-карбонатных прожилках. В значительно меньших количествах присутствуют халькопирит, борнит и минералы висмута. **Халькопирит** встречается в виде аллотриоморфнозернистых агрегатов, заполняющих межкристаллическое пространство в зернах пирита, а также в сростании с борнитом в форме вкрапленной минерализации в скарноподобных породах. **Борнит** всегда ассоциирует с халькопиритом и образует с ним сростания или структуру распада твердого раствора.

Таблица

Химический состав минералов висмута в мас. %

Минерал	Pb	Bi	S	Te	Se	Сумма	Формула
Козалит	40,08	45,43	14,47	–	–	99,98	Pb _{1,78} Bi _{2,00} S _{4,15}
	41,78	44,22	13,99	–	–	99,99	Pb _{1,90} Bi _{2,00} S _{4,12}
Тетрадимит	–	62,37	7,07	30,23	0,31	100	Bi _{2,00} (Te _{1,58} Se _{0,02})S _{1,47}
	–	61,34	6,82	31,56	0,25	100	Bi _{2,00} (Te _{1,68} Se _{0,02})S _{1,45}

Cosalite Pb₅Bi₂S₅

Tetradymite Bi₂(TeSe₂)S

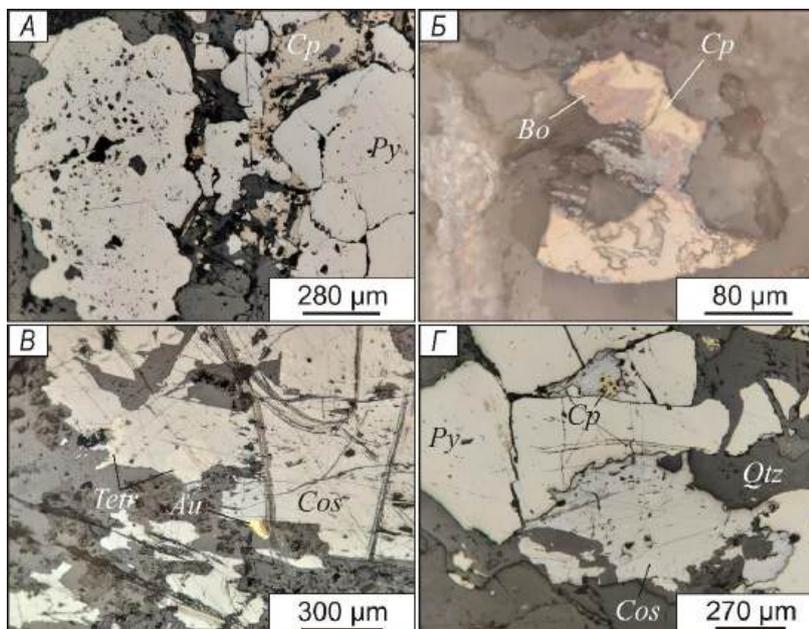


Рис. 1. Рудная минерализация. А – крупные идиоморфные кристаллы пирита в ассоциации с халькопиритом; Б – вкрапления медной минерализации (халькопирит в сростаниях с борнитом); В – крупные листоватые зерна козалита в сростании с золотом и с вкраплениями тетрадимита; Г – крупные кристаллы пирита в кварцевой прожилке в ассоциации с козалитом
Py – пирит, *Cr* – халькопирит; *Bo* – борнит; *Tetr* – тетрадимит; *Cos* – козалит; *Qtz* – кварц

Стадия \ Минерал	1	2	3
Пирит	■		
Борнит		■	
Халькопирит		■	■
Козалит			■
Тетрадимит			■
Сам. золото			■

Рис. 2. Минеральные ассоциации

Минералы висмута представлены *козалитом* и *тетрадимитом*. Минералы находятся в сростаниях друг с другом. Козалит (cosalite) образует вытянутые листообразные кристаллы размером до 4 мм с характерными занозистыми окончаниями зерен. В отраженном свете характеризуется светло-серым цветом, имеет слабое двуотражение и умеренную анизотропию в блеклых тонах. В козалите отчетливо отмечается тетрадимит (tetradymite), обладающий желтоватым оттенком, слабым двуотражением и ясными эффектами анизотропии в голубовато-серых тонах. Химический состав минералов приведен в таблице.

Самородное золото было диагностировано

в сростании с козалитом. По данным рентгеноспектрального анализа в своем составе содержит только серебро в количестве 10,275 мас. %.

Проведенные исследования показали, что в Могочинском золоторудном районе присутствуют разновременными минеральные ассоциации, относящиеся к различным стадиям гидротермального процесса, а именно медная и золоторудная (висмутовая). Поскольку формирование минерализации висмута связано с теми же процессами метасоматического преобразования пород, что и минерализации золота, то находки серебряно-висмутовой минерализации можно рассматривать как положительный поисковый признак при поисковых работах на золото в регионе.

Литература

1. Быбин Ф. Ф. Могочинско-Карийский золоторудный район (Восточное Забайкалье) / Ф.Ф. Быбин, В.З. Багова // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2014. – № 1. – С. 78–84.
2. Гармаев Б.Л. Золото-теллуридный и золото-висмутовый минеральные типы оруденения западного фланга Боксон-Гарганской металлогенической зоны (Восточный Саян): Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. / Гармаев Батор Леонидович. – Новосибирск, 2011. – 16 с.
3. Компания Mangazeya Mining Ltd. Месторождения Наседкино и Савкинское [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.mangazeyamining.ru/projects/nasedkino>
4. Корчагина Д.А. Перспективы выявления новых полиметаллических месторождений в Забайкалье / Д.А. Корчагина // Отечественная геология. – 2020. – № 3. – С. 18–46.
5. Корчагина Д.А. Состояние и прогноз развития минерально-сырьевой базы золота Забайкальского края / Д.А. Корчагина // Отечественная геология. – 2019. – № 1. – С. 3–13.
6. Лейфман Е.М. Объяснительная записка к геологической карте N-50-XXIV / Е.М. Лейфман, В.П. Кирилук, А.А. Сиворонов. – Изд-во ВСЕГЕИ Ленинград, 1965. – 37 с.
7. Лотина А.А. Висмут-теллуровая минерализация участка Болотистый (Северо-Западный Сихотэ-Алинь) / А.А. Лотина // Тихоокеанская геология. – 2011. – Т. 30. – № 1. – С. 97–107.

ГРАНИТОИДЫ ВОЗВЫШЕННОСТИ МЕДВЕДЕВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Якимов Т.С.

Научный руководитель доцент, д.г.-м.н. Р.Б. Шакиров
Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

Включения гранитоидов нередко встречаются в составе эруптивных брекчий и в виде включений в вулканических породах жерловой фации вулканов, что играет исключительно, важную роль в установлении геодинамической обстановки. В Японском море данные гранитоиды известны на возвышенности Медведева [3].

Японское море – окраинное море, расположенное между Евразийским континентом и островами Сахалин, Хокайдо и Хонсю. Проливами Невельского и Лаперуза сообщается с Охотским морем, проливом Цугару с Тихим океаном и Корейским проливом с Восточно-Корейским морем. Половину площади занимает Центральная глубоководная котловина, к которой примыкают также глубокие впадины – Хонсю и Цусимская разделенные подводными возвышенностями [1].

Возвышенность Медведева представляет собой вулканическую постройку конусообразной и овальной формы, вытянутой в северо-восточном направлении, подошва которой расположена на глубине 3000 м, а вершина на 1100 м (рис. 1). Длина основания составляет порядка 17 км при ширине в 12 км. Склоны расчленены ложбинами, радиально расходящимися от ее вершины. Возвышенность слагают следующие вулканические породы: базальты, андезито-базальты, андезиты, трахиандезиты, трахидациты, эруптивные брекчии и туфы. В составе эруптивных брекчий и в виде включений в вулканических породах жерловой фации возвышенности встречаются гранитоиды, представленные кварцевыми диоритами, гранодиоритами, биотитовыми гранитами и плагиигранитами [3].

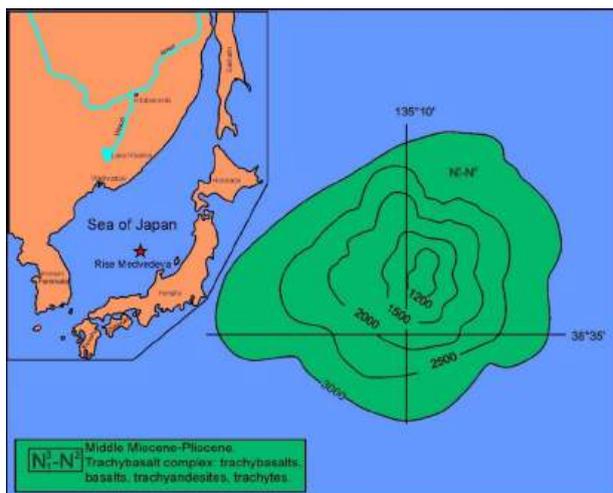


Рис. 1. Схема возвышенности Медведева
с дополнениями [3]

Микроэлементный ИСП-МС и рентгенофлуоресцентный анализы проводились в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик» согласно стандартным методикам [2, 6].

Эффузивные породы образуют толеитовую и щелочные серии, тем самым отражая эволюционную природу вулканитов, связанную с щелочным и толеитовым магматизмом [4].

Породы обогащены LILE, LREE по сравнению с N-MORB, отмечаются минимумы по Ta (Nb), Ti, Zr, Rb и Ba, максимум по Th, возможно, в сочетании с обогащением наиболее несовместимыми элементами может свидетельствовать о вкладе материала субконтинентальной литосферы или континентальной коры. Вулканиты характеризуются низкими значениями Ce/Pb 4.9–14.5 и Pb/Ce 0.06–0.2, что также соответствует вовлечению малого количества терригенного материала [10]. Отношение Nb/U базальтов составляет 71–77, что превышает значение базальтов океанических островов (OIB) [9], следовательно, источник был более обогащен чем OIB. А для трахиандезитов Nb/U = 13, что указывает на источник близкий по значениям к континентальной коре (Nb/U-7). ΔNb для базальтов

составляет в среднем 0.57, а для трахиандезитов 0.06, что указывает на мантийный источник [9].

Граниты и диориты по коэфф. Fe*(2,7–11,06) [8] являются железистыми и образуют щелочно-известковую и известково-щелочную серии. Рост Na₂O + K₂O и Fe* сопровождается увеличением SiO₂. На диаграммах Дж. Пирса гранитоиды по геодинамической обстановке занимают промежуточные значения между островодужной и внутриплитной обстановками. В этих породах не наблюдается положительная европиевая аномалия (Eu/Eu* 0.99–1.47), возможно, это связано с тем, что при образовании этих пород ведущим фактором было фракционирование темноцветных минералов и они являлись мантийными дериватами. Возраст базальтоидов составляет 11.4–12.2 млн лет [9], в свою очередь гранитоиды датируются 12.2 млн лет [3].

Таким образом, полученные результаты согласуются с литературными данными и позволяют говорить о возможной комагматичности вулканитов с гранитоидами, которые формировались в условиях пост-рифтогенеза.

Литература

1. Геология дна Японского моря / И. И. Берсенев, Е. П. Леликов, В. Л. Безверхний [и др.]; Издано по решению Редакционно-издательского совета Дальневосточного научного центра АН СССР. – Владивосток: Дальневосточный научный центр АН СССР. – 1987. – 140 с.
2. Горбунова Н.П., Татарина Л.А. Многоканальный спектрометр СРМ-35 – новые возможности силикатного рентгенофлуоресцентного анализа. Ежегодник-2014. Труды ИГГ УрО РАН. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН. – 2015. – В. 162. – С. 235–237.
3. Леликов Е. П., Маляренко А. Н. Гранитоидный магматизм окраинных морей Тихого океана // Владивосток, Дальнаука. – 1994. – С. 268.
4. Съедин В.Т. Вулканизм Японского моря – индикатор кайнозойского рифтогенеза окраины Азии // Кайнозойский континентальный рифтогенез. Материалы Всероссийского научного симпозиума с международным участием, посвященного памяти академика РАН Н.А. Лигачева. Иркутск: ИЗК СО РАН. – 2010. – Т. 2. – С.138–142.
5. Съедин В.Т. Формационно-геохимические типы кайнозойских базальтоидов Японского моря // Докл. АН СССР. 1987. – Т. 296. – № 6. – С. 1441–1447.
6. Чащин В.В., Петров С.В., Киселева Д.В., Савченко Е.Э. Платиноносность и условия образования сульфидного ЭПГ-Cu-Ni месторождения Нью-Ил Мончегорского плутона, Кольский полуостров, Россия // Геология рудных месторождений. – 2021. – Т. 63 – № 2. – С. 99–131.
7. Fitton, J.G., Saunders, A.D., Norry, M.J., Hardarson B.S., and Taylor, R.N. Thermal and chemical structure of the Iceland plume: Earth and Planetary Science Letters. – 1997. – V. 153. – P. 197–208.
8. Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J., Frost, C.D., 2001. A geochemical classification for granitic rocks. Journal of Petrology. – 2001. – № 42. – P. 2033–2048.
9. Hofmann, A. W. Mantle geochemistry: the message from oceanic volcanism. Nature. – 1997. – № 385. – P. 219–229
10. White, W. M. & Duncan, R. A. Geochemistry and geochronology of the Society Islands: new evidence for deep mantle recycling. In: Basu, A. & Hart, S. R. (eds) Earth Processes: Reading the Isotopic Code. Geophysical Monograph American Geophysical Union 95. – 1996. – P. 183–206.

С Е К Ц И Я 3

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ БЕСКОНЕЧНОСТИ НИЖНЕЙ КРОМКИ ТЕЛ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ

Аникина О.А., Миронов И.К.

Научный руководитель доцент Е.В. Гусев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Количественная интерпретация гравитационных и магнитных аномалий сейчас обычно ведется методом компьютерного моделирования, то есть подбором сечения аномалиеобразующего объекта до совпадения полевого и теоретического графиков. При этом простые объекты могут аппроксимироваться правильными телами [3, 5], а сложные составляются набором элементарных тел [1, 2]. Эти задачи относятся к неоднозначным. Однако вертикально вытянутые тела большого простирания на глубину при определенных условиях становятся ещё и неустойчивыми – при значительном изменении глубины нижней кромки объекта графики V_{zz} , Z , а иногда и V_z практически не изменяются (рис. 1). В классических учебниках [3, 4, 5, 6] используется понятие бесконечной глубины нижней кромки объекта, но нигде не указываются соотношения глубин нижней и верхней кромки объекта, при которых глубину нижней кромки можно считать практически бесконечной.

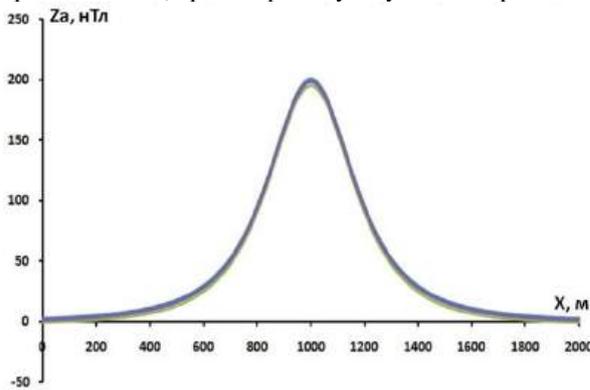


Рис. 1 Графики магнитного поля Z для вертикального цилиндра с глубиной верхней кромки 250 м и глубинами нижней кромки 1250 м, 2500 м и бесконечной.

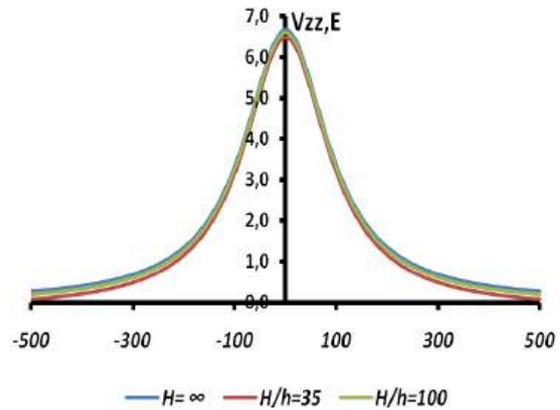


Рис. 2 Графики V_{zz} для вертикального тонкого пласта при бесконечной глубине нижней кромки и отношениях глубин нижней и верхней кромки $H/h=35$ ($\epsilon=3\%$) и $H/h=100$ ($\epsilon=1\%$).

Нами выполнены расчеты соотношений глубин нижней и верхней кромок объектов, при которых относительные погрешности (ϵ , %) расчета графиков V_z , V_{zz} (или Z) отличаются от значений этих параметров при бесконечной глубине нижней кромки на 3% и на 1%. При расчетах использовались следующие формулы [5].

1. Вертикальный материальный стержень (шток)

$$V_z = kM \cdot \left(\frac{1}{(x^2 + h^2)^{3/2}} - \frac{1}{(x^2 + H^2)^{3/2}} \right) \quad V_{zz} = kM \cdot \left(\frac{1}{(x^2 + h^2)^{5/2}} - \frac{1}{(x^2 + H^2)^{5/2}} \right) \quad (1)$$

2. Вертикальный тонкий пласт (вертикальная материальная полуплоскость)

$$V_z = km \cdot \ln \frac{x^2 + H^2}{x^2 + h^2} \quad V_{zz} = km \cdot \left(\frac{h}{x^2 + h^2} - \frac{H}{x^2 + H^2} \right) \quad (2)$$

3. Прямоугольный параллелепипед, бесконечный вкрест простирания профиля. В работе [5, с. 353] формула приведена в общем виде. Подставив пределы, получим:

$$V_z = k \cdot \sigma \cdot \left[(L-x) \cdot \ln \frac{(L-x)^2 + H^2}{(L-x)^2 + h^2} - (P-x) \cdot \ln \frac{(P-x)^2 + H^2}{(P-x)^2 + h^2} + H \cdot \left(\text{Arctg} \frac{L-x}{H} \right) - \text{Arctg} \frac{P-x}{H} \right] + \\ + k \cdot \sigma \cdot \left[2 \cdot h \cdot \left(\text{Arctg} \frac{P-x}{h} - \text{Arctg} \frac{L-x}{h} \right) \right] \quad (3)$$

СЕКЦИЯ 3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

В этих формулах k – гравитационная постоянная, σ – избыточная плотность, M – избыточная масса штока (произведение избыточной плотности на сечение), m – избыточная масса вертикального пласта (произведение избыточной плотности на мощность), h – глубина верхней кромки, H – глубина нижней кромки. Для штока и вертикального пласта формулы записаны при начале координат в эпицентре этих тел, а для прямоугольного параллелепипеда начало координат взято в произвольной точке, где L – расстояние от начала координат до левой грани, P – то же, до правой грани. Для расчета V_{zz} для прямоугольного параллелепипеда использовалась формула, приведенная в работе [5, ф. 14.52]. Расчеты выполнялись по авторским программам на платформе Excel. Правильность работы программ для прямоугольного параллелепипеда проверена по палетке Д. С. Микова [4], относительное расхождение графиков составило 4 %.

Следует заметить, что при малой относительной погрешности в экстремуме, на крыльях аномалии она резко возрастает (рис. 3), что отчетливо видно и на рисунке 2. Однако это возрастание связано со стремлением функции к нулю при малом постоянном абсолютном расхождении расчета V_{zz} в Этвешах (рис. 4) и его можно не учитывать.

Поэтому практически бесконечной можно считать ту глубину нижней кромки, для которой относительная погрешность в экстремуме не превышает 3 % (рис. 2).

Результаты расчетов для разных объектов приведены в таблице.

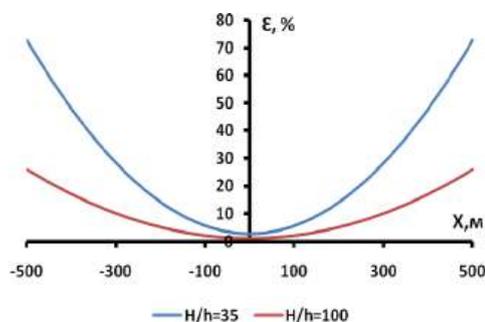


Рис. 3 Графики изменения относительной погрешности на крыльях графика V_{zz} для тонкого вертикального пласта при величинах погрешности в экстремуме 1% ($H/h = 100$) и 3% ($H/h = 35$).

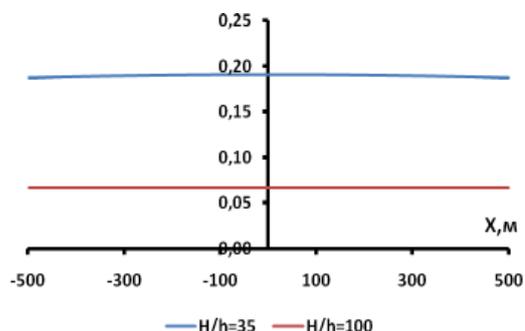


Рис. 4 Графики изменения абсолютного расхождения расчета на крыльях графика V_{zz} (Дабс., E) для тонкого вертикального пласта при величинах погрешности в экстремуме 1% ($H/h = 100$) и 3% ($H/h = 35$).

Таблица

Отношения глубин нижней и верхней кромок объектов, при которых положение нижней кромки с относительными погрешностями 3 и 1 % можно считать практически бесконечной

Форма объекта	Отношение H/h для V_z		Отношение H/h для V_{zz} и Z		Примечание
	При $\epsilon_{отн} = 3\%$	При $\epsilon_{отн} = 1\%$	При $\epsilon_{отн} = 3\%$	При $\epsilon_{отн} = 1\%$	
Вертикальный цилиндр	35	100	6	10	Вертикальный материальный стержень
Вертикальный тонкий пласт	∞	∞	35	100	Вертикальная материальная полуплоскость
Вертикальный маломощный параллелепипед	∞	∞	35	100	Глубина верхней кромки больше мощности пласта
Мощный прямоугольный параллелепипед	∞	∞	70	200	Глубина верхней кромки меньше мощности пласта

Очевидно, что для графиков V_z понятие бесконечной глубины нижней кромки можно ввести только для тонкого вертикального цилиндра (штока), для остальных тел при бесконечной глубине нижней кромки V_z также обращается в бесконечность.

Из приведенных данных следует, что отношение глубин нижней и верхней кромок, при которых объекты можно считать практически бесконечными на глубину, зависит от их мощности – чем больше мощность объекта, тем больше должно быть это отношение. Расчеты проводились для графиков V_z и V_{zz} , но, учитывая пуассоновскую связь гравитационных и магнитных аномалий, все выводы, касающиеся графиков V_{zz} , при вертикальной намагниченности можно отнести и к графикам магнитного поля Z (или ΔT).

Литература

1. Бычков, С. Г. Детальная гравиразведка на современном этапе [Текст] / С. Г. Бычков // Геофизика. – 2011. – № 5. – С. 40–45.
2. Бычков, С. Г. Методы обработки и интерпретации гравиметрических наблюдений при решении задач нефтегазовой геологии [Текст] / С. Г. Бычков. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – 187 с.
3. Логачев, А. А. Магниторазведка [Текст]: учеб. для вузов / А. А. Логачев, В. П. Захаров. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1979. – 351 с.
4. Миков, Д. С. Методы интерпретации магнитных аномалий [Текст]: учеб. пособие / Д. С. Миков. – Томск: Изд-во ТГУ, 1975. – 180 с.
5. Миронов, В. С. Курс гравиразведки [Текст]: учеб. для вузов / В. С. Миронов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1980. – 543 с.
6. Тафеев, Г. П. Геологическая интерпретация магнитных аномалий [Текст] / Г. П. Тафеев, К. П. Соколов. – Л.: Недра, 1981. – 327 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ СКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ ПО СНИМКАМ С БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБВАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

Гантимурова С.А.^{1,2}

Научный руководитель профессор А.В. Паршин

¹*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия*

²*Институт «Сибирская школа геонаук» ФГБОУ ВО Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск, Россия*

Нестабильные скальные склоны, подверженные обвалам и осыпям, представляют значительную угрозу инфраструктуре, особенно в горных геодинамически активных регионах [1]. Картирование подверженности обвалам и осыпям остается сложной задачей из-за большого комплекса переменных, вызывающих обвалы, а также многообразия размеров и форм, которые они могут принимать. Факторами, вызывающими обвалы, являются климатические и погодные условия, тектонические движения, антропогенное воздействие (например, вырубка лесов и деградация растительности). Условия, способствующие этому, включают геологические, геоморфологические, гидрогеологические свойства и характер земного покрова.

Территория исследования гористая с крутыми скалистыми склонами, граничащими с Кругобайкальской железной дорогой с одной стороны и озером Байкал с другой. Возможности натуральных наблюдений и измерений весьма ограничены, так как склоны находятся на территории охраняемого объекта, здесь нельзя сойти на берег или провести какие-либо работы без специальных разрешений. Невозможность пешего обследования обусловлена как физической транспортной недоступностью, так и сложностью получения разрешения. Применение методов дистанционного зондирования, в частности, съемок с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), для определения подверженности склонов к обвалам обладает преимуществами в возможности получения точной и детальной информации о морфологии и состоянии склонов, а также в способности детектировать и анализировать динамику этих процессов на больших территориях.

В рамках исследования по оценке подверженности склонов к обвалам и камнепадам дистанционными методами использован подход, включающий в себя пять этапов: фотограмметрическую обработку изображений с БПЛА, создание трехмерного облака точек, морфометрический анализ склона, геоинформационное моделирование и картирование подверженности склонов к обвалам и камнепадам [2]. Для сбора геопространственных данных использованы БПЛА, оснащенные камерами высокого разрешения. В частности, для съемки использовался гексакоптер SibGIS с двухосным подвесом камеры и двумя камерами Mapir Survey 3 по 12 МП (RGB и OCN). Камеры были синхронизированы для захвата изображений, съемка проводилась под двумя углами наклона (45° и 90°) по ранее разработанной методике [4]. Изображения, собранные с этих камер, затем обрабатывались для получения необходимых параметров для анализа. Характеристики склона, такие как угол, неровность и кривизна, извлекаются из цифровой модели рельефа. Все слои геопространственных данных накладываются в ГИС с использованием модели взвешенной суммы для создания карты подверженности. Исследование проводилось в рамках практического проекта, одной из задач была разработка быстрого подхода, поскольку область исследования была обширной и территория, приведенная в статье в качестве примера, является лишь одной из многих. Для оптимизации затраченного времени и одновременно повышения точности локализации опасных зон была поставлена задача добавить к геоморфологическим параметрам слой с плотностью трещин и слой с нависающими блоками. Ориентации каменных откосов извлекаются из плотного облака точек. Трециноватость горных пород определяется по снимкам высокого разрешения.

Плагин Network GT в QGIS используется в этом исследовании для производства слоя плотности трещин [3]. Двоичная фотография склона в оттенках серого используется в качестве входных данных для автоматической отрисовки трещин (рис.). Выбор пороговой обработки является первым шагом в сегментации изображения, которая представляет собой процесс разделения изображения на объекты. Выбрав подходящее пороговое значение, мы можем эффективно разделить пиксели переднего и заднего плана, улучшая точность последующих этапов анализа и обработки. В данном исследовании метод адаптивного порогового определения признан наиболее подходящим для сегментации изображений. Адаптивное определение порога — это метод, который вычисляет пороговое значение для каждого пикселя на основе локального окружения. Это позволяет лучше

обрабатывать различные условия освещения и повышает точность обнаружения трещин на изображении откоса. Для получения результата с использованием инструмента восстановления топологии была выполнена фильтрация коротких изолированных объектов, удаление множественных пересечений, кругов и других артефактов. Неровности и тени растительности могут быть ошибочно приняты за трещины. Чтобы получить адекватные значения при расчете плотности трещин, необходимо выбрать репрезентативную часть исследуемой территории, свободную от растительности или любых других потенциальных источников неровностей. Кроме того, важно тщательно анализировать и интерпретировать данные, чтобы определить плотность трещин и избежать любых неверных интерпретаций, вызванных ложной идентификацией. Более высокая плотность трещин указывает на потенциально нестабильный участок склона [5]. Областям с высокой плотностью трещин присвоена более высокая степень подверженности обвалам и осыпям.

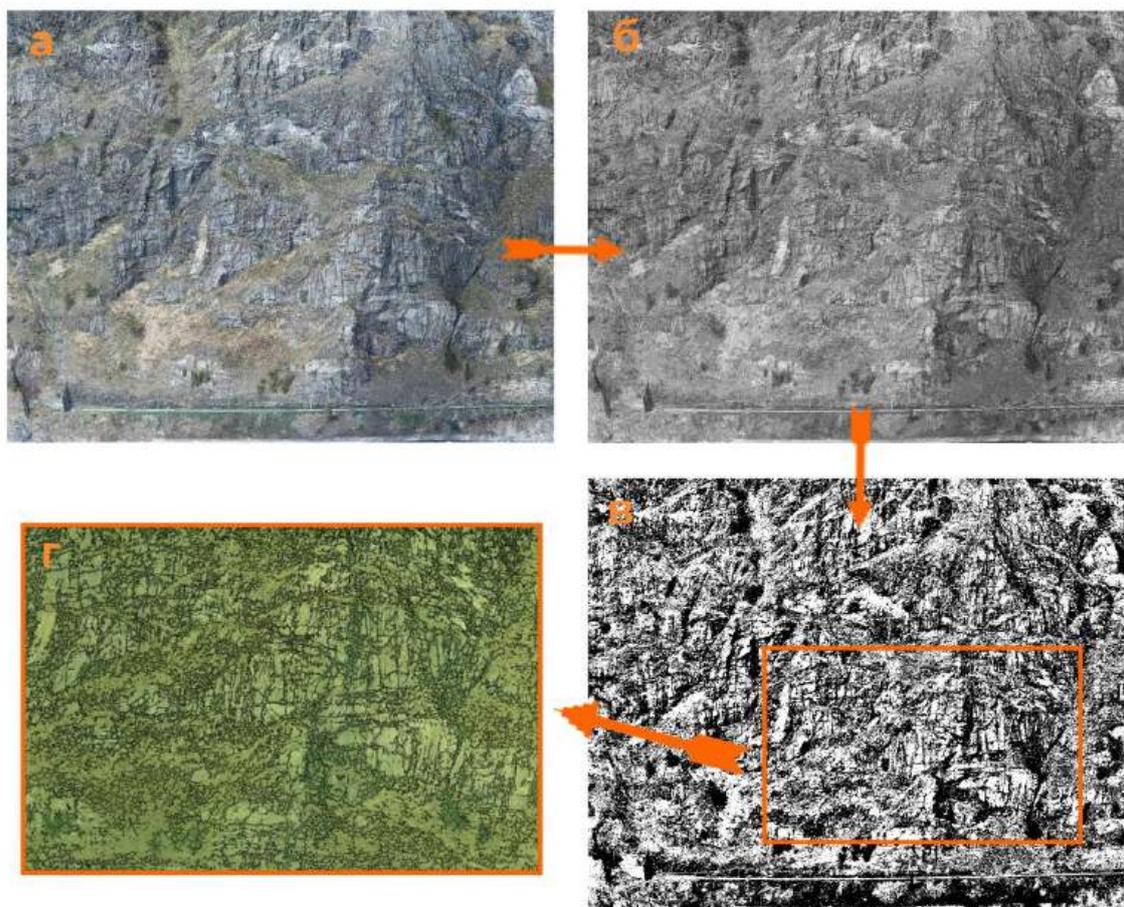


Рис. а) изображение склона в естественных оттенках; б) двоичная фотография склона в оттенках серого; в) результаты адаптивного определения порогов; г) оцифрованная сеть трещин.

Окончательная карта подверженности камнепадам создается путем объединения всех слоев данных с использованием модели взвешенной суммы в ГИС. В исследовании используется модель аналитической иерархии посредством парного сравнения для определения вклада каждого фактора в подверженность камнепадам. Соответствующие слои генерируются в программе QGIS и производится взвешенное наложение для получения карты подверженности камнепадам. Этот комплексный подход объединяет различные параметры, связанные с характеристиками склонов, неоднородностью горных пород и другими соответствующими факторами, для создания окончательной карты потенциально нестабильных откосов и определения участков, подверженных обвалам и камнепадам.

Не утверждается, что с помощью дистанционных методов можно получить результат, полностью идентичный наземной съемке. Однако, когда наземные исследования невозможны или крайне небезопасны, использование дистанционных методов позволяет обеспечить исследование природных и техногенных систем.

Литература

1. Условия формирования основных экзогенных процессов в юго-западной части Байкальской рифтовой системы (Россия) и восточной части Южно-Китайского блока (Китай) [Текст] / Л. И. Аузина, Чжан Юнчжань, А. О. Устюжанин, И. А. Ярошук, О. С. Масликов, К. К. Ковтун // Науки о Земле и недрапользование. – 2020. – Т. 43. – № 2. – С. 256–270.

2. Gantimurova, S. GIS-based landslide susceptibility mapping of the Circum-Baikal railway in Russia using UAV data [Text] / S. Gantimurova, A. Parshin, V. Erofeev // Remote Sensing. – 2021. – V. 13(18). – P. 3629–3645. DOI: 10.3390/rs13183629.
3. Nyberg, B. A GIS Tool for Geometric and Topological Analysis of Two-Dimensional Fracture Networks [Text] / B. Nyberg, C. Nixon, D. Sanderson // Geosphere. – 2018. – V. 14 – P. 1618–1634. DOI: 10.1130/GES01595.1.
4. Low-altitude geophysical magnetic prospecting based on multirotor UAV as a promising replacement for traditional ground survey [Text] / A. Parshin, V. Morozov, A. Blinov, A. Kosterev, A. Budyak // Geo-spatial Information Science. – 2018. – V. 21. – P. 67–74. DOI: 10.1080/10095020.2017.1420508.
5. Slope stability prediction using ensemble learning techniques: A case study in Yunyang County, Chongqing, China [Text] / W. Zhang, H. Li, L. Han, L. Chen, L. Wang // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. – 2022. – V. 14(4). – P. 1089–1099. DOI: 10.1016/j.jrmge.2021.12.011.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАСТАХ СЕВЕРО-ТАМБЕЙСКОГО УЧАСТКА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОДЫ

Жданова Ю.Ю.

Научный руководитель профессор И.А. Мельник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Традиционные способы обнаружения продуктивных пластов становятся всё менее эффективными, соответственно возникает необходимость в разработке и применении новых методик для обнаружения пропущенных нефтяных залежей [7]. В этом контексте предложен метод обнаружения нефти, который подробно рассмотрен в статьях томского профессора – Мельника И. А. [5]. Метод статистически-корреляционной интерпретации данных (СКИ) геофизических исследований скважин (ГИС) основан на вычислении статистических параметров в корреляционных связях между петрофизическими и геофизическими выборочными данными. Величины определенных статистических параметров эквивалентны интенсивностям вторичных доминирующих геохимических процессов, контролирующими изменения величин регистрируемых данных ГИС. Как правило, вторичные геохимические процессы в песчаных породах определяются процессами наложенного эпигенеза, обусловленного поступлением глубинных флюидов. Второй основой служат математические подходы, которые являются логическим ядром концепции и определяют интенсивности протекания вторичных процессов [4]. Новая технология позволяет более точно определять залежи углеводородов и оптимизировать процессы добычи. Ранее в работах нами была изучена зависимость между значениями вторичных геохимических процессов с увеличением глубины [1]. Дана положительная оценка, метод показал себя валидным по отношению к данным пластов. Соответственно, возникает необходимость в дальнейшем изучении метода статистически-корреляционной интерпретации на основе данных вторичных геохимических процессов.

Целью работы является изучение влияния вторичных процессов на фильтрационно-емкостные свойства пород продуктивного пласта ТП₁₉ Северо-Тамбейского участка.

Для выявления этой зависимости была использована статистически-корреляционная интерпретация на основе данных ГИС старого фонда скважин. Изучение зависимостей проводилось на основе продуктивных пород пласта ТП₁₉ Северо-Тамбейского участка.

Северо-Тамбейский участок расположен в Ямало-Ненецком автономном округе (в 615 км от г. Салехард) Российской Федерации. Обнаружен в 1982 году и считается одним из крупных по запасам в России [6].

Анализ изучения данных, показал, что рост каолинитовых фракций в составе песчаника однозначно положительно влияет на пористость и проницаемость пород (рис. 1). Одним из механизмов, объясняющих это явление, является углекислотный метасоматоз, при котором минералы породы растворяются в углекислой среде и образуются новые соединения и происходит реорганизация структуры породы. Углекислотный метасоматоз представляет собой подвид кислотного метасоматоза, при котором активатором выступает раствор, который образован путем насыщения воды углекислым газом – углекислотой (СО₂). Согласно Б. А. Лебедеву, углекислотный метасоматоз признается ключевым процессом, способствующим формированию эффективного порового пространства в осадочных породах [3]. Чем более интенсивно проявляется процесс выноса петрогенных компонентов из вмещающих пород, тем больший объем пустотного пространства образуется в данном участке горной породы, что соответственно приводит к увеличению фильтрационно-емкостных свойств.

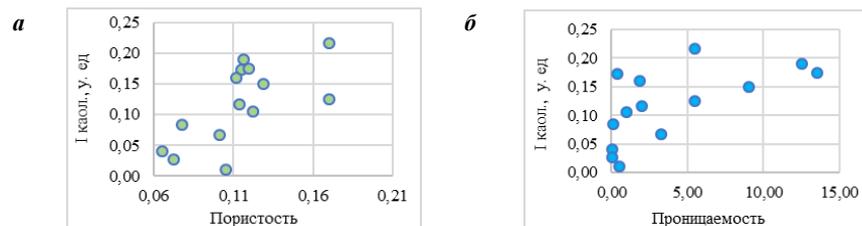


Рис. 1. График зависимости каолинитизации и средних значений пористости (а) и проницаемости (б) пласта ТП₁₉

Анализ протекания в породе процесса пелитизации привел к выводу о том, что с увеличением пелитизации, увеличивается проницаемость, наблюдается высокая положительная корреляция (рис. 2).

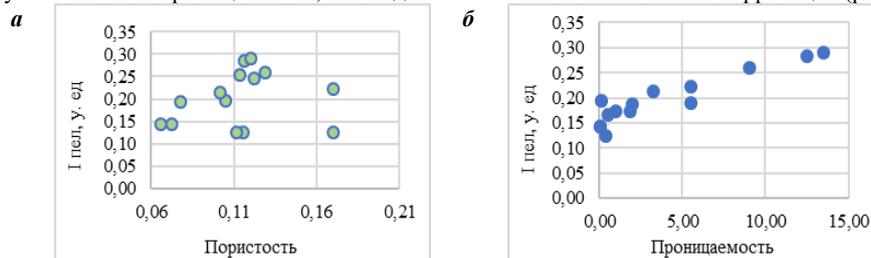


Рис. 2. График зависимости пелитизации и средних значений пористости (а) и проницаемости (б) пласта ТП₁₉

В песчаных отложениях, увеличение интенсивности карбонатизации вызывает ухудшение коллекторских свойств пород, за счет отложения карбонатных материалов при резком падении давления и увеличения рН среды. Интенсивность отложения в пустотах зависит от объемов вступающей в реакцию углекислоты, содержания алюмосиликатов и наличия первичного объема пустотно-порового пространства (рис. 3).

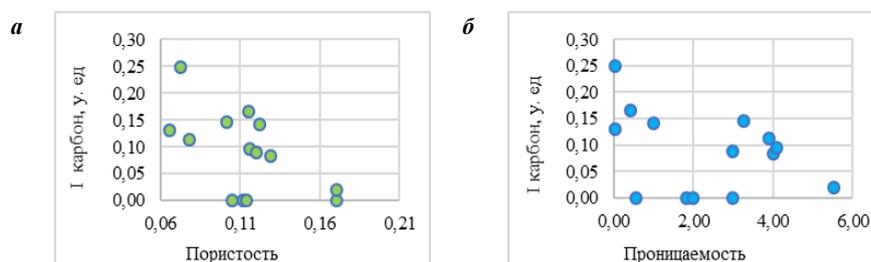


Рис. 3. График зависимости карбонатизации и средних значений пористости (а) и проницаемости (б) пласта ТП₁₉

Влияние пиритизации на коллекторские свойства пласта ТП₁₉ выражено активно: проницаемость и пористость уменьшаются, практически достигая 0 (рис. 4). Пириты локализируются в наиболее проницаемых трещиноватых зонах обломочных пород, тем самым заполняя трещины, что приводит к их закупориванию [2].

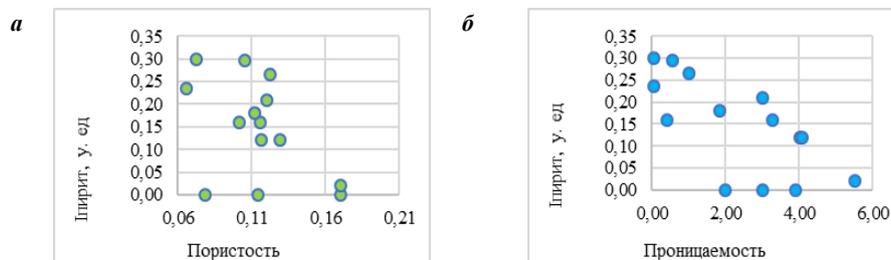


Рис. 4. Влияние пиритизации на пористость (а) и проницаемость (б) пласта ТП₁₉

Выводы. Анализ данных наложенного эпигенеза подтвердил, что вторичные процессы приводят к формированию различных минеральных новообразований и влияют на коллекторские свойства пород-коллекторов, тем самым разуплотняя или уплотняя их. Изучение процессов наложенного эпигенеза на Северо-Тамбейском месторождении позволило установить, что карбонатизация, пиритизация – ухудшают коллекторские свойства, а каолинитизация и пелитизация ведут к улучшению коллекторских свойств пород.

Литература

1. Жданова, Ю. Ю. Выявление углеводородсодержащих песчаных пластов в Западной Сибири по показаниям интенсивности вторичных геохимических процессов [Текст] / Ю. Ю. Жданова, Н. С. Сидоренко // 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. В 2 томах. Т. 1. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – С. 117–118.
2. Коржинский, Д. С. Очерк метасоматических процессов [Текст] / Д. С. Коржинский // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 332–452.
3. Лебедев, Б. А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах [Текст] / Б. А. Лебедев. – Л.: Недра, 1992. – 239 с.
4. Мельник, И. А. Основы статистически-корреляционной интерпретации материалов геофизических исследований скважин [Текст] / И. А. Мельник. – М.: Русайнс, 2022. – 76 с.

5. Мельник, И. А. Полиmodalность гистограмм геологических характеристик как критерий флюидодинамики [Текст] / И. А. Мельник // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – Т. 333. – № 9. – С. 66–74.
6. Островская, А. В. Условия формирования залежей в нижнемеловых отложениях Тамбейской группы месторождений [Текст] / А. В. Островская // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна. Опыт, инновации. – 2012. – С. 129–131.
7. Рахманкулов, Д. Л. О проблеме истощения мировых запасов нефти [Текст] / Д. Л. Рахманкулов // Башкирский химический журнал. – 2008. – Т. 15. – № 2. – С. 5–35.

ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ КУБАДРИНСКОГО РАЗЛОМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Илюхина Д.М.¹

Научный руководитель ведущий научный сотрудник В.В. Оленченко²

¹Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Прогноз землетрясений является актуальной задачей на протяжении всей истории человечества. Предположить район будущего землетрясения и его интенсивность помогают палеосейсмологические исследования в разломных зонах, целью которых является определение возраста, магнитуды и периодичности древних землетрясений.

В рамках палеосейсмологии применяются анализ космоснимков и прохождение траншей, по результатам которых вскрываются и описываются зоны разломов. Для прослеживания их на глубину используются геофизические методы, в том числе сейсморазведка, электроразведка, георадиолокация [3, 4, 7].

Объектом нашего исследования выбран участок, расположенный на одной из основных сейсмогенерирующих структур юго-востока Горного Алтая – Курайской зоне разломов, протяженностью более 70 км, а именно на восточном фланге Кубадринского разлома [6]. На выбранном участке ранее были проведены работы методами тренчинга, сейсморазведки и георадиолокации, что позволило установить геологическое строение, элементы залегания и кинематику разлома в приповерхностной части разреза на глубину в первые метры [2].

Целью работы являлось прослеживание структуры Кубадринского разлома на глубину до 100 м.

По результатам изучения траншеи установлено, что верхняя часть разреза сложена позднплейстоценово-голоценовым гравийно-галечным материалом с песчаным заполнителем. Слои нарушены внедрением серых и светло-коричневых массивных среднезернистых песков [1]. По системе трещин и коллювиальных клиньев установлены следы четырех палеоземлетрясений с магнитудами до 6,7–6,9, кроме того, по разломному уступу выявлено, что разлом имеет вертикальную и правсдвиговую компоненты смещений [2]. Следует отметить, что участок исследования расположен в районе распространения многолетнемерзлых пород.

Работы методом электротомографии были выполнены с помощью многоэлектродной электроразведочной станции «Скала 64к15», включающей 64 электрода и 15 измерительных каналов. Измерения проводились на прямой и обратной трёхэлектродной установке по профилю, длиной 635 м, с шагом между электродами 5 м. Двумерная инверсия выполнена с помощью программы RES2DINV ver. 3.55 [5].

По результатам работ построен геоэлектрический разрез, представленный на цифровой модели рельефа (см. рис.).

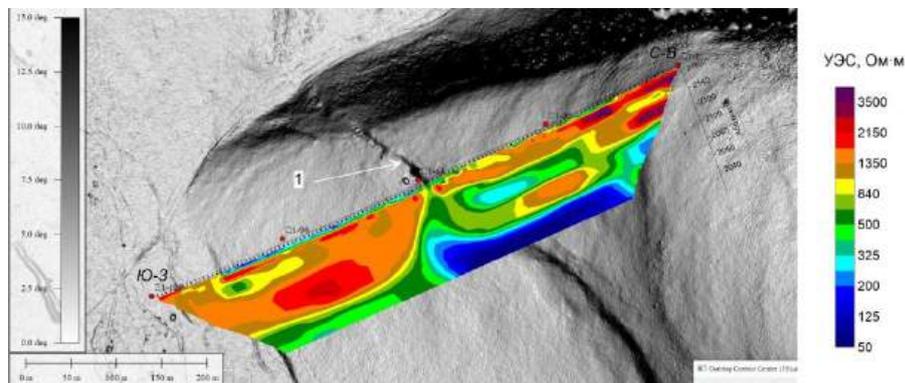


Рис. Геоэлектрический разрез на цифровой модели рельефа: 1 – уступ разлома

В зоне уступа Кубадринского разлома, хорошо читаемом на цифровой модели рельефа, на геоэлектрическом разрезе в приповерхностной части до глубины 10 м отчетливо прослеживается прерывание высокоомного слоя, сложенного мерзлыми флювиогляциальными отложениями. Эта область пониженного УЭС связана с внедрением песков в гравийно-галечниковый материал при подновлении разломной зоны.

На глубине более 80 м зона Кубадринского разлома маркируется широкой, около 200 м, аномалией низкого удельного электрического сопротивления (УЭС) 90–200 Ом·м. Она вероятно представлена интенсивно трещиноватыми обводненными породами палеозоя.

Интересным фактом является то, что на поверхности Кубадринский разлом маркируется в рельефе уступом шириной несколько метров и амплитудой около 1,5 м. В рыхлых кайнозойских отложениях разлом выражен узкой крутопадающей зоной пониженного УЭС. Но в палеозойских породах, на глубине более 80 м, Кубадринский разлом представляет собой широкую зону трещиноватости.

Литература

1. Активные разломы и поверхностные разрывы позднеголоценовых землетрясений в обрамлении Кокоринской впадины (Горный Алтай, Россия) [Текст] / Е. В. Деев, В. Е. Крживоблоцкая, А. П. Бородовский, А. Л. Энтин // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2022. – Т. 506. – № 1. – С. 79–85.
2. Геофизические исследования поверхностных разрывов палеоземлетрясений на восточном фланге Кубадринского разлома, Горный Алтай [Текст] / С. С. Бричева, Е. В. Деев, П. А. Дергач, Г. Ю. Зобнин // EAGE. Инженерная и рудная геофизика 2023: Сборник материалов конференции и выставки. – 2023. – С. 316–320.
3. Денисенко, И. А. Позднечетвертичные смещения вдоль Сарминского участка Приморского разлома по данным георадиолокации (Байкальский рифт) [Текст] / И. А. Денисенко, О. В. Лунина // Геодинамика и тектонофизика. – 2020. – Т. 11. – № 3. – С. 548–565.
4. Неведрова, Н. Н. Геоэлектрические модели разломных структур Чуйской впадины по данным электротомографии [Текст] / Н. Н. Неведрова, П. В. Пономарев, И. О. Шапаренко. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геоэкология": Сборник материалов в 4 т. – 2016. – Т. 2. – С. 92–96.
5. Официальный сайт программного обеспечения для обработки данных элетротомографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geotomosoft.com/products.php>.
6. Результаты палеосейсмологических исследований вдоль планируемого маршрута газопровода в КНР (Курайская зона разломов, Горный Алтай) [Текст] / И. В. Турова, Е. В. Деев, Н. И. Позднякова, А. Л. Энтин, Н. Н. Неведрова, И. О. Шапаренко, С. С. Бричева, А. М. Корженков, Р. Н. Курбанов, А. В. Панин // Интерэкспо ГЕО-Сибирь - "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Материалы XVI международной научной конференции. – 2020. – С. 639–649.
7. Using integrated geophysics data set to delineate Phetchabun active fault in Thailand [Text] / R. Arjwech, W. Boonsungnern, P. Sriwangpon, K. Somchat, P. Pondthai // Data in Brief. – 2020. – V. 30. – P. 105608. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105608.

ДОЮРСКИЙ ФУНДАМЕНТ И ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Крутенко Д.С.

Научный руководитель доцент Ю.В. Колмаков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Тепловой поток территории Западной Сибири изменяется в довольно широких пределах от 30 до 90 мВт/м², составляя в среднем 53–54 мВт/м² [1]. Многие из участков с аномальными значениями теплового потока известны уже давно, однако природа этих аномалий до сих пор не установлена.

Очевидно, что природа аномалий теплового поля, так же, как и других геофизических полей, тесно связана с геологическим строением территории исследования. Одной из фундаментальных зависимостей, объясняющих вариации теплового поля является обнаруженная Я.Б. Смирновым и Б.Г. Поляковым зависимость между плотностью теплового потока и возрастом последней тектоно-магматической активизации. Такая зависимость прослеживается и для Западно-Сибирского региона. Герциниды Западной Сибири характеризуются средним тепловым потоком 55–60 мВт/м², а каледонида-байкалиды 46–49 мВт/м² [1].

Целью данного исследования является анализ истории геологического развития территории исследования и выявление связи блоков фундамента различного возраста с тепловым полем.

Территория исследований находится на юго-востоке Западной Сибири и относится к Центрально-Западносибирской складчатой системе [3], имеющей герцинский возраст. В строении Западно-Сибирской плиты выделяют доюрское основание и платформенный мезозойско-кайнозойский чехол. Доюрское основание имеет гетерогенное строение, состоящее из складчатого фундамента и промежуточного тектонического комплекса, также называемого рифтовым или тафрогенным этажом. Складчатый фундамент сложен глубоко метаморфизованными породами докембрия и палеозоя, прорванными интрузиями различного состава и возраста. Промежуточный тектонический комплекс в основном представлен осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями и занимает положение между складчатым фундаментом и мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом.

Структуры складчатого фундамента герцинского возраста и ограничивающие их глубинные региональные разломы имеют северо-северо-западное направление.

Кроме складчатых позднегерцинских структур в состав фундамента входят Нюрольский (Межовский) и Усть-Тымский срединные массивы. В составе Нюрольского срединного массива выделяют основание, включающее складчатые образования и интрузии кислого и ультраосновного состава байкальского цикла

тектогенеза и чехольно-тафрогенные отложения промежуточного комплекса. Основание Усть-Тымского срединного массива представляет собой складчатые образования салаирского цикла тектогенеза и полностью перекрыто отложениями промежуточного комплекса.

На исследуемой территории получили развитие три грабен-рифта триасового возраста, имеющие северо-восточное направление: Колтогорско-Уренгойский, Усть-Тымский и Чузыкский.

Анализ карты теплового потока

Схематическая карта сечением 2 мВт/м^2 построена по рассчитанным значениям плотности теплового потока из основания осадочного разреза, которые были получены в 433 поисково-разведочных, опорных и параметрических скважинах. Результат расчетов теплового потока характеризуется погрешностью $\pm (1,0-2,0) \text{ мВт/м}^2$. Средний тепловой поток составляет 52 мВт/м^2 [2].

На территории исследования выделяются участки, различающиеся временем тектоно-магматической активизации. В южной части территории расположен Нюрольский срединный массив (микроконтинент), фундамент которого образовался во время байкальского цикла тектогенеза. Этот массив выделяется крупной отрицательной аномалией со средним значением 46 мВт/м^2 .

На северо-востоке находится еще один срединный массив более молодого салаирского цикла тектогенеза – Усть-Тымский. Этот микроконтинент характеризуется фоновыми значениями 50 мВт/м^2 .

Простирающиеся в северо-западном направлении герцинские структуры характеризуются сонаправленными аномалиями теплового потока. Так с юго-восточной части территории на северо-запад тянется положительная аномалия, повторяющая излом Назино-Сенькинского антиклинория и Айгольского синклинория. Герциниды характеризуются средним тепловым потоком 52 мВт/м^2 .

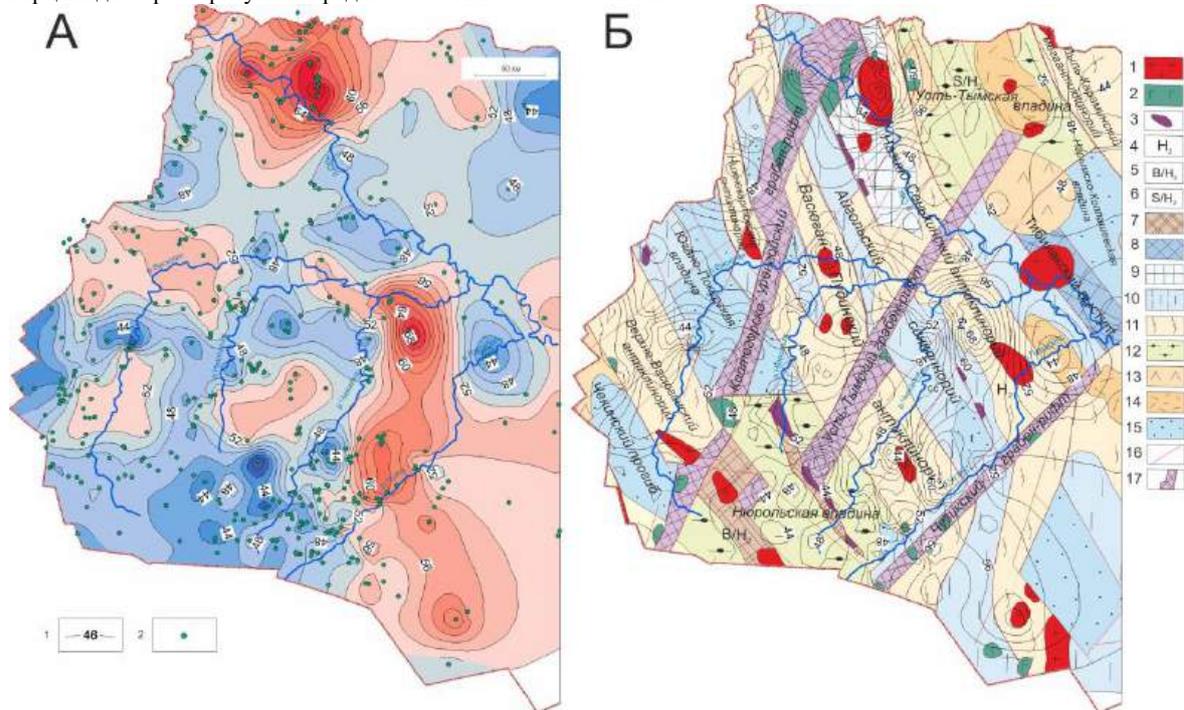


Рис. А – Схематическая карта плотности глубинного теплового потока; 1 – изолинии теплового потока, мВт/м^2 , 2 – скважина палеотемпературного моделирования; **Б** – Фрагмент тектонической карты фундамента Западно-Сибирской плиты (по [3]) с изолиниями теплового потока: интрузивные комплексы: 1 – гранитоиды, 2 – базиты, 3 – ультрабазиты; 4 – области позднегерцинской складчатости; 5 – области байкальской складчатости, переработанные герцинским тектогенезом; 6 – области салаирской складчатости, переработанные герцинским тектогенезом; 7 – выступы-горсты байкальских складчатых комплексов; 8 – выступы-горсты салаирских и каледонских складчатых комплексов; 9 – ядра антиклинориев, сложенные салаирскими и каледонскими складчатыми комплексами; 10 – основания межгорных прогибов; 11 – антиклинорные зоны инверсионного типа развития (моноциклические); 12 – наложенные впадины и прогибы в пределах срединных и устойчивых массивов; 13 – раннемезозойские впадины и грабены в пределах каледонской и герцинской складчатостей; 14 – покровы эффузивов разного состава; 15 – межгорные прогибы и внутренние впадины; 16 – разломы, разграничивающие структурно-формационные зоны; 17 – раннемезозойские грабен-рифты.

Вдоль западной границы территории тянется группа положительных аномалий, простирающаяся на северо-восток. Повышение значений теплового потока в этих зонах приходится на консолидированные борта Колтогорско-Уренгойского рифта. Стоит отметить, что долины рифтов не формируют линейно вытянутые аномалии теплового поля. Однако Усть-Тымский и Чузыкский рифты, рассекая аномалии теплового потока

от герцинских структур, приводят к возмущениям теплового поля, прерыванию или сужению этих аномалий. Долины Колтогорско-Уренгойского, Усть-Тымского и Чузыкского рифтов характеризуются средними значениями теплового потока 48–50 мВт/м².

Ряд самых высокоамплитудных аномалий теплового потока сосредоточены в зонах распространения интрузивных комплексов в рифтовых долинах и консолидированных бортах рифтов. Эти зоны, вероятно являются наиболее молодыми проявлениями магматизма на территории исследования. В северной части карты крупная положительная аномалия амплитудой 52–72 мВт/м² сформировалась в районе Александровского свода. Эта аномалия имеет два локальных максимума: восточный и западный. Восточный максимум приходится на крупную гранитную интрузию, западный – на осевую часть рифтовой долины. В градиентной зоне аномалии сосредоточены крупные интрузии кислого и основного состава.

Заключение

Самые высокие значения теплового потока наблюдаются на участках наиболее интенсивного проявления магматизма, вероятно, связанного с триасовым рифтогенезом. Фоновыми значениями теплового потока характеризуются герциниды, пониженными – рифтовые долины и участки салаирской складчатости. Участки байкальской складчатости выделяются минимальными значениями теплового потока.

Таким образом, на территории исследования подтверждается наличие зависимости между плотностью теплового потока и возрастом последней тектоно-магматической активизации.

Литература

1. Геология и полезные ископаемые России. В 6 т. Т. 2. Западная Сибирь [Текст] / Гл. ред. В. П. Орлов. Ред. 2-го тома А. Э. Конторович, В. С. Сурков. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. – 477 с.
2. Картирование теплового потока Западной Сибири (юго-восток) [Текст] / В. И. Исаев, Д. С. Крутенко, Г. А. Лобова, Е. Н. Осипова, В. И. Старостенко // Геофизический журнал. – 2021. – Т. 43. – № 6. – С. 173–195.
3. Сурков, В. С. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты [Текст] / В. С. Сурков, О. Г. Жеро. – М.: Недра, 1981. – 143 с.

МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ПАЛЕОЗОЙСКО- МЕЗОЗОЙСКИХ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Крутенко М.Ф.

Научный руководитель профессор Г. Лобова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ранее палеотемпературное моделирование выполнялось нами для мезозойско-кайнозойского осадочного чехла юго-востока Западной Сибири по известной методике [3], базирующейся на численном решении уравнения теплопроводности горизонтально-слоистого твердого тела с подвижной верхней границей. Данная методика включает решение обратной задачи геотермии для нахождения квазипостоянного теплового потока и прямой задачи геотермии для расчета геотемператур с известным тепловым потоком.

Целью наших дальнейших исследований стала реконструкция термической истории палеозойско-мезозойских нефтематеринских отложений для оценки по геотемпературному критерию их возможности формировать залежи углеводородов (УВ) в доюрских резервуарах на территории юго-востока Западной Сибири.

Административно территория исследования находится в границах Томской области. Она включает две группы месторождений Останинскую (Останинское, Герасимовское, Лугинецкое месторождения) и Чузыкско-Чижалскую (Урманское, Нижнетабаганское, Калиновое и Северо-Калиновое месторождения). В геологическом строении территории исследования принимают участие два осадочных бассейна: Нюрольский палеозойский и более молодой мезозойско-кайнозойский.

Поставленная цель и геологическое строение территории обуславливают необходимость выполнения совместного палеотемпературного моделирования двух осадочных бассейнов. Сложность такого моделирования связана с учетом энергетического эффекта тектоно-магматической активизации, предшествующей началу формирования мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна. Следовательно, при выполнении палеотемпературного моделирования необходимо учитывать динамику изменяющегося во времени теплового потока. Такой подход реализован в новой схеме палеотемпературного моделирования, взявшей за основу существующую методику В.И. Исаева, но дополненной реконструкциями теплового потока, реализованными двухэтапным расчетом.

Динамика теплового потока во времени связана с тектоническим развитием территории исследования. В период 249–251 млн лет назад [1] поднятие мантийного суперплюма привело к активному рифтогенезу и сопровождающей этот процесс масштабной вулканической активности в Западной Сибири.

Показатели палеотемператур характеризуют только температурные максимумы, поэтому экспериментальные данные о температурах осадочного чехла в период до активизации мантийного плюма, получить невозможно. Принято, что тепловой поток, соответствующий периоду формирования палеозойского осадочного бассейна (443,4–313,2 млн лет назад), постоянный и превосходит современный тепловой поток из основания осадочного разреза в два раза.

313,2 млн лет назад начинается реализация активной схемы рифтогенеза: в период 313,2–250 млн лет назад происходит проплавление континентальной литосферы до подошвы коры и ее растяжение. Тепловой поток этого периода характеризуется довольно резким возрастанием и математически описывается в соответствии с фазой растяжения в модели изменения теплового потока при рифтогенезе McKenzie (1978). Величина максимального возрастания теплового потока соответствует времени 250 млн лет назад. После этого наступает фаза охлаждения литосферы, сопровождающаяся резким снижением теплового потока. Математическое снижение теплового потока имеет экспоненциальную тенденцию и занимает около 50 млн лет (250,0–201,3 млн лет назад). С начала юрского времени, что соответствует началу формирования мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна, тепловой поток является квазипостоянным [2].

Основой модели является литолого-стратиграфический разрез скважины, дополненный теплофизическими параметрами. Параметризация разреза мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна принимается в соответствии с литолого-стратиграфической разбивкой скважины. Поскольку палеозойские отложения скважинами вскрываются лишь на небольшую глубину, литолого-стратиграфический разрез палеозойского осадочного бассейна реконструируется на основании принятой региональной стратиграфической схемы палеозойских образований для Нюрольского структурно-фациального района (1999). В качестве краевого условия в математическую модель включен палеоклимат (рис.).

Тепловой поток рассчитывается в два этапа. На первом этапе для совместного разреза двух осадочных бассейнов решается обратная задача геотермии. Рассчитанная величина характеризует квазипостоянный тепловой поток из основания палеозойского осадочного разреза и соответствует времени формирования мезозойско-кайнозойского осадочного бассейна (201,3–0 млн лет назад). В роли фактических измерений для построения моделей выступают температуры, полученные при испытаниях скважин, а также палеотемпературы, пересчитанные из определений отражательной способности витринита (ОСВ). На втором этапе подбирается величина максимального теплового потока, связанного с моментом активизации мантийного суперплюма 250 млн лет назад. Его величина контролируется температурами, пересчитанными из ОСВ в доюрской части разреза. При расчетах теплового потока как на первом, так и на втором этапе, «невязка» модельных и фактических геотемператур соответствует оптимальной невязке ± 2 °C (табл.). Далее составляется модель динамики теплового потока во времени с количественным учетом возрастания в фазе растяжения литосферы (313,2–250 млн лет назад) и снижения в фазе охлаждения литосферы (250–201,3 млн лет назад) (рис.).

Таблица

Измеренные и расчетные температуры, рассчитанный тепловой поток скважины Лугинецкой 170

Приуроченность/ глубина, м	Температура, °C				Тепловой поток, мВт/м ² /динамическая характеристика
	Пластовая измеренная	По ОСВ ($R^{°_{vt}}$)	Модельная (расчётная)	Разница расчётной и измеренной	
J _{2tm} /2486	-	96 (0,62)	100	+4	46 / квазистационарный с юрского времени, из основания осадочного разреза (5460 м)
D _{2gs} /3850	119	-	121	+2	
D _{2gs} /3677	117	-	117	0	
D _{2gs} /3612	117	-	115	-2	
D _{2gs} /3514	113	-	113	0	
D _{2gs} /3152	106	-	103	-3	
D _{2gs} /3275	-	146 (1,2)	148	+2	128 / пермо-триасовый скачок 250 млн лет назад (3726 м)
D _{2gs} /3307		152 (1,3)	150	-2	
D _{2gs} /3448		158 (1,4)	160	+2	
D _{2gs} /3453		158 (1,4)	160	+2	
D _{2gs} /3531		168 (1,6)	166	-2	

Решением прямой задачи при известном тепловом потоке, рассчитываются температуры нефтематеринских отложений осадочных бассейнов на ключевые моменты геологического времени (рис.).

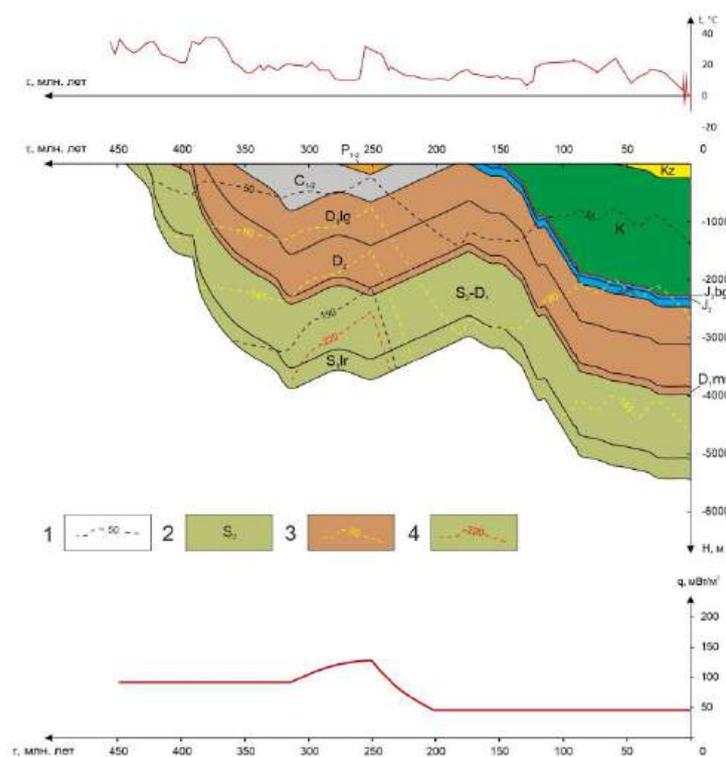


Рис. Результаты реконструкции тектонической и термической истории в разрезе скважины Лугинецкая 170: 1 – изотерма; 2 – стратиграфический индекс отложений; 3 – изотерма граничной температуры ГФН; 4 – изотерма начала деструкции УВ. В верхней части рисунка приведен график палеоклимата, в нижней части – модель динамики теплового потока во времени

Заключение. Предложенная схема совместного палеотемпературного моделирования Нюрольского палеозойского и мезозойско-кайнозойского осадочных бассейнов включает выполнение реконструкции динамики теплового потока, что позволяет учитывать его нестационарность во времени. При расчетах теплового потока удается достичь хорошей согласованности фактических температур с модельными. Конечным результатом моделирования является термическая история палеозойско-мезозойских отложений двух осадочных бассейнов. В дальнейшем эти результаты можно применять для оценки нефтегазогенерационного потенциала территории.

Литература

1. Добрецов, Н. Л. Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): Сибирские и Эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды [Текст] / Н. Л. Добрецов // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46. – № 9. – С. 870–890.
2. Курчиков, А. Р. Геотермический режим углеводородных скоплений Западной Сибири [Текст] / А. Р. Курчиков // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42. – № 11–12. – С. 1846–1853.
3. Мезозойско-кайнозойский климат и неотектонические события как факторы реконструкции термической истории нефтематеринской баженовской свиты арктического региона Западной Сибири (на примере п-ва Ямал) [Текст] / В. И. Исаев, А. А. Искоркина, Г. А. Лобова, В. И. Старостенко, С. А. Тихоцкий, А. Н. Фомин // Физика Земли. – 2018. – № 2. – С. 124–144.

КАРТИРОВАНИЕ ГЕОТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Насыров Р.Г., Сергеев М.Е.

Научный руководитель ассистент Д.С. Крутенко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В работах томской группы геотермиков неоднократно отмечались возможности геотермии как метода разведочной геофизики для прогнозирования и оценки перспектив нефтегазоносности. Известно, что области с наибольшей плотностью углеводородных скоплений тяготеют к высокорегимным геотемпературным полям.

Другим не менее важным направлением развития геотермического метода является прогнозирование геотермальных ресурсов. В Западной Сибири сосредоточено 70 % всех геотермальных ресурсов России, из них 50 % приходится на Томскую область [3]. Привлекательной для развития геотермальной энергетики Томскую область делает и наличие развитой нефтедобывающей отрасли с хорошей инфраструктурой и богатым фондом глубоких скважин. Эти факторы способствуют удешевлению введения в эксплуатацию новых геотермальных станций, а также дают хорошую базу фактического материала для изучения теплового поля.

Одним из способов оценки перспективности территории на наличие геотермальных ресурсов является метод температурного моделирования по авторской методике Исаева В.И. Этот метод изучения теплового поля основан на анализе имеющейся информации и исключает проведение дополнительных полевых работ.

Цель исследования заключается в построении геотемпературных карт меловых водоносных комплексов и оценке перспективности использования термальных вод Томской области.

На территории исследования получили распространение три основных водоносных комплекса, приуроченных к меловым отложениям. Апт-альб-сеноманский водоносный комплекс, стратиграфически связанный с покурской свитой. Залегает на глубинах 900–1000 м, имеет мощность 600–900 м. Дебиты скважин при фонтанировании составляют 500–1000 м³/сут, достигая в отдельных случаях 2–4 тыс. м³/сут. Готерив-барремский водоносный комплекс стратиграфически связан с киялинской свитой. Залегает на глубинах 1600–2000 м, имеет мощность 400–800 м. Дебиты разведочных скважин не превышают 40–80 м³/сут при самоизливе. Валанжинский водоносный комплекс стратиграфически связан с тарской свитой. Комплекс залегает на глубинах 2000–2800 м, мощностью 45–200 м. Дебиты скважин варьируются в пределах 70–500 м³/сут, достигая 700–800 м³/сут [2].

Стоит отметить, что исследования по оценке геотермальных ресурсов Томской области проводились ранее [2]. В этой работе было выполнено построение карт пластовых температур для меловых водоносных комплексов. В качестве фактических данных использовались замеры пластовых температур и термограммы в 150 скважинах. Настоящее исследование предполагает использование иного подхода для определения геотемператур.

Расчеты температур выполнялись для 452 скважин, распределенных по территории Томской области. Для каждой скважины было найдено решение обратной задачи геотермии – рассчитан тепловой поток из основания осадочного разреза. В качестве входных данных использовались фактические измеренные температуры, в том числе пластовые температуры, полученные в результате испытания скважин, температуры, определенные по отражательной способности витринита (ОСВ), и температуры, определенные по термограммам геотемпературного градиента (ОГГ). Решением прямой задачи геотермии с известным тепловым потоком выполнялся расчет геотемператур. Наиболее полно и подробно методика моделирования изложена в [1].

Геотемпературные модели и расчеты тепловых потоков были выполнены аспирантами Крутенко Д.С. (438 моделей) и Герасимовой (Меренковой) А.С. (14 моделей) в рамках диссертационных исследований. С использованием этих моделей выполнен расчет температур на глубину залегания каждого водоносного комплекса. Погрешность при определении температур не превышает 2–3 °С.

Построение карт осуществлялось с помощью программного обеспечения Golden Software Surfer, задача интерполяции решалась геостатистическим методом Kriging. Для трех меловых водоносных комплексов были построены детализированные геотемпературные карты и выделены высокотемпературные зоны.

Зонирование производилось по классификации Богуславского Э.И. [4] по следующим критериям: от +50 °С – зоны, перспективные для горячего водоснабжения, от +65 °С – зоны, перспективные для теплоснабжения, от +80 °С – зоны, перспективные для выработки электроэнергии.

В данной работе будет рассмотрена наиболее представительная геотемпературная карта подошвы валанжинского водоносного комплекса (рис.). На карте выделены зоны, перспективные для горячего водоснабжения, теплоснабжения и выработки электроэнергии. Наиболее низкотемпературная зона расположена на северо-востоке Томской области. Кроме того, данная область не представляет интереса, поскольку на этой территории нет населенных пунктов. Зона, перспективная для теплоснабжения распространена практически по всей территории исследования. В этой зоне расположены населенные пункты Колпашево, Каргасок, Парабель, Средний Васюган, Подгорное и др. Основные зоны, перспективные для выработки электроэнергии сконцентрированы на западе Томской области в районе сел Александровское, Новый Тевриз, Новый Васюган. Также температурные очаги (> 80 °С) были выявлены в центральной части области в окрестностях Толпарово, Усть-Чижайка, Нарым, Белый Яр.

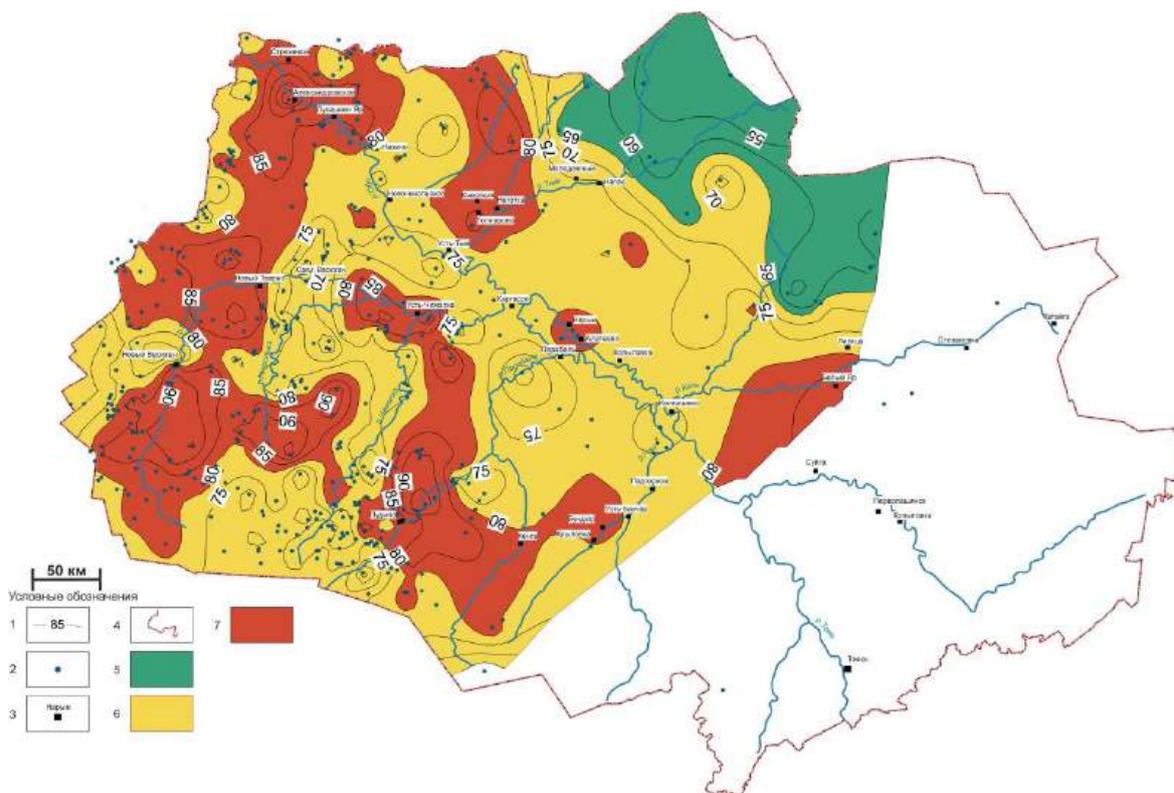


Рис. Карта зонирования термальных вод валанжинского водоносного комплекса: 1 – изотермы подошвы тарской свиты; 2 – скважина палеотемпературного моделирования; 3 – населённые пункты; 4 – административная граница Томской области; 5 – зона, перспективная для горячего водоснабжения; 6 – зона, перспективная для теплоснабжения; 7 – зона, перспективная для выработки электроэнергии.

Заключение

Таким образом, применяемая методика определения геотемператур позволяет строить детализированные карты для прогноза высокотемпературных зон в любом водоносном горизонте.

По результатам анализа геотемпературной карты валанжинского водоносного комплекса можно сделать вывод о том, что он перспективен для теплоснабжения и выработки электроэнергии.

Литература

1. Картирование теплового потока Западной Сибири (юго-восток) [Текст] / В. И. Исаев, Д. С. Крутенко, Г. А. Лобова, Е. Н. Осипова, В. И. Старостенко // Геофизический журнал. – 2021. – Т. 43. – № 6. – С. 173–195.
2. Мищенко, М. В. Термальные воды меловых отложений юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна: распространение, использование, прогнозы [Текст]: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / Мищенко Мария Валериевна. – Томск, 2013. – 23 с.
3. Назаров, А. Д. Нефтегазовая гидрогеохимия юго-восточной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [Текст] / А. Д. Назаров. – М.: Идея-Пресс, 2004. – 285 с.
4. Пенджиев, А. М. Экоэнергетические ресурсы геотермальной энергии в странах содружества независимых государств [Текст] / А. М. Пенджиев // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – №. 4–2(124). – С. 32–51.

ПАЛЕОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗРЕЗА КАТАВСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ В РАЙОНЕ С. ИНЗЕР (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Парфирьев Н.П.

**Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
г. Уфа, Россия**

Благодаря качественному магнитному сигналу и наличию запечатленного в верхней части разреза большого количества инверсий магнитного поля, катавская свита позднего рифея (~ 800-900 млн. лет) может стать надежным палеомагнитным репером в неопротерозойской истории Земли.

Исследование катавской свиты ведется уже не первый год, начавшееся в 1970-х гг. с работ Комиссаровой Р.А. и Данукалова Н.Ф. [1, 3] оно продолжилось в 1990-х [9] и 2000-х [4, 5], в последние 5 лет изучением свиты занимаются сотрудники лаборатории геофизики ИГ УФИЦ РАН [6, 7, 11], но несмотря на немалое количество работ посвященных данной теме, в том числе и последних лет, нет однозначного мнения

о природе намагниченности в катавских известняках. Ряд таких аргументов, как: положительный тест складки, закономерный тренд смещения палеомагнитных наклонений от низов катавской свиты к низам вышележащей инзерской свиты, наличие направлений прямой и обратной полярности свидетельствовали в пользу первичности высокотемпературной компоненты (ВТК) намагниченности. Однако близость направления этой намагниченности к направлению верхнекаменноугольно-пермского геомагнитного поля в регионе [8], то есть поля именно того времени, когда на Южном Урале происходили интенсивные тектонические деформации и перемагничивание пород было наиболее вероятным, предполагало метахронность (вторичность) ВТК намагниченности. В 2023 году вышла работа, посвященная прямому палеомагнитному тесту конгломератов [7], выполнение которого было бы однозначным аргументом в пользу синхронности намагниченности образованию пород, однако результат получился неоднозначным, требующим дополнительного подтверждения и точка в вопросе первичности ВТК намагниченности в катавских известняках еще не поставлена.

В связи с вышеперечисленным для продолжения исследований требовалось найти новые обнажения пород катавской свиты. Одно из таких обнажений было опробовано нами вдоль железной дороги между д. Реветь и с. Инзер. В результате рекогносцировочного отбора была сформирована коллекция палеомагнитных образцов в количестве 32 штук, два образца имели аномальные направления и в осреднении не участвовали.

Образцы были подвергнуты ступенчатой температурной чистке от 200 до 700°C в немагнитной печи TD-48, остаточная намагниченность измерялась на спин-магнитометре JR-6, компонентный анализ выполнен с помощью пакета программ Р.Дж. Энкина [10] и PMTools [2].

Основным носителем ВТК намагниченности является гематит, но в нескольких образцах выделяется только магнетитовая компонента. На стереограмме направления группируются в характерных для катавской свиты северо-восточном и юго-западном секторах, что предполагает, в случае полноценного отбора, проведение теста обращения, свидетельствующего в пользу первичности ВТК намагниченности (рис. 1а).

Для получения среднего палеомагнитного направления в разрезе юго-западные вектора были антиподированы к северо-восточным (рис. 1б). Полученное среднее направление в целом соответствует катавскому, но смещено относительно ранее изученных разрезов ~ на 10-15 ° по склонению (табл.). Подобное смещение склонения в породах катавской свиты в районе п. Инзер было отмечено ранее в работе В.Э. Павлова и М.Т. Крупенина [5]. Полученные нами данные подтверждают их вывод о возможном вращении блоков в окрестностях с. Инзер относительно своего первоначального положения.

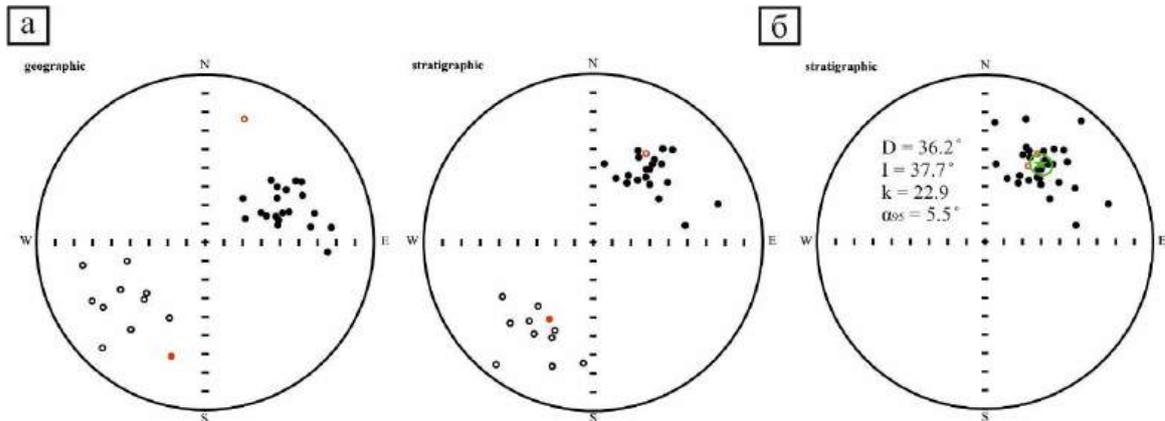


Рис. 1. а) распределение палеомагнитных направлений в географической и стратиграфической системах координат; б) осредненные палеомагнитные направления в стратиграфической системе координат

Таблица

Средние палеомагнитные направления изученных разрезов катавской свиты

Изученный разрез	n	Географическая система координат				Стратиграфическая система координат			
		Dg	Ig	k	α_{95}	Ds	Is	k	α_{95}
Юрюзань	70	32.9	20.7	33.0	3.0	52.2	33.5	38.1	2.8
Галиакберово	13	34.6	29.5	54.2	5.7	44.8	22.9	42.1	6.5
Инзер	4	61.4	39.8	21.8	5.7	36.2	37.7	22.9	5.5

В изученном обнажении обнаружено несколько зон инверсий, т.к. отбор являлся пробным и не систематичным, инверсии зафиксированы только по одной точке, помимо самого верха разреза, где происходит полноценная инверсия магнитного поля. Переходных зон, на данном этапе работы, не обнаружено. Но наличие «форшоков» и полноценной смены полярности обуславливают перспективность дальнейшего, более детального изучения обнажения (рис. 2).

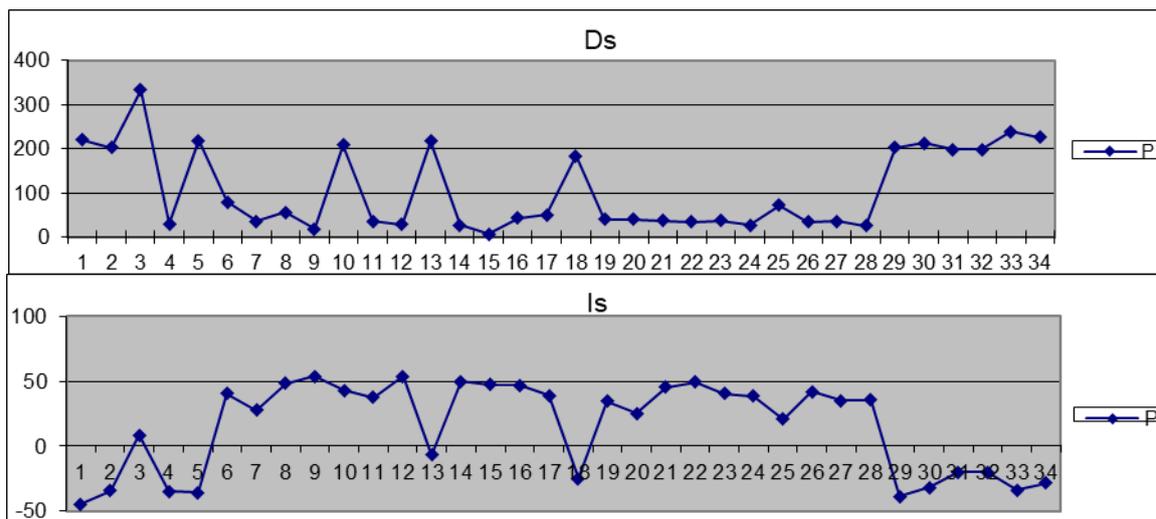


Рис. 2. Графики распределения склонения (D_s) и наклонения (I_s) в древней системе координат

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ, проект № 23-27-00018, <https://rscf.ru/project/23-27-00018/>.

Литература

1. Данукалов, Н. Ф. Палеомагнетизм рифея и венда Южного Урала [Текст] / Н. Ф. Данукалов, Р. А. Комиссарова, П. Н. Михайлов // Стратотип рифея. Палеонтология. Палеомагнетизм: труды ГИН АН СССР / отв. ред. Б.М. Келлер. – М.: Наука, 1982. – Вып. 368. – С. 121–161.
2. Ефремов, И. В. PMTools: новое программное обеспечение для анализа палеомагнитных данных [Текст] / И. В. Ефремов, Р. В. Веселовский // Физика Земли. – 2023. – № 5. – С. 150–158. – URL: <https://doi.org/10.31857/S0002333723050022>.
3. Комиссарова, Р. А. Исследование древней намагниченности некоторых осадочных пород Южного Урала в связи с проблемой метакристаллического перемангничивания [Текст]: дис. ...канд. физ.-мат. наук / Р. А. Комиссарова. – М.: ИФЗ РАН СССР, 1970. – 140 с.
4. Павлов, В. Э. Известняки катавской свиты: уникальный пример перемангничивания или идеальный регистратор неопротерозойского геомагнитного поля? [Текст] / В. Э. Павлов, И. Галле // Физика Земли. – 2009. – № 1. – С. 33–43.
5. Павлов, В. Э. Новые палеомагнитные данные по катавской свите: к вопросу о блоковом строении Башкирского антиклинария [Текст] / В. Э. Павлов, М. Т. Крупенин // Труды Южно-Уральского государственного природного заповедника. – 2008. – Т. 1. – С. 178–182.
6. Палеомагнитное изучение красноцветных пород верхнего рифея Южного Урала [Текст] / К. Н. Данукалов, И. В. Голованова, Р. Ю. Сальманова, Н. П. Парфирьев // Геологический вестник. – 2020. – Вып. 3. – С. 47–54. – URL: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2020-3-3>.
7. Первые результаты теста внутриформационных конгломератов в катавской свите позднего рифея (Южный Урал) [Текст] / Н. П. Парфирьев, К. Н. Данукалов, И. В. Голованова, С. А. Дьякова // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естествозн. науки. – 2023. – Т. 165. – Кн. 4. – С. 550–562. – URL: <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2023.4.550-562>.
8. Пучков, В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении) [Текст] / В. Н. Пучков. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.
9. Шипунов, С. В. Палеомагнетизм катавской свиты, Южный Урал [Текст] / С. В. Шипунов // Физика Земли. – 1991. – № 5. – С. 38–50.
10. Enkin, R. J. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data [Text] / R. J. Enkin. – Sidney, V.C.: Pac. Geosci. Cent., Geol. Surv. Can., 1994. – 16 p.
11. Magnetic field hyperactivity during the early Neoproterozoic: A paleomagnetic and cyclostratigraphic study of the Katav Formation, southern Urals, Russia [Text] / I. V. Golovanova, K. N. Danukalov, R. Yu. Salmanova, N. M. Levashova, N. P. Parfiriev, N. D. Sergeeva, J. G. Meert // Geosci. Front. – 2023. – V. 14(4). Art. 101558. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101558>.

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ТРЕХОСНОМ ИСПЫТАНИИ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

Сердюк И.М.^{1,2}, Райко К.А.^{1,2}

Научный руководитель С.В. Сердюков¹

¹Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

Основными параметрами, регистрируемыми при моделировании разрушения рыхлых пород, являются (осевое) эффективное сжатие цилиндрического образца, его боковое обжатие, девиатор напряжений, поровое давление, вертикальная (осевая) и объемная деформация [1, 2]. Указанных параметров достаточно для контроля

процесса накопления упругой энергии деформации породного образца. Для оценки влияния нелинейных процессов при разрушении пород дополнительно используют тепловой и акустический мониторинг. Акустическая эмиссия (АЭ) возникает вследствие динамической локальной перестройки структуры среды [4], образования и накопления в деформируемом образце дислокаций, его разрушения. Наличие связей между параметрами источников акустического излучения и характеристиками генерируемых ими сигналов является основой для использования АЭ при неразрушающем контроле сред [3]. Для регистрации и обработки сигналов акустической эмиссии существуют несколько подходов. Это наблюдение полной волновой формы акустических колебаний в широком диапазоне частот, метод подсчета всплесков излучения (импульсов), превышающих заданный амплитудный порог, параллельный анализ – метод регистрации интегральных характеристик (например, средней мощности) излучения в заданных частотных диапазонах, с усреднением по временным отрезкам. Для мониторинга энергии акустического излучения при моделировании разрушения образцов рыхлых пород нами был выбран последний подход ввиду того, что объем регистрируемой и обрабатываемой информации на порядок ниже, чем при изучении полной волновой формы сигнала. Данная работа посвящена разработке технических средств исследования АЭ при испытании дисперсных грунтов методом трехосного сжатия.

Программно-аппаратный комплекс. Испытания дисперсных грунтов методом трехосного сжатия в институте горного дела СО РАН проводят на установке НПП Геотек ГТ 1.3.5, для исследования АЭ в ходе проведения работ был разработан дополнительный блок, который включает в себя акустические пьезокерамические преобразователи, датчик силы и датчик линейных перемещений. В основе регистрирующей аппаратуры лежит кейт и 16-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с быстродействием до 1.25 миллионов отсчетов в секунду производства National Instruments. С учетом 4-х задействованных каналов, это позволяет довести частоту дискретизации данных до 310 кГц, что соответствует полосе пропускания сигналов 0-155 кГц. Этого достаточно, чтобы перекрыть частотный диапазон измерений используемых акустических преобразователей. Управление системой сбора данных выполняет виртуальный прибор, созданный в программной среде LabView, на рисунке 1 показан основной функционал этого прибора.

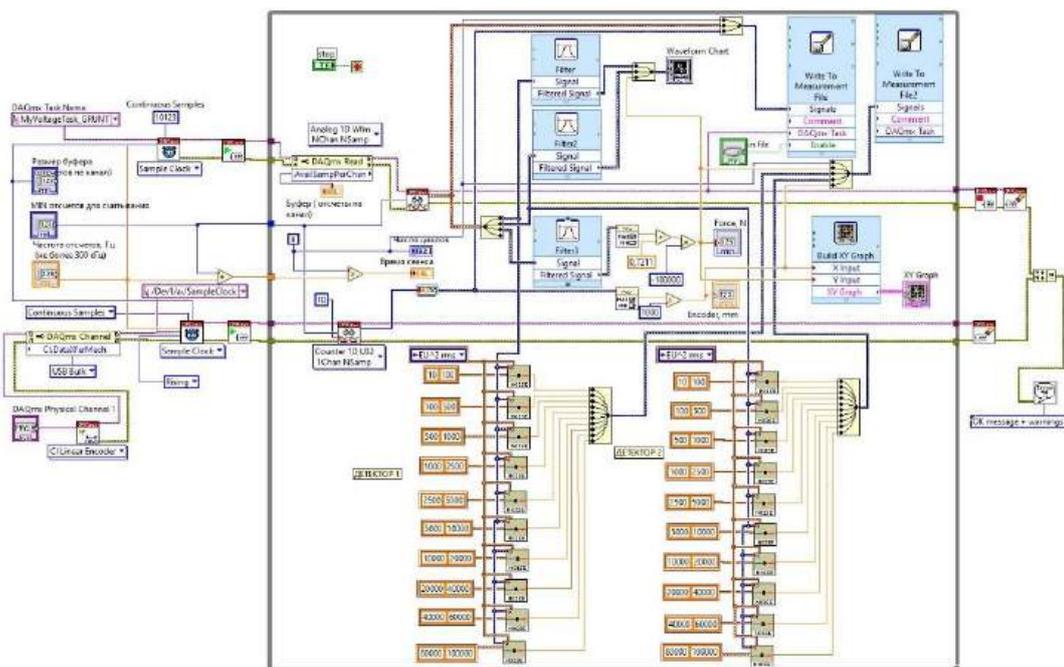


Рис. 1. G-код виртуального прибора системы регистрации сигналов дополнительного блока датчиков

Для реализации подхода по изучению АЭ была произведена разбивка каждого акустического канала на 10 параллельно соединённых виртуальных суб-приборов, которые на входе получают общую мощность входного сигнала в пределах заданного диапазона частот. После чего происходит оценка текущей плотности энергии акустического излучения в точке приема по зарегистрированным данным, однако для общей оценки энергии АЭ необходимо суммировать полученные плотности по частотным полосам и интегрировать по времени длительности акустического процесса.

Экспериментальные исследования. Для апробации полученного комплекса были проведены серии экспериментальных работ по моделированию разрушению дисперсных грунтов. Работы проводились на просеянном речном песке мелкой, средней и крупной фракции. Объем дисперсного грунта формировался в цилиндрический образец диаметром 50 мм и высотой 100 мм. Эксперименты проводились с боковым обжатием образца 10, 100 и 500 кПа при постоянной скорости нагрузки 1 мм/мин. Результатами проведенных исследований являются графики зависимостей мощности, выделяемой АЭ, от прилагаемых нагрузок. На рисунке 2 показан график мощности акустического излучения со стадиями деформирования образца при боковом обжатии 100 кПа.

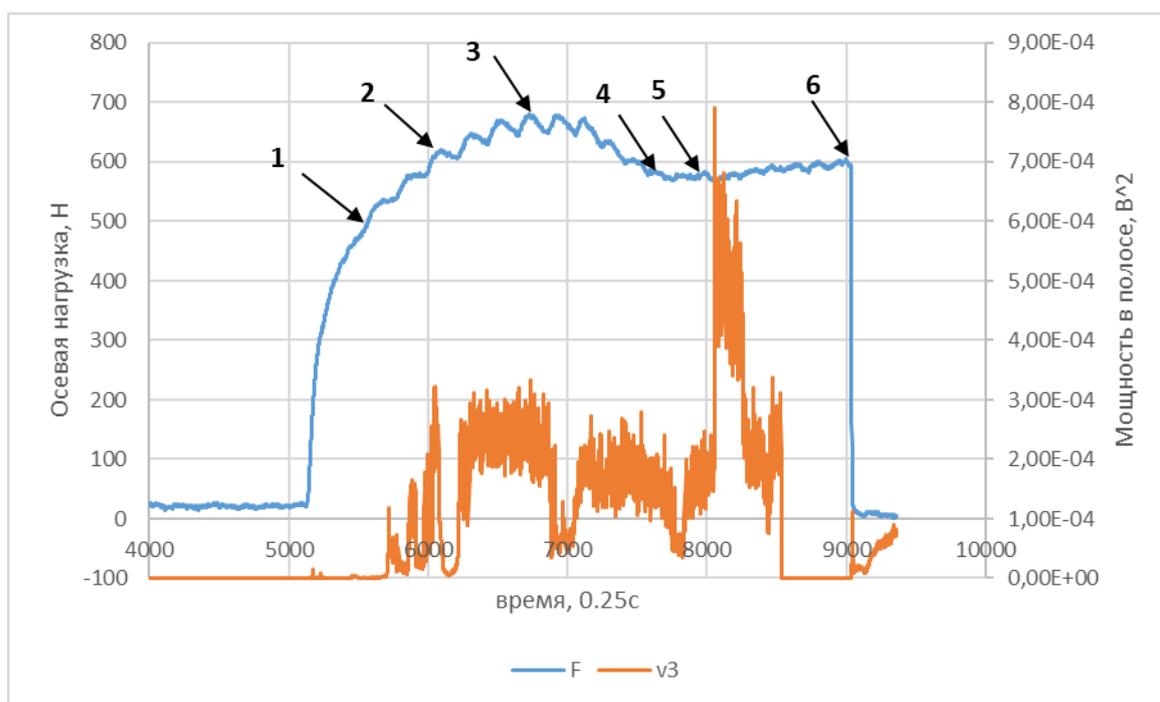


Рис. 2. Временные графики изменения осевой нагрузки образца и мощности вертикальной компоненты акустического сигнала в частотной полосе [500; 1000] Гц

На графике отчетливо заметно, что для первой стадии нагружения характерно отсутствие акустической эмиссии, на второй стадии появляются всплески АЭ, что говорит об возникновении разрывных нарушений среды. Для отдельных стадий нагрузки характерна непрерывная мощность акустического излучения. Завершение нагружения связано с резким снижением АЭ, что дает нам возможность при интерпретации полученных данных выделять стадийность нагрузки не только по изучению особенностей деформационной кривой, но и по акустическому излучению.

Выводы. Были разработаны аппаратно-программный комплекс и методика мониторинга энергии акустического излучения при моделировании разрушения рыхлых горных пород. В ходе проведения тестовых экспериментов была установлена взаимосвязь между нагружением образца и регистрируемой мощностью АЭ. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение АЭ при различных состояниях дисперсных грунтов.

Литература

1. ГОСТ 12248–2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – М.: Стандартинформ, 2012. – 78 с.
2. ГОСТ 12248.3–2020. Грунты. Определение характеристик прочности и деформируемости методом трехосного сжатия. – М.: Стандартинформ, 2020. – 29 с.
3. Методы акустического контроля металлов / Н. П. Алешин, В. Е. Белый, А. Х. Вopilкин [и др.]; Под ред. Н. П. Алешина. – М.: Машиностроение, 1989. – 455 с.
4. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев [и др.]; Под ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.

О ПОЛИМОДАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОРИСТОСТИ В ТЕРРИГЕННЫХ ПЛАСТАХ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТА АВ₁₋₂ САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Слоквенко В.

Научный руководитель профессор И.А. Мельник

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Модой в распределении величин называют значение, которое встречается наиболее часто. В зависимости от числа мод распределение называют одномодальным, бимодальным или полимодальным. Для анализа полимодальных распределений характеристик И. А. Мельником была разработана теория состояний процессов, элементы которой подробно изложены в статье [2]. Данной теорией вводятся определенные основные понятия, необходимые к рассмотрению. Под состоянием процесса преобразования системы под действием внешних влияний понимаются устойчивые, неизменные во времени, периоды изменения внутренних элементов системы и внешнего влияния. Пропорциональное состояние процесса подразумевает пропорциональное изменение интенсивности преобразования системы при изменении лишь одного параметра в изменяющейся

системе, например, периода изменения внутренних элементов системы, а непропорциональное, в свою очередь, подразумевает изменение как периода преобразования внутренних элементов, так и периода внешнего влияния. При стабильном состоянии процесса преобразования распределение погрешностей его параметров сохраняется постоянным во времени или пространстве. При мобильном состоянии процесса нарушается постоянство распределения погрешностей и процесс может реализоваться лишь при пропорциональности изменения. Таким образом, выделяется три основных состояния: пропорционально-стабильное (ПС), непропорционально-стабильное (НС) и пропорционально-мобильное (ПМ), а также два промежуточных: НС* и ПМ*. Путем расчета унифицированных по первой моде математических ожиданий всех мод можно определить состояние процесса, соответствующее каждой из мод. Теорией подразумевается выбор основных факторов влияния – доминирующего и альтернативного, рационально наиболее тесно связанных с изучаемой характеристикой. Каждое из состояний процесса имеет определенную связь с влиянием доминирующего и альтернативного факторов. Каждая мода полимодального распределения уникальна и отражает принципы преобразования. Исследуя распределения тех или иных маркеров процесса, мы можем определить процессы преобразования и их условия. Описание каждого из состояний процесса, а также соответствующие им теоретические математические ожидания приведены в таблице.

Таблица

Математические ожидания и углы унифицированных дискретных состояний статистических распределений интенсивностей процессов преобразования систем [2]

Состояния	Математические ожидания, (μ) усл. ед.	Описание принципа состояния процесса
ПС	0,382	Начальное равновесное состояние процесса
ПМ*	0,392	Уменьшение времени воздействия внешнего доминирующего фактора либо увеличение времени преобразования внутренней системы относительно равновесного состояния процесса
ПМ	0,403	Уменьшение времени течения внешнего фактора либо увеличение времени преобразования внутренней системы под действием доминирующего и альтернативных источников влияния относительно равновесного состояния процесса
НС*	0,418	Уменьшение времени воздействия внешнего доминирующего фактора и пропорциональное увеличение времени преобразования внутренней системы относительно равновесного состояния процесса
НС	0,43	Уменьшение времени воздействия внешнего фактора и пропорциональное увеличение времени преобразования внутренней системы включительно под действием доминирующего и альтернативного источников влияния относительно равновесного состояния процесса

В ходе анализа коэффициента пористости пласта АВ₁¹⁻² было получено его полимодальное распределение. Для анализа использовались результаты интерпретации ГИС, а также непосредственно каротажные диаграммы с 11 скважин месторождения, в которых имелась информация по данному пласту. Для анализа использовались только пропластки, насыщенные флюидом. Всего было проанализировано 120 флюидонасыщенных пропластков. Поскольку исследуется латеральное распределение пористости, доминирующими факторами могут являться либо определенная особенность обстановки осадконакопления, либо вторичные геохимические процессы, влияющие на пористость. Гипотеза о влиянии вторичных процессов была отвергнута, поскольку не было обнаружено корреляций между модами и интенсивностями вторичных процессов. Соответственно, в качестве доминирующего фактора была выбрана литолого-фациальная изменчивость. Анализ основывался на сопоставлении исходной фациальной и седиментологической информации с базовыми принципами состояний процессов по методу И. А. Мельника.

Пласт-коллектор АВ₁¹⁻² был сформирован в сложной фациальной обстановке. Формирование пласта приурочено к началу трансгрессии моря. Территория месторождения в этот момент представляла собой авандельтовую равнину. Фации представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и глин в различном соотношении, сформированных в условиях от относительно глубоководных, в дистальной части продельтового склона, до прибрежных, в проксимальной части фронта дельты. Формирование отложений осложнялось климатическими влияниями, вызывавшими паводки, в свою очередь влияющие на привнос осадочного материала, а также на проградацию рукавов дельты и изменение ее морфологии, меняющуюся от лопастной до ассиметричной в зависимости от преобладания речных или морских процессов [1].

На основании того, что основные породы-коллекторы сложены переслаиванием глинистых и песчаных пород, для последующего анализа распределение было разделено на две части, с повышенной и с пониженной глинистостью, в зависимости от степени заполнения объема породы глинистыми минералами, на основании рассчитанного относительного коэффициента глинистости. Основанием для этого послужило суждение о том, что в глинистых и песчаных коллекторах на формирование пористости влияют различные факторы. Разделенное по глинистости распределение представлено на рисунке.

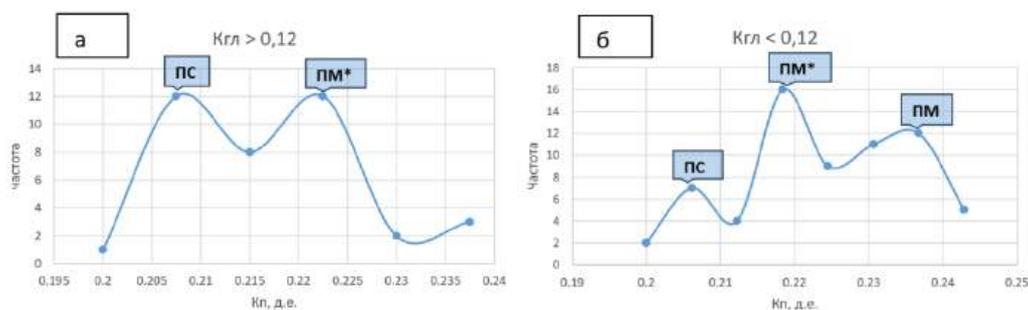


Рис. Разделенные распределения коэффициента пористости с определенными по математическим ожиданиям состояниями: а – с высокой глинистостью; б – с низкой глинистостью.

Для каждого распределения были посчитаны математические ожидания, в соответствии с методикой, подробно описанной в [2]. Породы с относительно высокой глинистостью могут принадлежать к группе фаций продельтового склона, представляющих собой удаленную от источника сноса область с преимущественно низкой энергией моря, где взвесь глинистых частиц испытывает спокойное гравитационное осаждение. Чем дальше область склона от берега моря, тем более спокойное осаждение испытывают глинистые частицы. Тем не менее, при определенных климатических условиях, во время паводков, часть песчаного материала может доноситься до проксимальной части продельтового склона, что подтверждается наличием песчаных линз в породах данной фации [1]. В качестве доминирующего фактора была выбрана степень преобладания глинистого материала над песчаным, определяемая привносом песчаных частиц из области сноса, что отражается на скорости осадконакопления. Фации дистальной части продельты соответствуют состоянию ПС, когда осаждение происходило в спокойной обстановке. В случае попадания песчаного материала в проксимальной части продельтового склона нарушается равновесное состояние, увеличивается скорость осадконакопления и за равный период успевает осесть меньше глинистых частиц. Фации проксимальной части продельты соответствуют состоянию ПМ*

Доминирующим фактором, влияющим на пористость преимущественно песчаных коллекторов в пределах пласта АВ₁¹⁻² является преобладание влияния энергии речных процессов над энергией морских процессов. В качестве альтернативного фактора было выбрано влияние климатических условий, приводящих к паводкам и изменению конфигурации дельты. Мода ПС интерпретируется как слабое, практически отсутствующее влияние речных процессов на формирование пород. Слабоглинистые породы, с пористостью в районе моды ПС относятся к породам фации дистальной части фронта дельты. Формирование пород с пористостью в области моды ПМ* связаны с умеренным увеличением влияния речных процессов, приводящих, во-первых, к привносу более крупных фракций, во-вторых, к увеличению скорости седиментации. Но речной поток не обладал слишком высокой скоростью, благодаря чему сохранялся длительный период переноса осадков и увеличивалась их окатанность. Состояние ПМ подразумевает значительное преобладание речных процессов с одновременным влиянием климатических факторов, приводящих к паводкам и значительному увеличению энергии речного потока, что, в свою очередь, приводило к увеличению доли крупной фракции, а также к нарастанию устьевых баров. Породы состояния ПМ* и ПМ относятся к проксимальной части фронта дельты, но формировались с периодически изменяющимися условиями.

Литература

1. Геологическое моделирование прибрежно-морских отложений (на примере пласта АВ₁ (АВ₁¹⁻²+АВ₁³) Самотлорского месторождения) [Текст] / В. А. Аксарин, М. С. Анохина, И. В. Буякина, М. А. Грищенко, К. Е. Закревский, К. В. Зверев, Д. А. Зундэ, А. И. Кудаманов, А. Г. Кузнецов, А. В. Мальшаков, Н. В. Нассонова, А. В. Хабаров, Л. В. Черновек; под ред. К. Е. Закревского. – Тюмень: Вектор Бук, 2017. – 314 с.
2. Мельник, И. А. Полиmodalность распределения вторичных каолинитов в открытых системах песчаных коллекторов [Текст] / И. А. Мельник // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 8. – С. 17–29.

МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО И КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО ТИПОВ

Федоров В.Г.

Научный руководитель доцент Ю.В. Колмаков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

К одним из основных источников драгоценного металла в России можно отнести золоторудные месторождения медно-порфирового типа на Дальнем Востоке в пределах Приамурской вулканогенно-плутонической зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы (яркие представители – месторождение Малмыжское и Понийский

участок) и месторождения золото-сульфидно-кварцевого типа в Красноярском крае (месторождения Енисейского кряжа, одно из них - Благодатное).

При детальном изучении образцов кварцевых диорит-порфиров с Понийского участка, включающего в себя Ольховое, Грибное, Борхи Тонкая и Медное рудопроявления, к которым приурочено золото-медное оруденение, была отмечена прожилковая магнетитовая минерализация, интенсивность которой нарастала в связи с дорудными карбонат-альбит-слюдистыми метасоматитами.

Условно (благодаря детальному анализу данных ГИС), в пределах участков развития этих метасоматитов было выделено две зоны: тыловая – с преимущественным развитием альбитовой минерализации и характерными для нее неоднородными значениями магнитной восприимчивости (от первых десятков до 30 000 ед СИ*10⁻⁵) и сравнительно повышенными значениями МЭД (8–12 мкР/ч), и фронтальная зона с повышенным содержанием магнетита и, соответственно, ураганными значениями магнитной восприимчивости, но пониженными значениями МЭД (а именно 6–8 мкР/ч).

Породы фронтальной зоны, обладают особенно высокой магнитной восприимчивостью до 80000 *10⁻⁵ ед. СИ, что позволило успешно их выявить в телах кварцевых диорит-порфиров по наиболее высоким магнитным аномалиям (до 900 нТл). Рудные тела в большей мере тяготеют к наиболее магнитным участкам фронтальных зон карбонат-альбит-слюдистых метасоматитов.

Развитие более поздней пирит-халькопиритовой минерализации с золотом по кварцевым диорит-порфирам и по магнетитовым карбонат-альбит-слюдистым метасоматитам приводило к значительному снижению их магнитной восприимчивости. Это обусловлено замещением магнетита сульфидным парагенезисом. В этой связи рудным интервалам свойственна чрезвычайно высокая неоднородность по магнитной восприимчивости (от первых десятков до ста и более тысяч*10⁻⁵ ед. СИ по КМВ). Также для рудных интервалов характерно обогащение радиоактивными элементами, и создаваемая ими МЭД возрастает до 16–18 мкР/ч [3].

Золото-сульфидные месторождения прожилково-вкрапленного типа проявлены в осадочных и вулканогенно-осадочных породах. Золото в них ассоциировано преимущественно с сульфидами (такими как пирит, пирротин и арсенопирит). Одним из таких месторождений является Благодатное, расположенное в Енисейском кряже Красноярского края.

Здесь амплитуды магнитной аномалии от рудной зоны последовательно меняются от 500 до 80 нТл на фоне немагнитных вмещающих пород. Участок с наиболее высокоамплитудной аномалией ее северо-западного фланга непосредственно граничит с безаномальным участком в северной части. Магнитная неоднородность прослеживается и на глубинных горизонтах месторождения. В направлении падения рудных тел наблюдается увеличение магнитной восприимчивости пород. Золотая минерализация сконцентрирована в рудах с аномальной магнитной восприимчивостью, но не в самых магнитных [2].

Для более глубокого понимания природы магнитной неоднородности минерализованной зоны были изучены состав и распределение пирит-пирротинового парагенезиса.

На месторождении встречены моноклинные и гексагональные пирротины (их распределение представлено на рисунке ниже). Гексагональные пирротины не магнитные, моноклинные – магнитные. Магнитная восприимчивость моноклинного пирротина изменяется в пределах от 0,13 до 1,3 ед. СИ. Максимальное значение соответствует стехиометрически чистому моноклинному пирротину Fe₇S₈ [1].

Область на графике «Fe₇S₈+FeS₂» рассматривается как твердый раствор стехиометрически чистого моноклинного пирротина с пиритом, соответственно увеличение количества пирита приводит к снижению магнитной восприимчивости пирротина.

Также в рудной зоне исследованы связи между магнитной восприимчивостью пирит-пирротинового парагенезиса и вариациями химического состава пирита.

Стехиометрическое отношение серы к железу рассматривалось как качественный показатель температуры: чем больше это отношение, тем ниже температура раствора и выше активность сульфидной серы. Температура является важнейшим фактором равновесия фаз в пирит-пирротинном парагенезисе. Повышение отношения серы к железу в пирите напрямую связано с нарастанием его доли в пирит-пирротинном парагенезисе, что приводит к снижению магнитной восприимчивости пирротина.

Закономерное нарастание магнитной восприимчивости руд и околорудных пород и снижение стехиометрического отношения серы к железу в пирите наблюдается и по падению рудных тел по всей рудоносной зоне.

По мере снижения активности сульфидной серы с ростом температуры и в составе самого пирротина сокращалась доля пирита, и он приближался к стехиометрически «чистому» моноклинному пирротину Fe₇S₈ – своей максимально магнитной фазе. Там, где достигалась самая высокая температура, кристаллизовался немагнитный гексагональный пирротин, что объясняет резкий переход наиболее магнитного участка к немагнитному.

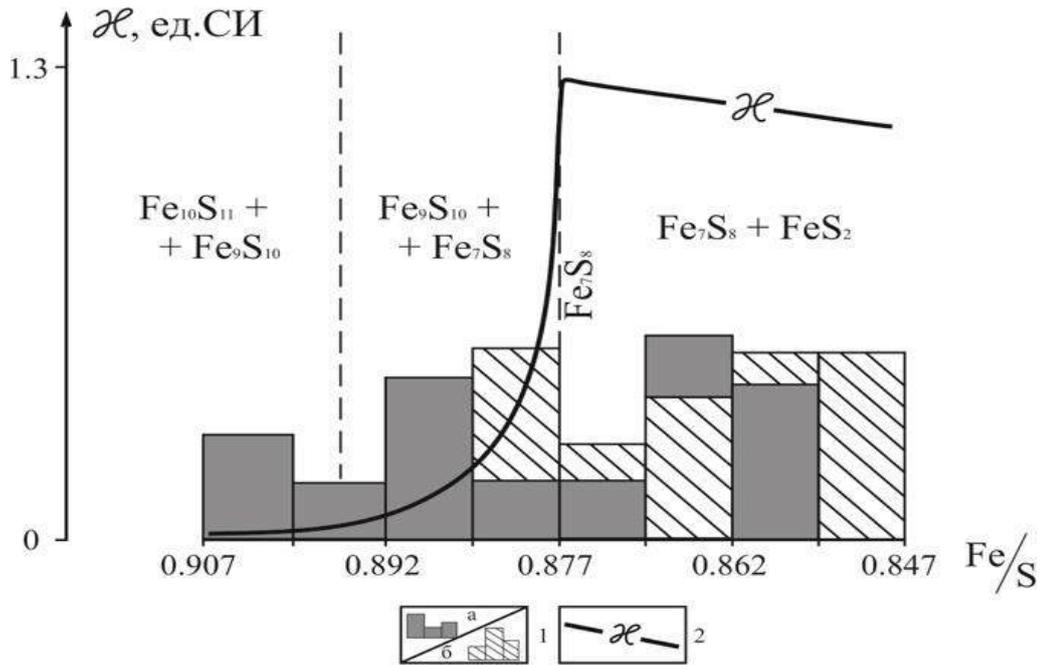


Рис. Химический состав пирротинов рудных тел месторождения Благодатное, фазовые отношения в системе Fe-S и магнитная восприимчивость природных пирротинов: 1 – пирротины северного (а) и южного (б) рудных тел; 2 – схематический график магнитной восприимчивости пирротинов [1].

Концентрирование золота же в слабомагнитных рудах вызвано массовым связыванием сульфидной серы в пирите при их формировании, дестабилизацией комплексных соединений и выпадению золота в металлической форме [1].

Таким образом, на примере крупных месторождений двух распространенных типов (медно-порфировый и золото-сульфидный) показана закономерная локализация рудного золота в минерализованных блоках с зональным распределением ферромагнетиков, проявленным в магнитном поле.

Литература

1. Колмаков, Ю. В. Пирротиновая минерализация золоторудных месторождений Енисейского кряжа: состав, свойства и проявление в магнитном поле [Текст] / Ю. В. Колмаков, А. Ф. Лазарев, В. Г. Федоров // Годичное собрание РМО «Минералого-геохимические исследования для решения проблем петро- и рудогенеза, выявления новых видов минерального сырья и их рационального использования. Федоровская сессия 2023: Сборник научных материалов. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 124–125.
2. Колмаков, Ю. В. Реконструкция петрофизической зональности золоторудного месторождения Благодатное в Енисейском кряже: геодинамический и физико-химический аспекты [Текст] / Ю. В. Колмаков, А. М. Сазонов // Литосфера. – 2022. – Т. 22. – № 5. – С. 667–693.
3. Федоров, В. Г. Геофизические признаки оруденения золото-медно-порфирового типа на Понийском участке Приамурской вулcano-плутонической зоны (Хабаровский Край) [Текст] / В. Г. Федоров // XXIV Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2023 – С. 256–260.

ВЫПОЛНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ПОИСКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ВОСТОЧНОЙ БУРЯТИИ)

Шойхонова Т.С., Шкиря М.С., Лазурченко А.В.

Научный руководитель А.Ю. Давыденко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Одним из основных источников водоснабжения являются подземные воды, представляющие собой ценный естественный ресурс. Особый интерес вызывают талики, связанные с разломными зонами, из-за наличия постоянного источника питания в виде теплового потока, который поступает из недр земли [5]. Геофизические методы широко применяются при поиске подземных вод, среди них одним из наиболее применяемых является электротомография. Метод электротомографии является подходящим инструментом для исследования распределения удельного сопротивления незамерзших отложений, а также для изучения и определения положения вечной мерзлоты. Однако, перед проведением геофизических работ требуется обоснование применения выбранного метода при решении поставленных задач на участке работ. Связь между

геофизическими данными и свойствами недр Земли обеспечивается процессами моделирования, то есть решением прямых и обратных задач. Целью данного исследования являлась оценка возможности применения метода электротомографии на поиск подземных вод с учетом осложняющих факторов в виде многолетнемерзлых пород, таликов и разломной зоны путем численного моделирования.

Для начальной модели использовалась геологическая информация по Еравнинской площади [4] и результаты поисково-оценочных гидрогеологических работ, выполненных в 2020 г. в долине реки Заза в республике Бурятия. Участок исследования расположен в Зазинской межгорной впадине. В геологическом строении территории принимают участие пермские, юрские и меловые отложения, перекрытые образованиями неоплейстоцена и голоцена. В гидрогеологическом отношении поисковая площадь входит в состав Зазинского артезианского бассейна. Гидрогеологические условия бассейна довольно сложные, особенности их формирования связаны с наличием мощной толщи мезозойских отложений в Зазинской впадине, повсеместным распространением ММП, широким развитием разрывных нарушений и тектонически ослабленных зон. Питание подмерзлотных вод происходит в основном за счет регионального стока из кристаллических пород горного оформления и, частично, по таликам, приуроченным к разрывным нарушениям.

Численное моделирование выполнялось в программном обеспечении ZondRes2D [3]. Расчеты проводились для двух типов электроразведочных установок: совмещенной прямой и обратной трехэлектродной и установки Шлюмберже. В параметрах геометрии установки задавались: количество электродов, равное 64, и сдвиг электроразведочной косы на 32 электрода. Шаг между пикетами был равен 5 и 10 м, и число сдвигов, равное 10 или 4 в зависимости от шага. Инверсия для комбинации прямой и обратной трехэлектродной установки с шагом 5 м выполнялась до глубины 150 м и для шага 10 м – до глубины 200 м. Глубинность инверсии при установке Шлюмберже с шагом 5 и 10 м составила 105 и 165 м соответственно.

На первом этапе решения прямых задач электроразведки были составлены две упрощенные геоэлектрические модели. За основу формирования упрощенных моделей был взят опорный геологический профиль и результаты ранее проведенных работ на Еравнинской площади. Модели состоят из двух слоев: первый слой – меловые отложения, сложенные переслаиванием аргиллитов и алевролитов со значениями сопротивления 200 Ом·м, и второй слой – перекрывающие их породы четвертичной системы, представленные гравийно-галечными отложениями со значениями сопротивления 1000 Ом·м (рис.).

Модель А осложнена сплошными многолетнемерзлыми породами (ММП), которые делятся на два температурных режима: низкотемпературная мерзлота (температура которой близка к $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ с сопротивлением 1500 Ом·м) и высокотемпературная (температура которой близка к $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ с сопротивлением 800 Ом·м). Модель В осложнена прерывистыми ММП, имеющими значения УЭС 1500 Ом·м.

К факторам, осложняющим модель, относятся: изменение геометрии объектов, в частности мощность таликов, с вариативностью 20–30, 40–50 и 80–90 м; наличие или отсутствие разломной зоны и ее угол наклона; вариативность значений удельного электрического сопротивления многолетнемерзлых пород. Всего применялось три варианта величин значений УЭС в зависимости от температурного режима многолетнемерзлых пород (табл.): вариант № 1 – значения по априорным данным, полученным в результате полевых наблюдений; варианты № 2 и № 3 – теоретически заданные значения для моделирования. Такой широкий диапазон значений сопротивления обусловлен температурой, наличием льда, а также геологической обстановкой [2]. Связь между температурными режимами и значениями УЭС объясняется тем, что для высокотемпературных многолетнемерзлых толщ характерны пониженные значения УЭС, и наоборот [1]. Для данной площади характерны значения $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ для высоких температур и, следовательно, для более низких $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

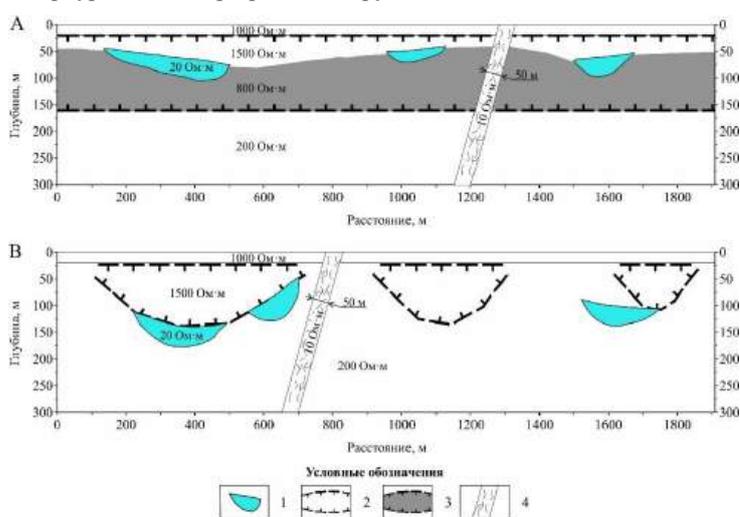


Рис. Геоэлектрические модели со сплошной мерзлотой (А) и с прерывистой мерзлотой (В): 1 – таликовая зона; 2 – высокотемпературные ММП; 3 – низкотемпературные ММП; 4 – разломная зона

Таблица
Значения электрического сопротивления для разных температурных режимов многолетнемерзлых пород

	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3
Значения сопротивления высокотемпературной толщи многолетнемерзлых пород, Ом·м	800	2400	8000
Значения сопротивления низкотемпературной толщи многолетнемерзлых пород, Ом·м	1500	4500	15000

Всего было построено порядка 70 моделей с различными комбинациями параметров сопротивления и осложняющих факторов (например, модель со сплошной мерзлотой, наличием разломной зоны, таликами мощностью 80–90 м и значениями УЭС 2400 и 4500 Ом·м). Среднеквадратическое отклонение между синтетическими данными и данными, полученными по результатам моделирования, для обеих моделей составило 0,5 %. На основе результатов решения прямой задачи электроразведки была выполнена верификация полученных данных путем решения обратной задачи электроразведки и сделаны четыре блока выводов.

По результатам выполненного численного моделирования были сделаны выводы о возможности применения метода электротомографии на поиск подземных вод с учетом осложняющих факторов. Каждый фактор по отдельности был рассмотрен на основе двух упрощенных геоэлектрических моделей. Так, было установлено, что многолетнемерзлая толща не может быть надежно дифференцирована по температурам из-за их малого контраста. По оценке возможности определения наличия таликов, их положения по глубине, а также мощности, был сделан вывод о том, что кровля таликовых зон отбивается надежно при сплошной мерзлоте, в то время как под прерывистой мерзлотой определение их наличия затруднительно. Надежное определение мощности таликов по результатам решения обратной задачи электроразведки не является возможным. Также результаты решения как прямых, так и обратных задач электроразведки показали, что метод электротомографии уверенно определяет наличие разломной зоны, но угол наклона достоверно определить затруднительно. Таким образом, выполненное численное моделирование показало, что для картирования подземных вод в данной геологической обстановке рекомендуется применение метода электротомографии с шагом по профилю 5 м. При необходимости достижения большей глубины исследований межэлектродное расстояние может быть увеличено до 10 м.

Результаты наземных геофизических работ 2020 г. в долине р. Заза подтвердили эффективность применения электротомографических исследований прямой трехэлектродной установкой с шагом между электродами 5 м на поиск подземных вод при наличии осложняющих геологических факторов в виде многолетнемерзлых пород, таликов и разломной зоны. Путем решения одномерной и двумерной обратных задач электроразведки были околонтурены перспективные на водопоявление зоны, характеризующиеся низкими значениями УЭС, которые были успешно заверены буровыми работами.

Литература

1. Ефремова, Д. Н. Двумерная геоэлектрическая модель широтной зональности многолетнемерзлых толщ [Текст] / Д. Н. Ефремова, В. В. Оленченко, А. А. Гороявцева // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 3. – С. 102–107.
2. Об электропроводности многолетнемерзлых горных пород [Текст] / В. Н. Захаренко, Ю. К. Краковецкий, В. П. Парначев, Л. Н. Попов // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 359. – С. 182–187.
3. Официальный сайт ZondRes2d [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zond-geo.com/software/resistivity-imaging-ves/zondres2d/>.
4. Платов, В. С. ГДП-200 листа N-49-XXVIII (Еравнинская площадь) [Текст] / В. С. Платов. – Улан-Удэ: ГИН СО РАН БФ ФБУ «ТФГИ по СФО», 2013. – 460 с.
5. Романовский, Н. Н. Талики в области многолетнемерзлых пород и схема их подразделения [Текст] / Н. Н. Романовский // Вестник Московского университета. Серия геология. – 1972. – № 1. – С. 23–34.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ И ТЕРМОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПУТЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ПЛОТИНУ МЕРЗЛОГО ТИПА

Штейн А.Д.^{1,2}, Оленченко В.В.¹, Овчинникова А.В.³

Научный руководитель доцент В.В. Оленченко¹

¹*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия*

³*ООО «АПРОСА-Спецбурение», г. Мирный, Россия*

Состояние плотин, возведённых на хвостохранилищах промышленных отходов, постоянно контролируется с целью предотвращения аварийных ситуаций и утечек загрязнённых вод. Эффективным методом мониторинга состояния плотин в условиях многолетней мерзлоты также является скважинная термометрия. Однако высокоминерализованные растворы имеют температуру замерзания ниже 0 °С, поэтому установление факта утечек через плотину по нулевой изотерме не всегда отражает масштабы явления. Для повышения однозначности решения геологической задачи необходимо комплексировать термометрию с методом электротомографии (ЭТ), при этом аномалии низкого удельного электрического сопротивления (УЭС) даже при отрицательной температуре пород будут указывать на обводнённые породы.

Цель исследования – выявление зон фильтрации высокоминерализованных техногенных вод из хвостохранилища через плотину мерзлого типа с использованием комплексирования данных ЭТ и скважинной термометрии.

Характеристика объекта

Объект находится недалеко от г. Удачный, Якутия. Ограждающая дамба представляет собой намывную упорную призму из хвостов с пионерной дамбой и дамбами обвалования из полускальных (вскрышных) пород. Пионерная дамба отсыпана из местных полускальных пород. Отметка гребня – 304 м, подошвы – 294 м, высота пионерной дамбы – 10,0 м, ширина по гребню – 17,0 м, заложение откосов – 1:1.1. В основании пионерной дамбы

выполнен зуб шириной по дну 6 м, средней глубиной выемки 1,50 м. Зуб отсыпан каменной наброской из известняка, которая служит приемной и отводящей частью дренажной призмы. Протяженность дамбы по гребню – 4150 м, отметка гребня – 357,5 м, максимальная высота – 63,5 м.

Минерализация растворов в хвостохранилище, вычисленная по удельной электропроводности, достигает 9,9 г/л. При этом УЭС растворов составляет 0,66 Ом·м. При такой минерализации гравитационная вода замерзает при температуре около $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, что в значительной степени определяется солями, содержащимися в воде [1], а в порых горных пород температура замерзания понижается.

Методика полевых работ

Для получения данных методом ЭТ использовалась многоканальная 64-электродная электроразведочная аппаратура «Скала64К15», разработанная ООО «КБ Электрометрии». Шаг между электродами составлял 10 м. Для заземления электродов использовались стальные нержавеющие стержни длиной 30 см. В целях понижения сопротивления заземления и улучшения контакта с грунтом использовался подлив воды и солевого раствора. Наравнение профиля до нужной длины осуществлялось способом «нагоняющей».

При измерениях использовалась симметричная установка Венера-а так как при тестовых измерениях она показала более высокую помехоустойчивость в сравнении с установкой Шлюмберже за счёт большего размера приёмной линии. Для привязки профилей применялись GPS-приёмники «Garmin 64s» и «Garmin 64st», координаты были получены для каждого пикета с точностью измерений ± 3 метра.

Данные термометрии были получены с 15 скважин при использовании термокос серии МЦДТ. Для большей части скважин дата замеров температуры отличается от даты проведения работ ЭТ не более, чем на неделю.

Обработка данных

Первичная обработка данных ЭТ производилась в программе Xeris (рис. 1). Контроль качества съёмки производился путем задания значения минимальной невязки при повторных измерениях для каждой пары приемных и питающих электродов, не превышающего 2% (коэффициент вариаций). Также учитывались только те измерения, которые были получены при входном напряжении больше 1 мВ.

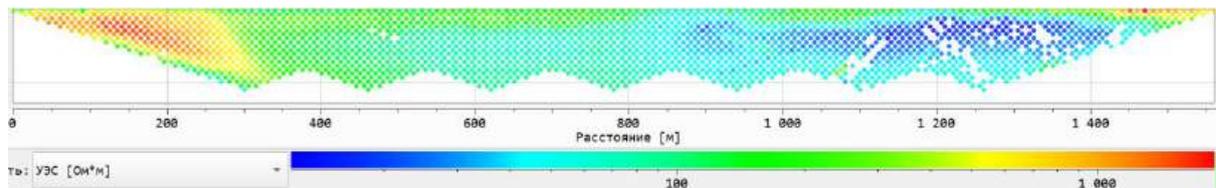


Рис. 1. Разрез кажущегося сопротивления на профиле 1 после первичной обработки.

Для подготовки данных к трёхмерной инверсии использовалась программа Res2dinvx64. Трёхмерная инверсия выполнялась в программе Res3dinvx64 в глобальных координатах сети наблюдения. Это дало возможность учесть кривизну профилей и рельеф.

Визуализация результатов комплексирования двух методов проводилась в программе Voxler.

Результаты

Результаты трёхмерной инверсии представлены в виде объёмной модели распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) на рисунке 2. Аномалия низкого УЭС от талых обводнённых грунтов в теле плотины прослеживается на протяжении почти одного километра. Эта аномалия пониженного УЭС вызвана как отепляющим действием воды в верхнем бьефе, так и отепляющим действием каналов фильтрации через тело плотины.

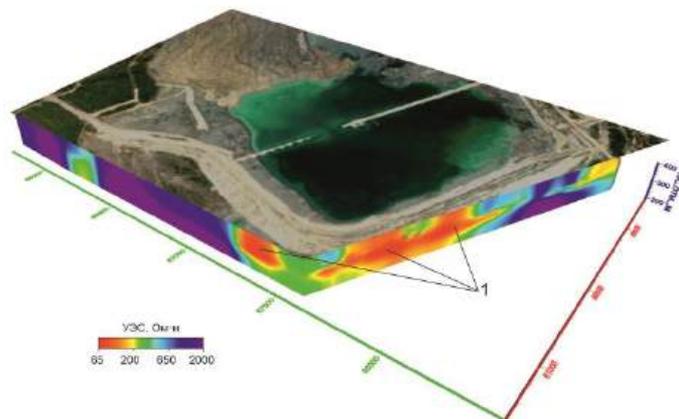


Рис. 2. Модель распределения УЭС. 1 – аномалии низкого УЭС, связанные с обводнёнными грунтами.

При комплексном анализе данных ЭТ и термометрии видно (рис. 3), что в восточной части (рис. 3а) аномалия пониженного УЭС совпадает с положительными температурами ТС-2. В центральной части дамбы (рис. 3а) две скважины (ТС-07, ТС-3) с интервалами положительных температур, по которым можно понять

высоту канала фильтрации и его направление. ТС-8 показывает отрицательные температуры, что совпадает с сужением зоны пониженных УЭС в направлении нижнего бьефа и свидетельствует об отсутствии фильтрации вод в этом месте. На разрезе УЭС поперёк дамбы (рис. 3б) видно, что аномалия пониженного УЭС имеет больший интервал глубин, чем интервал положительных температур. Этот случай как раз отражает ситуацию, когда минерализованные воды замерзают при температуре ниже нуля градусов.

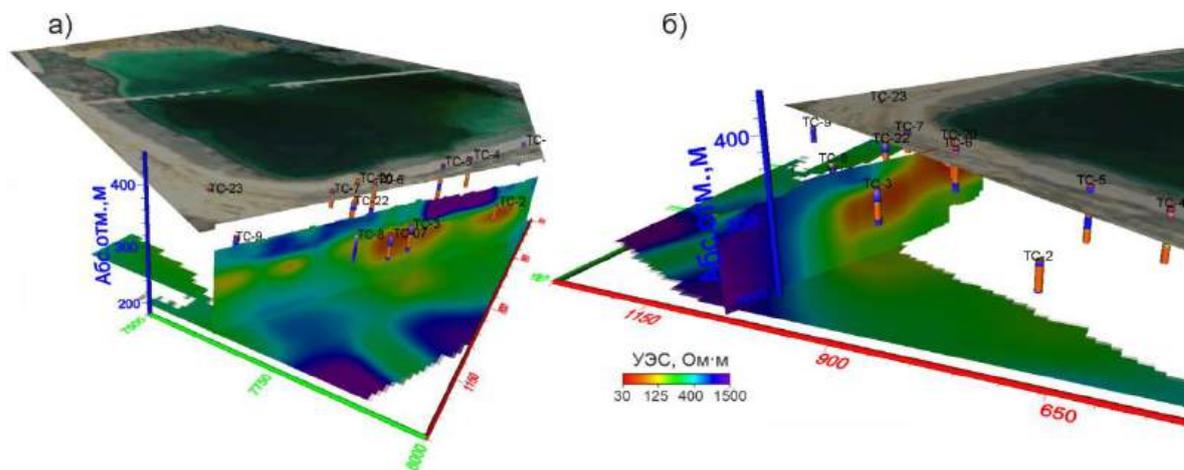


Рис. 3. Вертикальный срез модели распределения УЭС с данными термометрии вдоль (а) и поперёк (б) плотины. На скважинах синим цветом обозначены участки скважин с отрицательной температурой, красным цветом – с положительной температурой

Выводы

При обследовании гидротехнических сооружений в криолитозоне комплексирование данных термометрии и ЭТ позволяет снизить неоднозначность геологической интерпретации и уточнить положение каналов фильтрации минерализованных вод через дамбу или её основание.

Обработка и интерпретация данных выполнена при поддержке проекта Программы фундаментальных научных исследований FWZZ-2022-0024.

Литература

1. Зелинская, Е. В. Теоретические аспекты использования гидроминерального сырья [Текст] / Е. В. Зелинская, Е. Ю. Воронина. – М.: Академия естествознания, 2009. – 118 с.

GEOMAGNETISCHE WIRKUNG DES SHIVELUCH-VULKANAUSBRUCHS IM JAHR 2023 NACH DATEN DER STATIONEN MAGADAN UND PARATUNKA

Riabova S.A.^{1,2}

¹Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau, Russland

²Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau, Russland

Der Vulkan Shiveluch ist der nördlichste aktive Vulkan Kamtschatkas und stellt eine der größten vulkanischen Strukturen auf seinem Territorium dar. Liegt 45 km nordöstlich des Dorfes Klyuchi im nördlichen Teil der zentralen Kamtschatka-Senke, am Schnittpunkt der Inselbögen Kuril-Kamtschatka und Aleuten. Das Vulkangebäude besteht aus drei Hauptelementen: „Old Shiveluch“ (inaktiver Krater), eine alte Caldera und „Young Shiveluch“ (aktiver Krater). Der Durchmesser der Basis der Vulkanstruktur beträgt 40-45 km, die Gesamtfläche beträgt etwa 1300 km². Die Höhe erreicht 3283 m über dem Meeresspiegel (Old Shiveluch) und der höchste Punkt des aktiven Apparats liegt bei 2800 m.

Der Vulkan ist durch zwei Arten von Eruptionen gekennzeichnet: katastrophale, explosionsartige Explosionen und moderate Eruptionen, die mit dem Wachstum einer extrusiven Kuppel einhergehen.

Aufgrund seiner Morphologie und geologischen Struktur gehört Old Shiveluch zu den komplexen Stratovulkanen. Seine Basis besteht aus einer dicken groben klastischen Abfolge im Wesentlichen andesitischer Zusammensetzung. Der zentrale Teil wird von einer Vielzahl von Tuffsteinen dominiert, und an der Basis des Abschnitts spielen Ablagerungen pyroklastischer Ströme und gerichteter Explosionen eine große Rolle. Young Shiveluch liegt am

Grund der Caldera mit einer Verschiebung zum nordwestlichen Rand. Es besteht aus verschmolzenen andesitischen extrusiven Kuppeln und ihren Agglomeratmänteln.

Das Volumen des Vulkangebäudes beträgt zusammen mit seinen Ausläufern etwa 1000 km³, das Volumen der außerhalb des Gebäudes transportierten Tephra beträgt etwa 100–200 km³.

Am 10. April 2023 kam es zu einem gewaltigen explosiven Ausbruch des Shiveluch-Vulkans. Während der explosiven Aktivität wurde der größte Teil der Struktur der aktiven Kuppel des Shiveluch-Vulkans zerstört, was zur Bildung eines Kraters mit einem Durchmesser von mehr als 1 km führte. Beachten Sie, dass in den letzten Monaten ein Anstieg der Aktivität des Shiveluch-Vulkans beobachtet wurde – es wurden Lawinen aus dem Lavadom, starke Fumarolenaktivität und ein Temperaturanstieg der thermischen Anomalie im Bereich des Vulkans beobachtet Vulkankuppel.

Laut seismischen Daten der Vulkanstation Kamtschatka wurden am 10. April 2023 von 12:54 bis 21:10 UT seismische Ereignisse aufgezeichnet, die die paroxysmale Phase des Vulkanausbruchs begleiteten [6]. Signifikante Aktivitätsimpulse traten gegen 14:00 und 15:20 UT auf, und dann begann gegen 18:00 UT eine stärkere Phase. Um 17:44, 18:46, 19:14 UT ereigneten sich Oberflächenereignisse, die möglicherweise mit Ascheemissionen bis zu 18500–20000 m ± 4770–5220 m über dem Meeresspiegel und/oder dem Abstieg pyroklastischer Ströme einhergingen.

Im Rahmen dieser Studien verwendeten wir Registrierungsdaten der östlichen Komponente des Erdmagnetfelds, die an den Stationen Paratunka und Magadan relativ nahe am Vulkan Shiveluch des Instituts für kosmophysikalische Forschung und Radiowellenausbreitung des fernöstlichen Zweigs durchgeführt wurden der Russischen Akademie der Wissenschaften. Die nächstgelegene Station „Paratunka“ (52,971 °N; 158,248 °E) liegt 455 km vom Vulkan Shiveluch entfernt, die Station „Magadan“ (60,051 °N; 150,728 °E) liegt 725 km entfernt km.

Wir verwendeten instrumentelle Beobachtungen von Variationen im Erdmagnetfeld mit einer 1-Minuten-Diskretisierung, präsentiert auf der Website des Internationalen INTERMAGNET-Netzwerks [7]. Die Untersuchung von Erdmagnetfeldstörungen mit Magnetometern ermöglicht insbesondere die Identifizierung von Schwankungen des ionosphärischen Stroms in Höhen der unteren Ionosphäre von etwa 100 km (E-Schicht), wo sich die Schicht des ionosphärischen Plasmas mit der höchsten Leitfähigkeit befindet.

Als Hauptmethode zur Untersuchung geomagnetischer Variationen wurde die Wavelet-Analyse gewählt, die insbesondere ihre Wirksamkeit bei der Analyse geomagnetischer Variationen gezeigt hat [1, 5]. Die Wavelet-Analyse ermöglicht es, die zeitlichen Eigenschaften des untersuchten Signals zu identifizieren und Informationen darüber zu erhalten, zu welchem Zeitpunkt bestimmte Komponenten des Signals auftraten [3]. In dieser Arbeit wurde die kontinuierliche Wavelet-Transformation verwendet [6] und das Morlet-Wavelet [2] als Basis-Wavelet. Die Ergebnisse der Wavelet-Transformation werden in Form von Skalogrammen (lokales Energiespektrum) unter Berücksichtigung von „Rand“-Effekten (Einflusskegel) dargestellt [4].

Die Forschung wurde im Rahmen des Staatsauftrags des Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der Wissenschaften und im Rahmen des Staatsauftrags des Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften Nr. 1220329000185-5 „Manifestation natürlicher und menschlicher Prozesse“ durchgeführt. ihren Ursprung in geophysikalischen Feldern.“

Literatur

1. Adhikari, B. Analysis of geomagnetic storms using wavelet transforms [Text] / B. Adhikari, R. Khatiwada, N. P. Chapagain // Journal of Nepal Physical Society. – 2017. – V. 4(1). – P. 119–124.
2. Grossmann, A. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape [Text] / A. Grossmann, J. Morlet // SIAM Journal on Mathematical Analysis. – 1984. – V. 15(4). – P. 723–736.
3. Meyer, Y. Wavelets: Algorithms and applications [Text] / Y. Meyer. – Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1993. – 134 p.
4. Riabova, S. Application of wavelet analysis to the analysis of geomagnetic field variations [Text] / S. Riabova // Journal of Physics Conference Series. – 2018. – V. 1141. – DOI: 10.1088/1742-6596/1141/1/012146.
5. Riabova, S. A. Study of the multifractality of geomagnetic variations at the Belsk Observatory [Text] / S. A. Riabova // Doklady Earth Sciences. – 2022. – V. 507(2). – P. 299–303. – DOI: 10.1134/S1028334X22700489.
6. Torrence, C. A practical guide to wavelet analysis [Text] / C. Torrence, G. P. Compo // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1998. – V. 79. – P. 605–618.
7. Вулканостанция п. Ключи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://volkstat.ru/>.

SCHWANKUNGEN DER KRITISCHEN FREQUENZ DER IONOSPHERISCHEN F2-SCHICHT WÄHREND DES ERDBEBENS IM JAPANISCHEN MEER (2024)

Riabova S.A.^{1,2}

¹Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau, Russland

²Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau, Russland

Das Erdbeben im Japanischen Meer (2024) war ein großes Erdbeben der Stärke 7,6, das die Noto-Halbinsel in der japanischen Präfektur Ishikawa erschütterte und große Schäden in den Städten Wajima und Suzu verursachte.

Im nordöstlichen Teil der Noto-Halbinsel kommt es im Laufe von drei Jahren zu zahlreichen Erdbeben. Das Erdbeben vom 1. Januar 2024 ist das größte Ereignis dieser Gruppe und übertrifft das Ereignis mit der Stärke 6,3 vom 5. Mai 2023. Dieses Erdbeben war das stärkste seit 1983 in der Region des Japanischen Meeres.

Der US Geological Survey (USGS) meldete eine Momentenstärke des Erdbebens von 7,5 und eine Fokustiefe von 10 km. Die Japan Meteorological Agency meldete eine Stärke von 7,6 [11]. Es war das stärkste Erdbeben seit mindestens 1885 in der Präfektur Ishikawa und das stärkste auf dem japanischen Festland seit dem Tohoku-Erdbeben 2011 [3].

Der Fokusmechanismus des Hauptbebens stimmte mit einer flachen Umkehrstörung entlang einer nach Nordosten verlaufenden Ebene überein, die nach Nordwesten oder Südosten abfällt und entlang der konvergenten Grenze zwischen der Ochotsk-Platte und der Amur-Platte auftrat [7]. Ein Vorbeben der Stärke 5,8 ereignete sich vier Minuten vor dem Hauptbeben [4], und ein Nachbeben der Stärke 6,2 ereignete sich neun Minuten später [5]. In einem Gebiet von 100 km wurden mehr als 1.200 Nachbeben registriert. Mindestens sieben von ihnen hatten eine Stärke von 5,0 oder höher [11].

Laut einem vom US Geological Survey veröffentlichten endlichen Verwerfungsmodell breitete sich das Erdbeben über eine Fläche von mehr als 160 km mal 20 km von der südwestlichen Noto-Halbinsel bis zur Sado-Insel entlang einer nach Südosten einfallenden Verwerfung aus. Die Rutsche konzentrierte sich größtenteils vollständig unter der Halbinsel. Die Zonen der größten Scherung traten südwestlich des Hypozentrums auf, und im Meeresbereich zwischen der Halbinsel und der Insel wurde praktisch kein Schlupf beobachtet. Der Standort unmittelbar südwestlich des Epizentrums verursachte eine Verschiebung von 5.992 m unter der Küste der Halbinsel. Eine weitere Rutschzone trat weiter südwestlich unter demselben Küstenabschnitt auf und führte zu einer Rutschung von bis zu 6.030 m unter der Stadt Motoichi. Die Verwerfung brach wahrscheinlich bis zum Meeresboden auf der Halbinsel durch, während der Meeresboden zwischen der Halbinsel und der Insel Sado es wurde praktisch keine Verschiebung beobachtet. Der gesamte Zerstörungsprozess dauerte etwa 50 Sekunden, wobei die größte Phase der Freisetzung eines seismischen Moments etwa 25 Sekunden nach dem Start erfolgte [7].

Die Japan Meteorological Agency gab an, eine maximale seismische Intensität von 7 (Shindo 7) gemessen zu haben, den höchsten Wert auf der seismischen Intensitätsskala. Zum ersten Mal seit 2018 erlebte das Land ein Erdbeben dieser Stärke [6]. Dies entsprach der maximalen Intensität des modifizierten Mercalli X–XI (extrem) [2]. Die maximale Intensität wurde in den Städten Shika und Wajima in der Präfektur Ishikawa verzeichnet. In den Städten Nanao, Suzu und Anamizu wurde eine Intensität von 6+ gemessen. Intensität 6- wurde in der Stadt Nagaoka in der Präfektur Niigata und in den Städten Nakanoto und Noto in der Präfektur Ishikawa aufgezeichnet. Das Erdbeben war auch von Bewohnern der Stadt Tokio und der gesamten Kanto-Region sowie von der Präfektur Aomori an der Nordspitze der Insel Honshu bis zur Insel Kyushu im Süden des Landes zu spüren.

Bei der Analyse der Auswirkungen eines Erdbebens in Japan auf die Ionosphäre wurden in dieser Arbeit die Ergebnisse der Höhenfrequenzsondierung an der japanischen Ionosphärenüberwachungsstation Wakkanai (GEO: 45,16° N; 141,75° E) in Form von Ionogrammen verwendet, die frei erstellt wurden verfügbar auf der Website des japanischen Nationalen Instituts für Informations- und Kommunikationstechnologien [2]. Die kritische Frequenz f_0F_2 wurde durch manuelle Verarbeitung von Ionogrammen mit Interpretation nach der URSI-Methode [1] bestimmt. Als Ergebnis wurde eine digitale Datenreihe über die zeitliche Variation der kritischen Frequenz der F2-Schicht f_0F_2 mit einer Abtastzeit von 15 Minuten erstellt.

Das starke Erdbeben vom 1. Januar 2024 hatte Auswirkungen auf die Ionosphäre der Erde. In dieser Arbeit haben wir das Verhalten der Ionosphäre im Bereich des Maximums der F2-Schicht während der Zeit vulkanischer Aktivität analysiert. Zu diesem Zweck wurde die kritische Frequenz f_0F_2 der F2-Schicht der Ionosphäre aus Ionogrammen der Hochfrequenzsondierung an der Ionosphärenstation Wakkanai bestimmt. Die Wakkanai-Station liegt etwa 974 km vom Epizentrum des Erdbebens entfernt.

Der ionosphärische Effekt eines Erdbebens äußert sich in Schwankungen der kritischen Frequenz f_0F_2 . Das seismische Ereignis verursachte im Zeitraum von ~07:45 bis ~12:45 UTC ausgeprägte langfristige Wechschwankungen der kritischen Frequenz f_0F_2 . Die Variationsperiode betrug ca. 25–30 Minuten mit einer maximalen Amplitude von ca. 0,8 MHz. Dann wurden ab ca. 8:45 UTC abwechselnde Vorzeichenschwankungen der kritischen Frequenz f_0F_2 mit einer Periode von ca. 25–45 Minuten und einer maximalen Amplitude von ca. 1,5 MHz beobachtet. Die Gesamtdauer ausgeprägter Schwankungen der kritischen Frequenz der F2-Schicht betrug etwa vier Stunden. Die ersten beobachteten zeitlichen Schwankungen können durch die ionosphärische Reaktion auf die Rayleigh-Welle erklärt werden [8, 10]. Die zweitlängsten Schwankungen sind höchstwahrscheinlich mit der Ausbreitung einer internen Gravitationswelle verbunden [9].

Die Forschung wurde im Rahmen des Staatsauftrags des Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der Wissenschaften und im Rahmen des Staatsauftrags des Sadosky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften Nr. 1220329000185-5 „Manifestation natürlicher und menschlicher Prozesse“ durchgeführt. ihren Ursprung in geophysikalischen Feldern.“

Literatur

1. Руководство URSI по интерпретации и обработке ионограмм [Текст] / Под ред. П. В. Медниковой. – М.: Наука, 1977. – 342 с.
2. ICSU World Data System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wdc.nict.go.jp>.
3. Japan's major earthquakes since the 1995 Kobe disaster [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reuters.com/world/japan/major-earthquakes-japan-since-kobe-disaster-1995-2024-01-01/>.
4. M 5.8 – 42 km NE of Anamizu, Japan. United States Geological Survey. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000m0xi/executive>.
5. M 6.2 – 8 km SW of Anamizu, Japan". United States Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000m0xm/executive>.

6. M 7.4 quake rocks central Japan, large tsunami warning issued". Mainichi Shimbun [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nikkei.com/telling/DGXZTS00008630S4A100C2000000/>.
7. M 7.5 - 2024 Noto Peninsula, Japan Earthquake". United States Geological Survey [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000m0xl/executive>.
8. Rayleigh wave signature in ionograms induced by strong earthquakes [Text] / T. Maruyama, T. Tsugawa, H. Kato, M. Ishii, M. Nishioka // Journal of Geophysical Research: Space Physics. – 2012. – V. 117. – DOI: 10.1029/2012JA017952.
9. Riabova, S. Geomagnetic variations observed on the Earth's surface and associated with strong earthquakes [Text] / S. Riabova, S. Shalimov // Izvestiya Physics of the Solid Earth. – 2022. – V. 58(4). – P. 469–483. – DOI:10.1134/S1069351322040085.
10. Riabova, S. A. Response of the lower and upper ionosphere to earthquakes in Turkey on February 6, 2023 [Text] / S. A. Riabova, E. V. Ol'shanskaya, S. L. Shalimov // Izvestiya, Physics of the Solid Earth. – 2023. – V. 59(6). – P. 957–966. – DOI:10.1134/s1069351323060186
11. 1200-Kai kosu jishin 100-kiro ijō ni oyobu Notohantō jishin mappu 1200回超す地震 100キロ以上に及ぶ能登半島地震マップ (Over 1,200 earthquakes Noto Peninsula earthquake map extending over 100 km) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nikkei.com/telling/DGXZTS00008630S4A100C2000000/>.

**UNTERSUCHUNG DER FUßBALLMODUSAUFTEILUNG BASIEREND AUF
GEOMAGNETISCHEN ÜBERWACHUNGSDATEN AM MIKHNEVO-OBSERVATORIUM
WÄHREND DES ERDBEBENS IM PAZIFISCHEN OZEAN VOR DER KÜSTE
VON TONGA IM JAHR 2022**

Riabova S.A.^{1,2}

¹**Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften,
Moskau, Russland**

²**Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der
Wissenschaften, Moskau, Russland**

In dieser Arbeit wird basierend auf den Ergebnissen instrumenteller Beobachtungen des Erdmagnetfelds während des Zeitraums eines starken Erdbebens im Pazifischen Ozean am 11. November 2022 das Spektrum im Frequenzbereich nahe der Frequenz des Hauptsphäroids untersucht Modus der Erde ωS_2 .

Es gibt eine Reihe sphäroidischer und torsionaler Eigenschwingungen der Erde [1]. Ihr Eindringen in die Atmosphäre kann zu globalen Schwingungen der Atmosphäre mit den Frequenzen der natürlichen Schwingungen der Erde führen [12]. Im Erdmagnetfeld können auch Schwankungen auftreten, deren Frequenz nahe an den Frequenzen der natürlichen Schwingungen der Erde liegt [8].

Die niedrigste Frequenz der natürlichen Schwingungen der Erde ist die Kugelschwingung ωS_2 , die Gegenstand dieser Forschung ist. Die ωS_2 -Schwingung ist ein Multipllett – sie spaltet sich in 5 Komponenten auf [13].

Ein Erdbeben der Stärke 7,3 ereignete sich am 11. November 2022 um 10:48:45 UT vor der Küste des Inselstaates Tonga in Polynesien (Südpazifik) in der äußeren Tonga-Subduktionszone. Das Epizentrum der Erschütterungen lag 206 km von der Hauptstadt des Königreichs, Nuku'alofa, entfernt. Nach Angaben des US Geophysical Survey [3] lag die Erdbebenquelle in einer Tiefe von 24,8 km. Koordinaten des Epizentrums: 19,3181° S; 172,1001° W

Das Erdbeben mit umgekehrter Verwerfung am 11. November 2022 verursachte einen Tsunami [14]. Der Tsunami war groß genug, um an den neuseeländischen DART-Stationen NZF (0,36 cm), NZG (0,62 cm), NZH (2,22 cm) und NZI (1,09 cm) sowie an den Küstenstationen in Pago Pago (Samoa) und Winna (Neu-Kaledonien).

In dieser Arbeit wurden als Ausgangsdaten die Daten aus der Registrierung magnetischer Induktionskomponenten auf der Erdoberfläche verwendet, die am Geophysikalischen Observatorium „Mikhnevo“ der Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften [2]. Geographische Koordinaten: 54,96° N; 37,77° E Die geomagnetische Überwachung erfolgt mit einem Fluxgate-Magnetometer LEMI-018, das sich in einem permanent ausgestatteten geomagnetischen Pavillon befindet.

Untersucht werden die spektralen Eigenschaften von Variationen in der Größe des Magnetfeld-Induktionsvektors B. Zur Analyse werden Zeitreihen digitaler Daten verwendet, die mit einer Diskretion von 1 Sekunde erzeugt wurden.

Um die Länge der verwendeten Datenreihen zu bestimmen, wurden die Parameter der magnetischen Aktivität (K-, Ap- und Kp-Indizes [6]) während und nach dem Erdbeben vor der Küste Tongas analysiert. Zur Berechnung des Spektrums wurde der Zeitraum von 10:48 UT am 11. November 2022 (dem Hauptschock des Erdbebens) bis 18:00 Uhr herangezogen, der durch das Fehlen starker geomagnetischer Störungen gekennzeichnet war, die relativ schwache Manifestationen der Multipllett-Aufspaltung verschleierten.

Das Spektrum der Magnetfeldschwankungen in der Oberflächenschicht der Atmosphäre wurde mithilfe der parametrischen Autoregressionsmethode bewertet [4, 7]. Um den Grad der Unterscheidung quasi-harmonischer Spektralkomponenten nahe beieinander zu erhöhen, wurde in dieser Arbeit zusätzlich zur parametrischen Spektralanalyse auch eine Methode zur Isolierung harmonischer Komponenten unter Verwendung schmalbandiger adaptiver Notch-Filter [5, 9] verwendet, was den Vorteil hat Dazu gehört die einfache Auswahl der gewünschten Frequenz und die Anpassung des Durchlassbereichs sowie die praktisch unbegrenzte Unterdrückung benachbarter Frequenzen.

Die mit diesem Algorithmus geschätzten Singulettfrequenzen der Grundmode $0S_2$ wurden mit den mit dem 1066 A-Erdmodell berechneten Frequenzen verglichen [10]. Die 1066 A-Erdmodellfrequenzen wurden mithilfe der Störungsmethode berechnet, um die Aufspaltung der isolierten entarteten Eigenfrequenz zu berechnen [11].

Die Forschung wurde im Rahmen des Staatsauftrags des Institut für Physik der Erde benannt nach O.Yu. Schmidt von der Russischen Akademie der Wissenschaften und im Rahmen des Staatsauftrags des Sadovsky-Institut für die Dynamik der Geosphären der Russischen Akademie der Wissenschaften Nr. 1220329000185-5 „Manifestation natürlicher und menschlicher Prozesse“ durchgeführt. ihren Ursprung in geophysikalischen Feldern.“

Literatur

1. Адушкин, В. В. Проявление лунно-солнечного прилива и собственных колебаний Земли в вариациях магнитного поля [Текст] / В. В. Адушкин, А. А. Спивак, В. А. Харламов // Физика Земли. – 2018. – № 6. – С. 59–71.
2. Геофизическая обсерватория «Михнево» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://idg-comp.chph.ras.ru/~mikhnevo/>.
3. Геофизическая служба США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgs.gov/>.
4. Канасевич, Э. Р. Анализ временных последовательностей в геофизике [Текст] / Э. Р. Канасевич. – М.: Недра, 1985. – 400 с.
5. Марпл, С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] / С. Л. Марпл. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
6. Мировой Центр Данных по солнечно-земной физике в Москве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wdcb.ru>.
7. Рябова, С. А. Исследование атмосферного прилива по данным регистрации барических вариаций на среднениртовой обсерватории «Михнево» [Текст] / С. А. Рябова, А. А. Спивак // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2018. – № 4. – Р. 1840406-1–1840406-7.
8. Рябова, С. А. Проявление квинтета основной сфероидальной моды собственных колебаний Земли $0S_2$ в электромагнитных вариациях на ГФО "Михнево" [Текст] / С. А. Рябова, А. А. Спивак, В. А. Харламов // Процессы в геосредах. – 2019. – № 3(21). – С. 399–403.
9. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов [Текст] / Б. Уидроу, С. Стирнз. – М.: Радио и связь, 1989. – 440 с.
10. Dahlen, F. A. Rotational and elliptical splitting of the free oscillations of the Earth [Text] / F. A. Dahlen, R. V. Sailor // Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society. – 1979. – V. 58. – P. 609–623.
11. Gilbert, F. An application of the normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanism from seismic spectra [Text] / F. Gilbert, A. M. Dziewonski // Philosophical Transactions of the Royal Society A. – 1975. – V. 278. – P. 187–269.
12. Riabova, S. Study of the splitting of the football mode $0S_2$ in geomagnetic variations [Text] / S. Riabova, A. Spivak // Conference Proceedings, 81st EAGE Conference and Exhibition 2019. – 2019. – V. 2019. – DOI:10.3997/2214-4609.201901054.
13. Shved, G. M. Penetration of the Earth's free oscillations at 54 minute period into the atmosphere [Text] / G. M. Shved, L. N. Petrova, O. S. Polyakova // Annales Geophysicae. – 2000. – V. 18. – P. 566–572.
14. Tsunami DART observations and simulation of the 11 November 2022 Tonga Mw 7.4 earthquake [Text] / A. R. Gusman, X. Wang, D. R. Burbidge, B. Fry. // Lower Hutt (NZ): GNS Science. – URL: <https://doi.org/10.21420/DD16-XK63> (accessed 23.01.2023).

С Е К Ц И Я 4

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СХОДА ОПОЛЗНЯ ПРИ ПРОХОДКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТРАССЫ ЧЕРЕЗ ПОГРЕБЕННЫЕ ОВРАГИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Андреева А.В., Королёв А.Э.

Научный руководитель доцент Э.А. Королев

Институт геологии и нефтегазовых технологий, г. Казань, Россия

Проходка автомобильных трасс зачастую планируется без учета особенностей палеорельефа местности. В основу целесообразности расположения дорог закладывается в основном геометрическая протяженность трасс и ее расположение на определенных поверхностях современного ландшафта [3]. Между тем, недоучет палеорельефа может привести к существенному усложнению и удорожанию дорожного строительства за счет незапланированных работ по устранению последствий, вызванных резкими изменениями состояния грунтовых массивов [1]. Нечто подобное произошло при проходке скоростной автомобильной трассы в сторону г. Москва неподалеку от деревни Мулланура Вахитова, расположенной в пределах Приволжской возвышенности.

Следует сказать, что в геоморфологическом отношении Приволжская возвышенность представляет собой структуру с длительным геологическим периодом развития. Ее современный рельеф сформировался в неоген-четвертичное время под влиянием разнонаправленных процессов: процессов неравномерных тектонических воздыманий и экзогенных процессов, направленных на выравнивание поверхности местного ландшафта. В плейстоцене за счет водной эрозии на поверхности Приволжской возвышенности возник эрозивно-денудационный рельеф с полого наклонными холмами, разделенными многочисленными речными долинами и оврагами [2]. В последствии небольшие речные долинки и овраги были заполнены пролювиально-делювиальными отложениями, которые полностью сnivelировали эрозийные формы рельефа. При относительно небольшом воздействии на геологическую среду агротехнических мероприятий погребенные овраги не представляли какой-либо опасности. Все изменилось, когда через них проложили автодорожную трассу. Дорожная выемка глубиной до 20-30 м существенно изменила напряженно-деформационное состояние грунтовых массивов, нарушив в них геологические условия залегания пород и гидрогеологические особенности движения подземных вод. Вскрытые погребенные овраги стали наиболее ослабленными участками в стенках дорожной выемки, создав предпосылки для схода оползней.

Если посмотреть в разрезах выемки, то можно отчетливо увидеть линзовидный характер залегания четвертичных отложений среди коренных пород уржумского яруса среднепермской системы, их взаимоотношение в грунтовом массиве, положение грунтовых вод. Эрозийные ложбины всех вскрытых палеооврагов сложены коренными породами уржумского яруса. На неизменных участках, ближе к водоразделам и на выположенных склонах денудационных холмов, в разрезе уржумского яруса наблюдается переслаивание светло-серых доломитов, зеленовато-серых и красно-розовых доломитовых мергелей, красно-бурых аргиллитоподобных глин, зеленовато-серых песчаников и алевролитов. Мощности слоев варьируют от 0,5 до 2,5 м. Карбонатно-терригенный комплекс сформировался в условиях осолоняющихся мелководных лагун и обширных отшнурованных от мелеющего Пермского палеоморя озерных бассейнов седиментации при активном сносе терригенного материала с суши. Мелководные плоскодонные котловины способствовали образованию осадочных отложений с хорошо выраженным горизонтальным залеганием, которое прослеживается на всей территории Приволжской возвышенности. В пределах эрозийных промоин верхние отложения уржумского яруса размыты до уровня, где залегают относительно мощные слои плотных доломитов. Последние в большинстве случаев являются подстилающими породами, слагающими дно палеооврагов. В стенках дорожной выемки дно эрозийных ложбин плоское, выравненное, корытообразное, в боковые стороны переходит в пологие склоны высотой до 10-15 м. Стенки откосов погребенных оврагов, сложенные глинами и доломитовыми мергелями, осложнены экзогенной складчатостью. Слой, подверженный складкообразованию, небольшой, до 1,2 м, в нем наблюдается оползание ранее обводненных текуче-пластичных грунтов с образованием наклонных синклинальных и антиклинальных складочек. В основании слоя со складчатым залеганием пород расположены неизменные горизонтально слоистые коренные породы, слагающие стенки овражных склонов. Приповерхностная часть склонов характеризуется повышенной трещиноватостью. К стенкам палеооврагов, осложненным складчатыми процессами, примыкают четвертичные отложения.

В разрезах стенок выемки видно, что четвертичные отложения, слагающие погребенные овраги, в подошве и на склонах эрозийных ложбин сложены пролювием овражных выносов временных русловых потоков. В пределах пролювиального слоя отмечаются неокатанные щебнистые и дресвянные обломки доломитов и доломитовых мергелей, цементированные бурым суглинком. Видимая мощность слоя от 0,3 до 0,5 м. На пролювиальном шлейфе залегают однородные темно-бурые делювиальные суглинки, выполняющие основную часть объема эрозийных ложбин. Мощности вскрытых массивов делювиальных суглинков могут достигать до 15,0 м. Суглинки в грунтовых массивах разбиты протяженными вертикальными трещинами на столбчатые отдельности, которые периодически обрушаются к основанию стенок дорожной выемки. Согласно гранулометрическим исследованиям, в суглинках

преобладают алевритовые фракции обломков минералов и горных пород ($d_{0,05} = 14,78-17,73$ %; $d_{0,01} = 46,29-56,62$ %), доля глинистых минералов составляет 16–22 %, что обуславливает число пластичности $I_p = 11-13$. Породы характеризуются рыхлой структурной упаковкой, что обуславливает их низкую плотность ($1,86-2,01$ г/см³), высокую пористость (30,59–32,83 %), нестойкость структурных связей к увлажнению. Помещенные в прибор ПРГ-1Ф образцы грунта практически за минуту-другую теряли форму и превращались в рыхлую бесструктурную массу при полной потери исходного веса. По модулю деформации делювиальные суглинки являются сильнодеформируемыми ($5,0$ МПа $< E < 10,0$ МПа), по силе сцепления – грунтам с чрезвычайно и очень низкой прочности ($C_u < 10$ кПа и 10 кПа $< C_u < 20$ кПа).

В гидрогеологическом отношении массивы погребенных оврагов характеризуются наличием одного водоносного горизонта. Водоносный горизонт включает в себя трещиноватые коренные породы уржумского яруса на склонах палеооврагов, слой элювированных среднепермских пород, подверженный складчатым деформациям и слой пролювиальных отложений. Все эти породы объединяются в едины водоносный пласт. Водоупором служат плотные доломиты в основании массива четвертичных отложений. По условиям залегания воды грунтовые, со свободной поверхностью. По происхождению подземные воды инфильтрационные, область питания включает в себя вершины и пологонаклонные склоны эрозионно-денудационных холмов, по границам которых в плейстоцене развивалась эрозионная ложбина. Вскрытие дорожной выемкой водоносного горизонта привело к образованию в основании массива четвертичных отложений выходов подземных вод в виде мочажин и сосредоточенных выходов (родников). Нарушение гидрогеологических условий привело к выносу части обводненного грунта из нижней части массива делювиальных суглинков, вызвав сход многочисленных оползней.

Все зафиксированные оползни относятся к асеквентным, поскольку развиваются в однородных неслоистых грунтах. Ложе оползня и плоскость скольжения расположены на границе пролювиальных и делювиальных отложений. Это обусловлено наличием водоносного горизонта на уровне пролювиального шлейфа. Ширина охвата грунтового массива оползневыми процессами составляет от 10,0 до 35,0 м. В одних случаях формируется одно оползневое тело, в других – несколько тел, разделенных останцами более устойчивых пород. В последствие останцы тоже обрушаются, увеличивая объемы смещенного грунта. Оползание пород происходит в местах выходов в основании массива четвертичных суглинков родников, способствующих суффозионному разуплотнению грунтов. По объему вовлеченного в оползание грунта все оползни относятся к небольшим (10-200 м³). Формирование оползневых тел начинается с образования на поверхности грунтового массива трещин отрыва в виде полуциркуля, заложение которых происходит на удалении 5,0-15,0 м от бровки откоса дорожной выемки. По мере расширения трещин и увеличения их протяженности, отрывающийся блок грунтового массива наклоняется в сторону строящегося дорожного полотна пока не произойдет обрушение. При обрушении блок рассыпается в бесструктурную массу, террасоподобные останцы не образуются. В последующем выходе подземных вод в основании грунтового массива размывают бесструктурные суглинки и в виде шлейфа выносят тонкозернистый и глинистый материал в ближайшие понижения рельефа. При этом в местах отрыва оползневого блока в стенках массивов образуются оползневые цирки. Циркообразные стенки отрыва практически вертикальные, не имеют четко выраженных наклонов. В дальнейшем весь процесс повторяется до тех пор, пока не будут проведены мероприятия по стабилизации грунтового массива четвертичных суглинков погребенных палеооврагов. Неконтролируемые сходы оползней на уже пройденных участках дорожного строительства приводит к удорожанию работ, срывам сроков сдачи объекта.

Анализ проблемных зон, связанных с проходкой грунтовых массивов погребенных палеооврагов, показал, что предпосылки сходов оползней определяются следующими факторами:

1. Наличием слабо связанных пылеватых легких делювиальных суглинков, заполняющих эрозионные ложбины, не имеющих прочных связей с вмещающими их породами уржумского яруса.
2. Вскрытием водоносных горизонтов в основании погребенных палеооврагов с образованием в стенках дорожной выемки родниковых выходов подземных вод.
3. Активизацией суффозионного выноса тонкодисперсного материала из основания грунтового массива с образованием зон разуплотнения.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2023-0014.

Литература

1. Латыпов, А. И. Природно-техногенные геодинамические процессы, активизированные при устройстве выемок грунта трассы М-12 на территории Приволжской возвышенности / А. И. Латыпов, А. Н. Гараева, Е. Н. Яббарова, Р. М. Усманов, А. Э. Королёв // В сборнике: Сергеевские чтения. Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Москва. – 2023. – С. 104–108.
2. Малышева, Г. С. Взаимоотношения леса и степи на Приволжской возвышенности (в порядке дискуссии) [Текст] / Г. С. Малышева // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2018. – XII (2). – С. 170–188.
3. Щербаков, В. С. Оптимизация трассы автомобильной дороги на рельефе с препятствиями методом вероятностной дорожной карты [Текст] / В. С. Щербаков, М. С. Корытов // Вестник СибАДИ. – 2012. – Вып. 6(28). – С. 88–92.

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ ПОЛИГОНАМИ ТКО**

Власова А.Е.¹, Хайдарова А.О.¹, Студенкова Н.А.², Козина М.В.¹

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

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

Одной из острых проблем Российской Федерации сегодня является неуклонный рост количества отходов производства и твердых коммунальных отходов (ТКО), что приводит к увеличению количества и площади объектов их размещения. Сбор и накопление отходов на специально выделенных территориях – полигонах – является одним из основных способов утилизации отходов в РФ. Большинство указанных полигонов на данный момент находятся в состоянии переполнения и нарушают выделенные для них территориальные границы. Однако, по различным причинам, эти объекты продолжают свое функционирование и не закрываются с целью последующей рекультивации.

В связи с этим проведение периодического мониторинга земель, отведенных под полигоны ТКО, с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является перспективным направлением исследований. По сравнению с классическими способами сбора данных, применение БПЛА расширяет возможности мониторинга земель, что позволяет оперативно реагировать на изменения в количественных и качественных показателях земель. Использование БПЛА при осуществлении мониторинга территорий, отведенных под полигоны ТКО, позволяет оценить характеристики объектов обследования, в частности, изменение площади и расположения границ полигона ТКО, границ санитарно-защитных зон, соответствие границ мест размещения ТКО кадастровым границам и иным разрешительным документам, изменение состояния территории мест размещения ТКО и прилегающих территорий и др.

В данной статье приведены результаты обследования территории полигона ТКО с использованием БПЛА при проведении мониторинга земель. Объектом исследования явился полигон ТКО, расположенный по адресу: г. Томск, Кузовлевский тракт, 8/20. Полигон размещен на земельном участке с кадастровым номером 70:21:0100001:115. Категория земель – земли населённых пунктов, разрешенное использование земельного участка – строительная промышленность.

Согласно Земельному кодексу РФ, земельные участки должны быть использованы в строгом соответствии с их целевым назначением, в связи с чем создание полигона размещения ТКО на земельном участке, расположенном на землях населённых пунктов, противоречит принципу целевого использования земельных участков данной категории земель.

Вид разрешенного использования – строительная промышленность также противоречит виду разрешенного использования под объект размещения ТКО. Согласно утверждённому Росреестром классификатору видов разрешенного использования земельных участков» [1], размещение полигона ТКО допускается только на землях с видом разрешенного использования земельного участка «Специальная деятельность».

Для оценки практического использования земельного участка была выполнена аэрофотосъемка исследуемой местности в соответствии с заранее определенным маршрутом в целях последующего анализа итоговых результатов. На этапе подготовительных работ было сформировано полетное задание для БПЛА при помощи веб-сайта <https://teofly.com>. Данная программа управления полетом БПЛА позволяет рассчитывать маршрут полета по исходным данным, время выполнения полета, количество снимков, интервалы съемки.



Рис. 1. Полетное задание

В ходе работы был использован Квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro V2.0., при помощи которого производился полет над всей территорией полигона ТКО. После завершения полевых работ были получены пространственные данные для обработки: координаты базовой станции, координаты центров снимков с БПЛА, снимки с БПЛА.

В процессе обработки данных с использованием ПО «AgisoftMetashapeProfessional» полученные снимки были преобразованы в плотное облако точек, текстурированную 3D модель, цифровую модель местности (ЦММ) и геопривязанный ортофотоплан.



Рис. 2. Ортофотоплан полигона ТКО, подготовленный в результате обработки съемки с БПЛА (по результатам аэрофотосъемки)

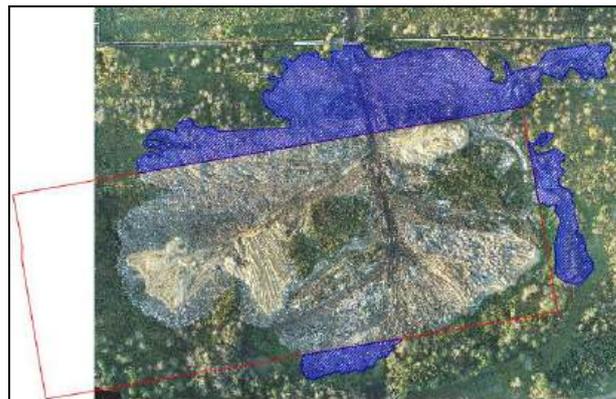


Рис. 3. Отображение частей полигона ТКО, выходящих за границы земельного участка

При наложении кадастровых границ земельного участка на фактические границы использования территории (полученный ортофотоплан) можно отметить, что действительные границы размещения полигона выходят за границы земельного участка, отведенного под него. Примерная площадь частей полигона, которые выходят за границы, составляет около 3 га (рис.3).

Анализ данных космоснимков за период с июля 2018 по апрель 2023 гг. показывает, что площадь полигона ТКО изменилась с 2,59 га до 10,9 га, увеличение площади полигона ТКО преимущественно происходит на северо-запад, северо-восток, запад и юго-восток (рис.4). Однако полученные в ходе проведения аэрофотосъемки данные (сентябрь 2023 г.) показывают, что площадь полигона ТКО составляет около 13 га.



Рис. 4. Динамика увеличения площади объекта ТКО по космическим снимкам GoogleEarthPro [2]

Таким образом, исходя из проведенного исследования зафиксированы следующие результаты:

- Категория земель, на которой размещен полигон ТКО, не соответствует принципу целевого использования земельных участков данной категории.
- Вид разрешенного использования не соответствует допустимому ВРИ.
- Полигон ТКО выходит за границы, отведенные под полигон, примерно на 3 га.
- За 6 лет площадь объекта ТКО увеличилась с 2,59 га до 13 га.

Использование высокотехнологичных методов аэрофотосъемки в мониторинге земель позволяет решать управленческие задачи муниципальных территорий. Применение БПЛА дает возможность получать детальную информацию об объектах размещения ТКО и снижает стоимость полевых исследований.

Литература

1. Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков [Электронный ресурс]: Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10 ноября 2020 г. N П/0412 (ред. от 23.06.2022) – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
2. Географическая информационная система Google Earth Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earth.google.com/web/>.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ

Горячева А.Е.^{1,2}, Рыбалкин Л.А.²

Научный руководитель Л.А. Рыбалкин

¹Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

В настоящее время отрасль инженерного и жилого строительства демонстрирует наращивание объемов готовых к сдаче жилых и технических площадей, увеличение проектов по модернизации и возведению новых объектов социального сектора строительства: школ, больниц, детских садов. Одним из основных этапов строительства является подготовка основания. Первоначальными являются исследования механических свойств грунтов, слагающих основание будущего строительного объекта. Это необходимая операция позволяет оценить их способность к восприятию вертикальных нагрузок, после того как будет возведено сооружение. Однако в процессе работы машин и тяжелой техники на различных этапах строительства происходит воздействие на грунты техногенной вибрацией, что влияет на их способность к восприятию напряжений. Данный эффект не учитывается при проведении стандартных исследований и может приводить к неблагоприятным последствиям на различных этапах строительства. Данная работа посвящена разработке лабораторных средств исследования влияния вибрационных колебаний различной интенсивности и продолжительности на механические характеристики предварительно нагруженных дисперсных грунтов.

Выполнение серий исследований механических характеристик дисперсных грунтов осуществлялось на автоматизированном комплексе трехосного сжатия ГТ 1.3.5. Для предварительного уплотнения увлажненной массы дисперсного грунта с контролируемым осевым сжатием использовался сервогидравлический пресс INSTRON. Одним из ключевых моментов в подготовке предварительно сжатых образцов является возможность их использования в дальнейшей работе с автоматизированным комплексом трехосного сжатия ГТ 1.3.5. Размещение определенного объема грунтового материала производится в специальную упругую цилиндрическую оболочку, использование которой на этапе сжатия прессом INSTRON невозможно ввиду ее неизбежной деформации в процессе опускания штока. Для решения данной проблемы было решено выделить два этапа: процесс формирования испытательного образчика и его размещение в упругой оболочке. Для получения консолидированного образца с соблюдением линейных размеров, отсутствия каверн, деформаций кромки торца и боковой поверхности были разработаны специальные пресс формы. Эскизное изображение средств представлено на рисунке 1.

Проведение экспериментальных исследований влияния вибрационного воздействия на механические свойства грунтов требует учета многих параметров: типу нагрузки, формы колебания, частоты и амплитуды воздействия. Многие исследователи приходят к выводу о том, что низкочастотные нагрузки приводят к развитию больших пластических деформаций грунтов за счет генерации избыточного порового давления [1 – 3]. В единичных научных работах при проведении испытаний с частотами 16,0; 31,5 и 63,0 Гц было выявлено увеличение накопленной деформации при частотах 63,0 Гц [4]. Основываясь на проведенном анализе, была разработана лабораторная установка по физическому моделированию вибрационного воздействия на грунты. Установка состоит из блока генерации вибрационного воздействия и блока регистрации колебаний. Общий вид представлен на рисунке 2.

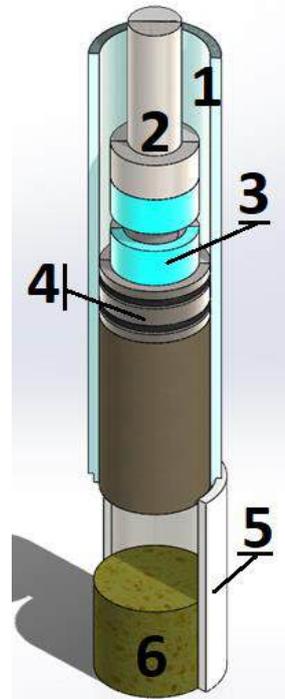


Рис. 1. Эскизный вид разработанных средств для подготовки цилиндрических образцов грунта с заданным сжатием: 1 – камера сжатия; 2 – шток; 3 – центратор; 4 – штамп; 5 – выпрессовочный стакан; 6 – упругая подкладка

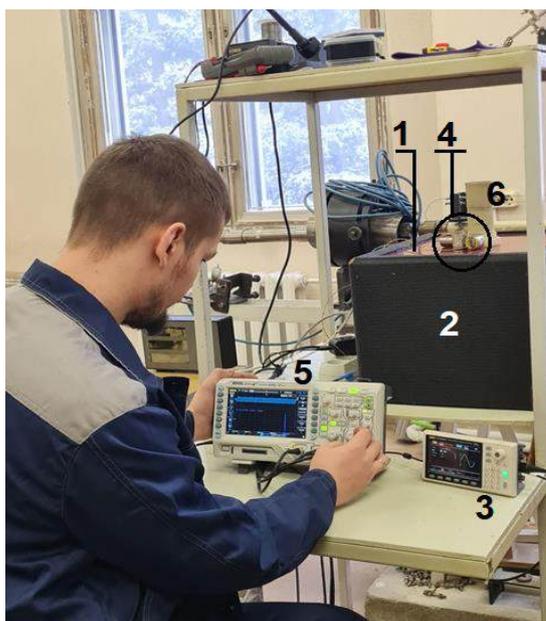


Рис. 2. Общий вид лабораторного стенда для вибрационного воздействия: 1 – виброплатформа, 2 – источник упругих колебаний, 3 – генератор сигналов UNI-T UTG932E, 4 – набор сейсмоприемников GS-One, 5 – цифровой осциллограф DS1074Z Plus, 6 – холдер с образцом грунта

В состав блока генерации входит виброплатформа, источник упругих колебаний и генератор сигналов. При разработке блока генерации вибрационного воздействия закладывалось выполнение следующих положений. Отсутствие изменения формы колебаний в ходе продолжительной автоматизированной работы источника, что позволит моделировать длительные технические операции (бесперебойная работа компрессорных и генераторных установок). Возможность изменения амплитуды воздействия для имитации высокоамплитудных (забивка свай) и низкоамплитудных (работа ручного инструмента) событий. Работа источника колебаний в различных частотных диапазонах. Блок регистрации упругих колебаний включает себя набор сейсмоприемников, одного вертикального и двух горизонтальных, фирмы GS-One подключенных к цифровому осциллографу DS1074Z Plus. Разработка данного лабораторного стенда позволяет проводить автоматизированные продолжительные серии экспериментов по исследованию влияния вибрационного воздействия на образцы дисперсных грунтов.

Разработанные технические средства и лабораторные стенд позволяют проводить серии экспериментальных исследований по изучению влияния техногенной вибрации на дисперсные грунты. Полученные результаты могут быть использованы для оценки влияния техногенного вибрационного воздействия на механические характеристики влажных и сухих грунтов для повышения достоверности данных, используемых при проектировании и выполнении инженерных и строительных работ для нужд городского строительства. Данный метод может применяться при возведении объектов различного масштаба и назначения при активном использовании широкой номенклатуры строительной техники на различных этапах ведения работ.

Литература

1. Вознесенский, Е. А. Динамическая неустойчивость грунтов [Текст]: дис. докт. геол.-мин. Наук / Е. А. Вознесенский – МГУ им. М.В. Ломоносова. 2000. – 55 с.
2. Guo, L. Influences of stress magnitude and loading frequency on cyclic behaviour of K0- consolidated marine clay involving principal stress rotation [Text] / L. Guo, J.M. Chen, J. Wang, Y.Q. Cai, P. Deng // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. – 2016. – Vol. 84. – P. 94–107.
3. Loh, V.H. Behaviour of railway track subgrade under cyclic loading [Text]: PhD Thesis. – Perth, Australia: Curtin University. 2011. – 232 p.
4. Соболев, Е. С. Ползучесть и виброползучесть песчаных грунтов оснований зданий и сооружений [Текст]: дис. канд. техн. Наук. – М.: МГСУ. 2014. – 26 с.

РАДОНОВЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ ПРИЧЕРНОМОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА Гроза А.Н.

Научный руководитель заведующий лабораторией К.Е. Морару
Институт геологии и сейсмологии Молдавского государственного университета,
г. Кишинёв, Республика Молдова

Целью настоящих исследований является систематизирование данных о радоновых подземных водах юго-западной окраины Причерноморского артезианского бассейна (географически – территории Республики Молдова), и выявление основных закономерностей формирования таких гидрогеологических месторождений. Актуальность связана с тем, что подземные воды с допустимыми значениями радона используются в радиотерапии различных болезней человека [4, 5, 8, 11, 14].

Для данной работы использованы архивные геологические и гидрогеологические материалы Агентства по геологии и полезных ископаемых Молдовы [1], собственные данные Лаборатории гидрогеологии Института

геологии и сейсмологии Молдавского Государственного университета, а также данные Национального агентства общественного здравоохранения Молдовы [10].

Радон, в небольших содержаниях, обнаружен во всех водоносных горизонтах изученной территории. Выявлено, что концентрации радона увеличиваются в местах развития тектонических разломов, и в зависимости от положения кристаллического фундамента, относительно водоносного горизонта – чем ближе фундамент, тем больше содержание газа. Проведенный анализ данных, показывает, что радоновые подземные воды характерны только для среднего Приднестровья. Эта территория в геолого-тектоническом отношении представляет зону развития тектонических разломов северо-западного и меридионального простирания. Кристаллический фундамент вскрыт скважинами на глубинах от 100.0 м до 300.0 м. Осадочный чехол пород достигает максимальной мощности около 200.0 м и залегает с размывом на кровле фундамента почти горизонтально. В стратиграфическом отношении верхняя часть чехла относится к венду, а нижняя к рифею. Подземные воды, приуроченные к четвертичным водоносным горизонтам надпойменных террас р. Днестр, характеризуются средним содержанием радона в воде до 3 эман/л и гелия до 27×10^{-5} мл/л при составе воды от гидрокарбонатного до сульфатно – хлоридного.

Наиболее водообильным является венд – рифейский водоносный комплекс. Этот комплекс имеет повсеместное распространение и приурочен, главным образом, к аркозовым песчаникам. Преимущественно его воды сульфатно-хлоридно-натриевые, со средним содержанием радона до 2.3 эман/л и гелия до 133×10^{-5} мл/л, содержание кремнекислоты до 75 мг/л и фтора до 12 мг/л. В этом водоносном комплексе обнаружены редкие микроэлементы и аномальные содержания радона и гелия (таблицы 1, 2).

Таблица 1

Содержания микроэлементов в подземных водах венд – рифейского водоносного комплекса среднего Приднестровья

Микрокомпоненты	Среднее значение. мг/л	Микрокомпоненты	Среднее значение. мг/л
Li	0.27	Mo	0.008
Sr	0.24	NH ₄	0.5
Ba	0.05	Br	1.71
Cr	0.003	I	0.82
Fe ²⁺	1.7	F	12.25
Fe ³⁺	0.3	HBO ₂	6.66
Mn	0.006	H ₂ SiO ₃	10.97
Ni	0.002	Zr	0.014
Co	0.034	V	0.006
Pb	0.018	Zn	0.02
Cu	0.0102		
Sn	0.002		

Таблица 2

Содержание радиоактивных элементов в подземных водах венд – рифейского водоносного комплекса среднего Приднестровья

Скважина	Интервал опробования, м	(²²⁶ Ra) n x 10 ⁻¹² г/л	(²²² Rn) n x 10 ⁻⁹ Бк/л	(²³⁸ U) n x 10 ⁻⁷ г/л
2	204.0–300.0	1.85	287.0	9.7
3	190.0–275.0	< 1.0	90.0	н/о
401	198.4–318.5	< 1.0	296.0	9.7
313	Самоизлив	н/о	33.5	н/о
15	198.0–501.0	< 1.0	2476.5	13.0

Примечание: н/о – не определено

Между содержаниями радона (²²²Rn) и водорастворенным гелием (He) выявлена прямая положительная корреляционная связь. С одной стороны, радон и гелий являются продуктами радиоактивного распада радиоактивных элементов; с другой, концентрация этих газов корреляционно связана с близостью кристаллического фундамента. Эта комплексная связь существует благодаря повышенному содержанию радиоактивных элементов в кристаллическом фундаменте (примерно в 40 раз больше, чем в осадочных породах [9] и геологических условиях миграции радона [13].

В результате проведенных исследований выявлено, что подземные воды среднего Приднестровья являются преимущественно слаборадоновыми (по содержанию ²²²Rn) [2]. Месторождения радоновых вод приурочены к тектоническим разломам, по которым мигрирует радон из глубоких подземных вод кристаллического фундамента. Степень излученности радоновых вод соответствует предварительной разведке с эксплуатационными запасами категории С1 от 35 до 122 м³/сут. Эти воды могут использоваться в курортном деле как радоновые минеральные воды для наружного применения.

Литература

1. Отчёт о предварительной разведке радоновых вод в Сорочском и Каменском районах МССР [Текст] / В. Н. Баранова, В. Н. Димо, Е.В. Загоровская – Управление геологии МССР, 1986. – 120 с.

2. Быбочкин, А. М. Инструкция по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям лечебных минеральных вод [Текст] / А. М. Быбочкин. – М. 1984. – 16 с.
3. Елисеев, В. А. Радоновые воды Алтая и их использование в санаторно-курортной практике [Текст] / В. А. Елисеев, Ю. Н. Акуленко, А. В. Пузанов // Известия АлтГУ. 2000. – №3. – С. 63–65.
4. Карпишевич, Л. Г. Уникальные природные факторы санатория «Радон» [Текст] / Л. Г. Карпишевич, Н. П. Минько, В. А. Пономарев, Л. А. Пирогова, Н. В. Мазур // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2017. – № 5-6. – С. 124–135.
5. Разумов А. Н. Современные возможности радонотерапии в медицинской реабилитации пациентов [Текст] / А. Н. Разумов, А. О. Пурига, О. В. Юрова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2015. – 92(4). – С. 54–60.
6. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01». М.: Минздрав России. – 2002. – 62 с.
7. Семенищев, В. С. Радон в подземных питьевых водах Свердловской области: определение активностей и методы удаления [Текст] / В. С. Семенищев, Н. Д. Бетенеков, А. Ф. Никифоров, С. В. Глазырин, Л. А. Томашова // Водное хозяйство России. – 2017. – №2. – С. 108–119.
8. Филимонов С. Н. Применение природных радоновых вод у пациентов с профессиональными артрозами [Текст] / С. Н. Филимонов, Р. В. Гордеева, О. В. Кузьменко, Л. Н. Киреева, Е. А. Мартынова, Т. В. Митичкина // Мед. труда и пром. экол. 2020; – 60(6). – С. 404–408.
9. Якуцени, В. П. Геология гелия [Текст] / В. П. Якуцени. – Ленинград: Недра, 1968. – 232 с.
10. Bahnarel, I. Estimarea riscului asociat iradierii populației Republicii Moldova și posibilități a reducerii riscului pe sănătate. Teza doctor habilitat. Centrul național științifico-practic de medicină preventivă a Republicii Moldova. – 2010. – 217 p.
11. Erickson, B. E. The therapeutic use of radon: a biomedical treatment in Europe; an "alternative" remedy in the United States. Dose Response., 2006. – V. 23;5(1). – P.48-62.
12. Hoehn, E., Von Gunten. H. R. Radon in groundwater: A tool to assess infiltration from surface waters to aquifers [Text] // Water Resour. Res. – 1989. – V. 25. – P. 1795–1803.
13. Krishnaswami, S., Seidemann D. E. Comparative study of ^{222}Rn , ^{40}Ar , ^{39}Ar and ^{37}Ar leakage from rocks and minerals: Implications for the role of nanopores in gas transport through natural silicates [Text]. – 1988. – Geochim. Cosmochim. Acta. – V. 52. – P. 655–658.
14. Pawlik-Sobecka, L. Balneotherapy with the Use of Radon –SulphideWater: The Mechanisms of Therapeutic Effect [Text] / L. Pawlik-Sobecka, J. Górka-Dynysiewicz, J. Kuciel-Lewandowska // Appl. Sci. – 2021. – V. 11. – 2849.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Давыдкова Е.А.

Научный руководитель доцент М.В. Козина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

3D моделирование в градостроительной деятельности становится всё более важным в современных условиях. Беспилотные летательные аппараты обеспечивают создание точных 3D моделей города, осуществление инспекций инфраструктуры, контроля застройки и планировки территорий, а также оценивать экологическую обстановку [1]. Это обеспечивает получение актуальной информации, быструю реакцию на изменения и принятие обоснованных решений в процессе развития городской среды.

3D модель города представляет собой виртуальное трехмерное отображение городской среды, которое помогает специалистам визуализировать и анализировать различные аспекты городской инфраструктуры. Эти модели включают здания, дороги, парки, реки, мосты, транспортные средства и другие объекты, что помогает понять пространственное распределение элементов городской среды. 3D модели города используются для планирования новых застроек, реконструкции существующих объектов, оптимизации транспортной инфраструктуры и принятия решений по улучшению городской среды в целях обеспечения устойчивого развития городов.

Для создания трехмерных моделей городов используются подробные планы городов, топографические карты и информация, полученная с применением современных технологий геоинформационных систем [2]. Процесс создания 3D модели города включает в себя следующие этапы: получение аэрофотоснимков с помощью беспилотных летательных аппаратов и последующую обработку фотограмметрических данных при помощи специализированного программного обеспечения, такого как Agisoft или Photoscan Pro.

Трехмерная модель позволяет не только визуализировать территории в трехмерном пространстве, но и открывает широкий спектр стратегически важных возможностей. Такие модели решают две ключевые задачи: подробную визуализацию и проведение точных измерений. Они значительно упрощают и ускоряют процессы архитектурного планирования и проектирования объектов капитального строительства.

С помощью трехмерных моделей города можно эффективно решать, как локальные задачи, например, планирование конкретных объектов, так и глобальные задачи градостроительного планирования, охватывающие всю территорию города [3]. Это позволяет специалистам принимать обоснованные решения по развитию городской инфраструктуры и улучшению жизненного пространства для жителей.

По ходу научно-исследовательской работы мы сравнили 3D модели городов СНГ и РФ. В сравнении используется от СНГ г. Алматы и г. Нижневартовск, г. Томск от РФ

В СНГ трехмерное моделирование применяется для оптимизации процессов планирования и развития городов, создания инновационных архитектурных решений и улучшения управления городской средой, создания

инновационных и устойчивых городов. В развивающихся странах трехмерное моделирование также становится все более популярным для улучшения планирования и управления городскими ресурсами.

В Алматы, крупнейшем городе Казахстана, внедрение трехмерной модели города позволяет улучшить планирование инфраструктуры, разработку градостроительных проектов, а также повысить эффективность управления ресурсами города.

Нижневартовск, город в Ханты-Мансийском автономном округе, известный как центр нефтяной промышленности.

Создание трехмерной модели г. Нижневартовск используется для оптимизации планирования инфраструктуры и улучшения управления городскими ресурсами. Это позволило сократить временные и финансовые затраты на разработку новых проектов, а также повысить эффективность взаимодействия между различными отделами городской администрации.

Томск, крупный научно-образовательный центр Сибири.

Внедрение трехмерного моделирования для разработки инновационных архитектурных решений и планирования устойчивого развития г. Томск. Это позволило создать более эффективные и экологически устойчивые градостроительные проекты, а также улучшить визуализацию будущего облика города для жителей и инвесторов.

Точные трехмерные модели открывают новые возможности для проектирования городской среды, которые сравнимы по точности с результатами аэролазерного сканирования. Они идеально подходят для измерения размеров зданий, расчета объемов, определения зон видимости и построения профилей. Благодаря совместимости форматов данных есть возможность воспользоваться преимуществами проектирования система автоматизированного проектирования, а затем перейти к пространственно-временному моделированию и анализу в геоинформационных системах [2].

Также проанализировали значимость дальнейшего внедрения трехмерного моделирования в практику строительства:

1. Улучшение качества проектирования: позволяет более детально и точно представить проекты строительства, что способствует улучшению качества проектирования и снижению вероятности ошибок на стадии разработки.

2. Оптимизация процессов строительства: оптимизация ускоряет выполнение работ, сокращая издержки и повышая эффективность использования ресурсов.

3. Улучшение взаимодействия между участниками проекта: трехмерное моделирование упрощая взаимодействие разных инженеров, заказчиков и других участников проекта, облегчая согласование решений [4].

4. Создание устойчивых и инновационных решений: способствуют развитию современных и экологически устойчивых городских сред.

5. Повышение конкурентоспособности строительной отрасли: поможет повысить конкурентоспособность отрасли за счет улучшения качества проектов, сокращения сроков реализации и снижения издержек.

В заключении хочу отметить, что с 2017 года Департамент градостроительной деятельности и архитектуры Министерство строительства России постепенно внедряет 3D проектирование, что повысит конкурентоспособность российского строительного комплекса на международном рынке, улучшит качество проектирования и строительства объектов, снизит стоимость проектирования и проведения экспертизы проектной документации, а также предотвратит возникновение чрезвычайных ситуаций [5].

Литература

1. Официальный сайт ГК «Геоскан» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/vmesto-geodezista-i-okhrannika-kak-bpla-ispolzuyutsya-v-stroitelstve>.
 2. Опыт создания и применения трехмерных моделей городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://racurs.ru/press-center/articles/obshchie-voprosy/opyt-sozdaniya-i-primeneniya-trekhmernykh-modeley-gorodov22/>.
 3. Перспектива применения 3D-моделирования в градостроительстве и кадастре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektiva-primeneniya-3d-modelirovaniya-v-gradostroitelstve-i-kadastre>.
 4. Применение 3D моделирования в архитектуре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://photogrammetria.ru/406-primeneniye-3d-modelirovaniya-v-arhitekture.html>
- 3D-проектирование будет использоваться в области промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/>.

АНАЛИЗ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ГОРОДА КЕМЕРОВО)

Зайцев А.В.¹, Ниязова Ю.А.²

Научный руководитель доцент В.В. Крамаренко

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

²Лицей при Томском политехническом университете, г. Томск, Россия

В данной статье приводится краткий анализ экспресс-методов определения характеристик набухания, отобранных на территории Кемеровской области глинистых грунтов.

Иллитовые и монтмориллонитовые глины являются распространенным типом грунтов, которые встречаются во многих регионах мира. Одной из характеристик этих глин является способность к набуханию при воздействии влаги и усадке при дегидратации. Согласно ГОСТ 25100-2020 к набухающим относятся глинистые грунты, имеющие в условиях свободного набухания относительную деформацию набухания >0,04 или развивающие давление более 0,01 МПа. Строительство на набухающих грунтах является опасным и может иметь серьезные последствия. Например, в Великобритании усадка после засухи в 1991 году стоила экономике 540 миллионов фунтов стерлингов. В США предполагаемый ущерб зданиям и инфраструктуре превышает 15 миллиардов долларов ежегодно. Как правило, такие грунты наносят больший финансовый ущерб владельцам недвижимости, чем землетрясения, наводнения, ураганы и торнадо, вместе взятые [6]. Таким образом, строительство на экспансивных грунтах обходится очень дорого, поэтому чрезвычайно актуальны при инженерно-геологических изысканиях быстрые и надежные методы их выявления, согласно ГОСТ 25100-2020 и СП 446.1325800.2019. Общие правила производства работ к набухающим относятся глинистые грунты, имеющие в условиях свободного набухания относительную деформацию набухания >0,04 или развивающие давление набухания в условиях ограниченного набухания, превышающее 0,01 МПа. Поэтому по ГОСТ 12248.6-2020, определяют следующие характеристики набухания: свободное набухание, набухание под нагрузкой и давление набухания. Испытания проводят при природной влажности, которая не является постоянной в течении года в зоне аэрации. Поэтому, при отборе грунтов один и тот же грунт может классифицироваться по-разному: при полном водонасыщении осенью он не будет набухающим, а в засушливое лето, наоборот будет поглощать воду и увеличивать свой объем. Для быстрой идентификации набухающих грунтов, нужно применить испытания порошков глин методом свободного набухания, которое представляет собой увеличение объема грунта без какого-либо внешнего ограничения при погружении в воду. Процедуры испытаний трудозатратны и длительны.

Целью данной работы был анализ и опробование экспресс-методов определения набухания, для выявления наиболее достоверных и наименее затратных.

В задачи входил обзор действующих нормативных документов, регламентирующих методы определения классификационных показателей, выбор методов, быстро выявляющих наличие набухающих грунтов, лабораторные определения показателей состава и основных физических свойств для прогноза набухания.

По выбранным методам были проведены лабораторные испытания, а также по действующим нормативным документам определены показатели гранулометрического состава и физических свойств – влажность, влажность на границе раскатывания и текучести для определения разновидности грунта. Испытания грунта проводились на глинах еловской свиты (LПel), залегающие на донегенных образованиях, встреченных в городе Кемерово. Существует несколько методов, которые применяются в смежных отраслях, а также за рубежом, в целом процедуры схожи, отличия в названиях, расчетах подготовке материала. Работы проводились по ГОСТ 21282-93, ГОСТ 3594.10-93 и ГОСТ Р 59456-2021. Помимо этого, также будут использованы зарубежные методики IS 2720 (Part-40): 1977 (Reaffirmed 2021) [1-4].

ГОСТ 21282-93 [1] предлагает метод определения набухания глинистых грунтов, основанный на определении бентонитового числа (набухаемость). Метод схож с методом, описанным в ГОСТ Р 59456-2021 [3], где также определяется бентонитовое число (набухаемость). Данные методы являются довольно быстрыми и относительно простыми в исполнении. Полученные результаты испытаний грунтов данными методиками отображены в таблице 1.

$$B = 100 - V,$$

где 100 – объем приливаемой воды, см³; V – объем отстоявшейся воды после образования геля бентонитовой глины, см³.

Таблица 1

Результаты определения бентонитового числа (набухаемости) по ГОСТ 21282-93 и ГОСТ Р 59456-2021

Образец грунта	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
ГОСТ 21282-93					
Бентонитовое число B, см ³ (4г/100 см ³ /24 ч)	9 см ³	9 см ³	10 см ³	9 см ³	9 см ³
ГОСТ Р 59456-2021					
Бентонитовое число B, см ³ (2г/100 см ³ /24 ч)	12 см ³	10 см ³	13 см ³	11 см ³	12 см ³

ГОСТ 3594.10-93 [2] предлагает метод определения седиментационного объема, через коллоидальность – K, %:

$$K = \frac{V - 100}{15}$$

где, V – объем осадка глины в пробирке, см³; 15 – общий объем глины и воды в пробирке, см³

Результаты испытаний методики данного ГОСТа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения коллоидальности по ГОСТ 3594.10-93

Образец грунта	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Коллоидальность K, %	18.67	19.34	20.00	21,34	20.00

Кроме того, при анализе экспресс-методов определения набухания глинистых грунтов, взятых на территории города Кемерово, можно использовать методику IS 2720 (Part-40) [8], которая включает определение объемной массы грунта и его способности к свободному набуханию.

Согласно IS: 2720 [9] FSI определяется по формуле:

$$FSI = \frac{V_d - V_k}{V_k} \times 100$$

где, V_d – объем образца грунта в цилиндре с дистиллированной водой; а V_k – объем образца грунта в цилиндре с керосином.

Результаты методики по IS 2720 (Part-40) [8], представлены в таблице 3, а классификация испытуемых грунтов, по степени набухания дана по таблице 4.

Таблица 3

Результаты определения индекса свободного набухания по IS 2720 (Part-40)

Образец грунта	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ Б
Индекс свободного набухания FSI (%)	338	500	212	425	280	255
Степень набухания	Очень высокая					

Таблица 4

Справочная таблица свободного набухания по IS 2720 (Part-40)

Показатель текучести (%)	Число пластичности (%)	Индекс усадки (%)	Свободное набухание (%)	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 результате анализа описанных в статье экспресс-методов определения свободного набухания, очень сложно выбрать какой-то один более эффективный способ, так как следует учитывать следующие факторы: типы грунтов; ресурсы и бюджет; точность и надежность; время выполнения испытаний.

Таким образом, все вышеперечисленные методики имеют свои преимущества и ограничения, и эффективность каждой из них может зависеть от специфических условий и требований проекта. Исходя из проделанной работы более эффективным методом определения свободного набухания, на наш взгляд, является методика IS 2720 (Part-40): 1977 (Reaffirmed 2021).

Литература

- ГОСТ 21282-93. Глина бентонитовая для тонкой и строительной керамики. Метод определения бентонитового числа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294852/4294852852.pdf>
- ГОСТ 3594.10-93. Глины формовочные огнеупорные. Метод определения коллоидальности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/97/9714.pdf>
- ГОСТ Р 59456-2021 Наноматериалы. Глины органотфильные и гидрофильные наноструктурированные. Технические требования и методы испытаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/750/75084.pdf>
- Bellendir, E. N. On the classification of clayey soils in russian and foreign standards Soil Mechanics and Foundation Engineering [Text] / E. N. Bellendir, A. A. Kagan, T. Yu. Vekshina. – 2005. – V. 42. – P. 22–27.
- Brasher B. R. Use of Saran resin to coat natural soil clods for bulk density and water-retention measurements [Text] / B. R. Brasher, D. P. Franzmeier, V. T. Vallassis, S. E. Davidson // Soil. Sci. – 1966. – V. 101(2). – P. 101–108.
- British Geological Survey. Swelling and shrinking soils BGS Research – Shallow geohazards (Набухание и усадка грунтов - Британская геологическая служба) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bgs.ac.uk/>
- Chen F. H. Foundations on Expansive Soils (Elsevier Amsterdam). – 1975. – 280 p.
- Holtz, W. G. Engineering properties of expansive clays [Text] / W. G. Holtz, H. J. Gibbs // Transactions of ASCE. – 1956. – V. 121. – P. 641–663.
- 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>
- Lambe, T. W. Soil mechanics, SI version [Text] / T. W. Lambe, R. V. Whitman. – 2000. – 553 p.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТАРМАНСКОЙ ВОДНО-ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ В 2023 Г.

Зайцева В.Ю.

Научный руководитель профессор Н.С. Евсева

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Антропогенный морфолитолиз преобразует и изменяет геоморфологические и геоэкологические условия территории, определяет особенности окружающей среды, условия осадконакопления, влияет на скорость и интенсивность экзогенных процессов, в том числе и на поверхностных сток. Антропогенное воздействие на речной сток постоянно увеличивается, вследствие возрастания водопотребления на питьевое, хозяйственно-бытовое водоснабжение и промышленные нужды.

По данным метеостанции г. Тюмень в течение последних 30 лет климатические условия достаточно стабильны. Так, наблюдаемая разница среднемесячных температур на территории г. Тюмени не превышает 33–36 °С [2]. Средняя температура воздуха в январе составляет -19...-20°С, в июле – +18...+20°С [2]. Температура, количество выпавших осадков и длительность залегания снежного покрова за период 2016-2023 гг. изменялись незначительно. Среднегодовое количество осадков варьировало от 301 до 518 мм [2]. Влияние климатического фактора на состояние водоемов, по мнению автора, незначительно и не могло вызвать сильную межень в 2022–2023 гг. как и в бассейне р. Туры, так и в Тарманской водно-озерной системы.

В настоящее время водные ресурсы р. Туры используются для водохозяйственной деятельности. По данным доклада об экологической ситуации Тюменской области установлена квота на забор воды из поверхностных водных объектов, которая увеличивается в объеме из года в год. За 2022 г. квота составила 910,90078 млн м³, из которых 72,7 % или 662,22487 млн м³ пришелся на Туру [1]. Для сравнения, забор воды в 2021 г. составил 536,2848 млн м³ [1]. На территории бассейна Туры антропогенная нагрузка в части изъятия воды составляла 274,8 млн м³/год (+ 7.8 к уровню 2021 г.) [1]. Данные об экологической ситуации за 2023 г. по области не опубликованы, но можно предположить, что квота на забор и изъятия воды из речной системы увеличены, исходя из тенденций последних лет.

Ключевой участок исследования расположен на левобережье р. Туры в северо-западной части Тарманского болотного массива, где находятся самые крупные по площади озера: Копанец, Шайтанское, Большое, Среднее и Нижнее Тарманское, относящиеся к Тарманской водно-озерной системе (рис. 1).



Рис. 1. Расположение Тарманской водно-озерной системы на космическом снимке Sentinel-2 [5] в пределах Тюменского района. В качестве базовой карты использовалась топографическая карта мира (с контурами и отмывкой)

Для анализа сезонной динамики площади озер использованы нормализованные разностные индексы: водный (NDWI), мутности (NDTI) и хлорофилла (NDCI) [3, 4, 6]. Нормализованный разностный водный индекс применён для отделения заболоченных участков и переувлажненных грунтов от поверхности воды [6]. Водная поверхность определяется по значениям данного индекса от 0 до 1, а территории, занятые почвенно-растительным покровом разной степени увлажненности – от -1 до 0 (рис. 2А, 2Г). На значение водного индекса влияет мутность воды [4], поэтому для оценки динамики площадей применен и индекс мутности, который характеризует водную поверхность (рис. 2Б, 2Д). Для определения наличия на поверхности водоема гидрофильной растительности использовался индекс хлорофилла (рис. 2В, 2Е) [3]. С целью проведения анализа сезонной динамики водно-озерной системы задействовались безоблачные снимки Sentinel-2 с атмосферной коррекцией [5]. Анализ сезонной динамики проводился в период с апреля по октябрь 2023 г., когда водная поверхность освобождена от ледового покрова. Всего использовалось 7 космических снимков: 13.04.2023, 26.05.2023, 30.06.2023, 20.07.2023, 16.08.2023, 23.09.2023, 05.10.2023 [5].

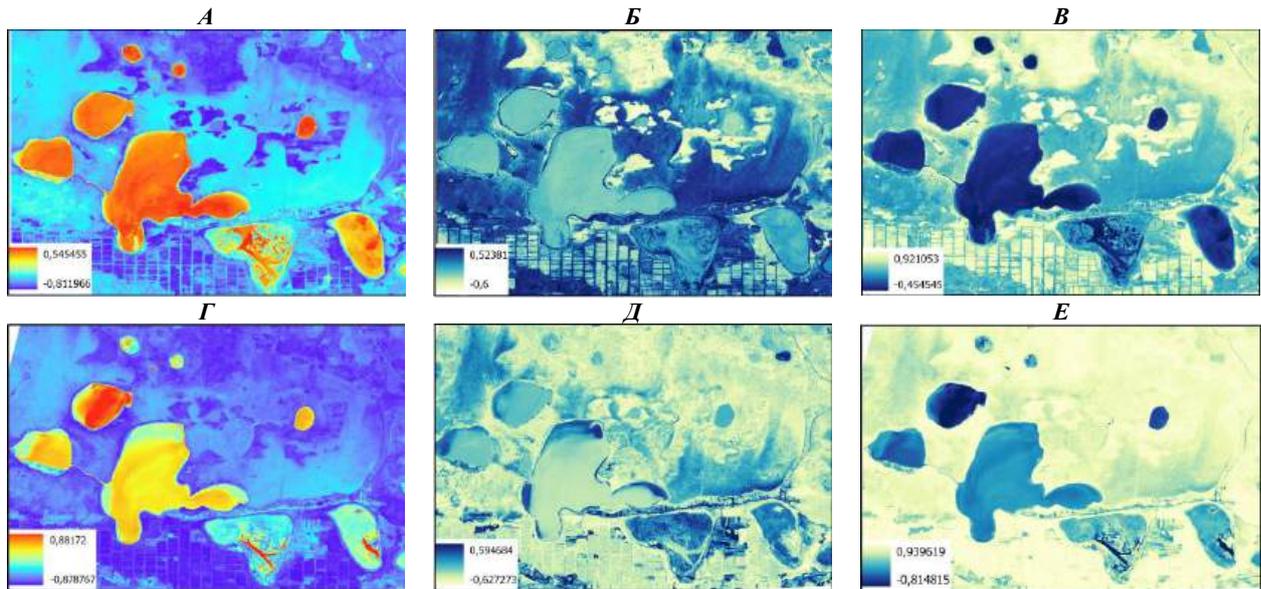


Рис. 2. Нормализованные разностные индексы: водный (А, Г), мутности (Б, Д) и хлорофилла (В, Е). Майский период половодья: А, Б, В. Августовская межень: Г, Д, Е

Для бассейна Туры характерно половодье в мае и августовская межень. Малообеспеченные влагой участки приурочены либо к повышениям в рельефе, либо расположены на дренируемой поверхности мелиоративными каналами. По сравнению с периодом половодья (рис. 2А) почвенно-растительный покров менее увлажнен, в особенности в южной части территории. Заболачиваемые участки дешифрируются также в центральной и северной частях исследуемого района (рис. 2Г). Часть территории, южнее от оз. Среднего Тарманского и Нижнего Тарманского, дренируется мелиоративными каналами, но и там встречаются переувлажненные участки почвенно-растительного покрова. Уменьшение значений индекса за рассматриваемый год связан с интенсивной эвтрофикацией водоемов (рис. 2 В, Е). Исследуемая территория интенсивно заболачивается. Площадь населенных пунктов небольшая, рассчитанные значения с минимальными искажениями для нормализованного разностного водного индекса.

В динамике с мая по август уровень воды в озерах значительно уменьшался и увеличивалась эвтрофикация. К октябрю восстановление системы не наблюдалось, хотя в предыдущие годы уровень воды в осенний период поднимался к норме апреля. В предыдущие годы наблюдалось зарастание Среднего и Нижнего Тарманских озер. В 2023 г. произошло интенсивное развитие микрофлоры, снижающей прозрачность воды, поскольку глубина проникновения лучей солнца уменьшилась, и в результате недостатка света начиналась гибель придонных растений.

Литература

1. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2022 году [Электронный ресурс] // Департамент недропользования и экологии Тюменской области. – Режим доступа: https://admtumen.ru/files/upload/OIV/D_nedro/Доклад%20об%20экологической%20ситуации%20в%20Тюменской%20области%20в%202022%20году.pdf
2. Летопись погоды в Тюмени [Электронный ресурс] // Погода и климат. – Режим доступа: http://www.pogodaiklimat.ru/history/28367_2.htm
3. Application of remote sensing data for monitoring eutrophication of floodplain water bodies [Text] / E.V. Fedonenko, O.M. Kunakh, Y.A. Chubchenko, O.V. Zhukov // Biosystems Diversity. – 2021. – Vol. 30. – No. 2. – p. 179–190
4. Lake Water Quality and Dynamics Assessment during 1990–2020 (A Case Study: Chao Lake, China) [Text] / C. Li, I. Rousta, H. Olafsson, H. Zhang // Atmosphere, 2023. – V. 14. – No. 2. – P. 382
5. Sentinel Hub EO Browser [Electronic resource] // Sinergise Laboratory for geographical information systems, Ltd. – URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (access date: 15.03.2024).
6. Yang, X. Mapping of Urban Surface Water Bodies from Sentinel-2 MSI Imagery at 10 m Resolution via NDWI-Based [Text] / X. Yang, S. Zhao, X. Qin, N. Zhao, L. Liang // Image Sharpening. Remote Sensing, – 2017. – V. 9. – No. 6. – p. 596.

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЧЕРНОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГРАНИЦАХ ВОДОЗАБОРА

Козырская К.В., Козырский С.С.

Научный руководитель доцент А.Н. Никитенков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Обеспечение населения чистой питьевой водой – одна из ключевых задач по обеспечению социального благополучия в современном мире.

Значительная часть территории Хакасии расположена в аридной зоне в условиях дефицита пресных подземных вод и все возрастающего техногенного загрязнения источников водоснабжения.

Целью работы является изучение условий формирования химического состава Черногорского месторождения подземных вод в границах водозабора, а также выявление и систематизация источников техногенного воздействия на состав вод. Объектом исследования является водосбор реки Абакан в створе Черногорского водозабора.

Река Абакан является наиболее крупным на рассматриваемой территории притоком Енисея, впадающим в него слева. Бассейн реки Абакан площадью 32000 км² полностью располагается в пределах республики, охватывая около 52% её территории, общая протяжённость реки – 514 км. Истоки Абакана (по р. Большой Абакан) находятся в безымянных хребтах зоны сочленения Западного Саяна со структурами Горного Алтая. Высотные отметки водораздельных хребтов колеблются в пределах 2200–2800 м, истоки располагаются на высотах 2150 м – 2400 м. В равнинной части реки Абакан (площадь водосбора 17600 км²) перепад высот русла составляет 180 м, продольный уклон уменьшается до 0,0013. На всем этом отрезке русло реки разбивается на ряд рукавов, проток, ширина которых достигает 180–230 м при глубине 1,0–2,6 м, скорость течения до 1,3 м/с. Ширина русловой части долины колеблется от 2 до 4 км, пойменной части с нижними террасами – до 6–7 км. Притоками слева здесь являются: – реки Таштып, Тея, Есь, Аскиз, База, Камышта, Уйбат, справа – Сос, Табат, Уты, Бея. Вследствие асимметричности равнинной части бассейна реки Абакан, левые притоки более полноводны, чем правые.

Согласно государственного доклада «О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2021 году» по степени загрязнённости в 2017 г. ухудшение качества воды наблюдалось на участках: р. Абакан «в черте г. Абакан» из 2 класса (слабо загрязнённая) в 3 класс разряд «а» (загрязнённая); в реках Абакан «выше г. Абаза», Аскиз «выше с. Аскиз», Уйбат «ожнее с. Усть-Бюр» – 3-й класс, разряд «а» (загрязнённая); – в реке Аскиз «ниже с. Аскиз» – 3 класс разряд «б» (очень загрязнённая) [2].

Факторами изменения состава вод могут являться антропогенные воздействия от разработки угольных месторождений открытым способом на участке горных работ Аршановский и Майрыхский а также хозяйственно-бытовые стоки от населённых пунктов расположенных, выше по течению, на правом берегу реки.

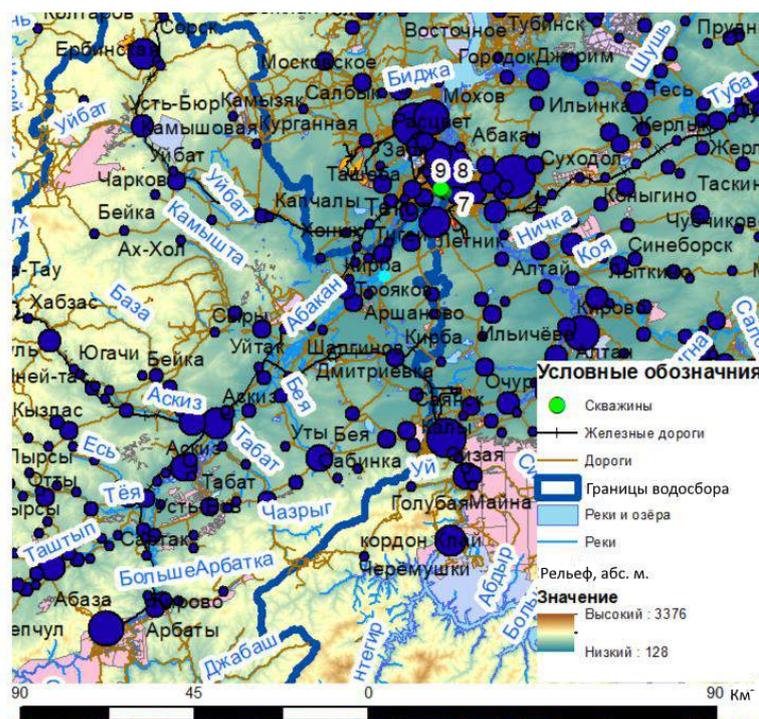


Рис. Расположение основных источников загрязнения вод р. Абакан (розовые и синие полигоны – объекты горнодобывающей промышленности)

Для характеристики их распределения по водосбору и визуализации основных факторов загрязнения был произведен анализ территории на основе открытых источников картографической информации, и построена карта, иллюстрирующая расположение потенциальных источников антропогенных химических элементов.

Загрязнение реки происходит за счёт двух основных категорий загрязнителей (см. рис):

1. Хозяйственно-бытовые стоки

Анализ проб воды в реке Абакан свидетельствует о различном уровне превышения содержания такой группы загрязнителей, как тяжёлые металлы. Так, концентрация молибдена во всех точках составляет в среднем 0,04 мг/дм³ и превышает норматив ПДК в 40 раз. Содержание меди варьирует от 0,0043 до 0,0072 мг/дм³ в створе левого берега, что выше ПДК в 2,1 и 3,1 раза соответственно. Содержание цинка, являющегося биогенным элементом, лежит в пределах от 0,013 до 0,026 мг/дм³. Превышение ПДК в 2 раза отмечено в створе левобережья, во всех других точках отбора концентрации цинка сопоставимы с нормативом, принятым для данного элемента, – 0,01 мг/дм³.

Незначительные превышения, сопоставимые с нормативом, зафиксированы для концентраций кобальта, железа общего и никеля. Содержание свинца – 0,0072 мг/дм³, которое выше ПДК на 15 %, отмечается лишь в пробе воды, взятой у левого берега. В остальных точках концентрация свинца в поверхностных водах реки Абакан находится в пределах норматива. Для органических загрязнителей концентрации, превышающие нормативный показатель, зафиксированы лишь по фенолам и только в пробе № 2, находящейся в створе реки у левого берега. Содержание фенолов здесь составляет 0,0023 мг/дм³. Это выше норматива в 2,3 раза. Превышение ПДК по азотной группе отмечается для иона аммония и для вод у правого берега реки на участке впадения Койбальской протоки. Содержание ионов аммония составляет 0,1 мг/ дм³, это в 1,6 раза выше норматива. Наличие ионов аммония в водах реки у правого берега может быть связано с присутствием населённого пункта, где распространены частные жилые постройки [3].

2. Загрязнение вод в результате разработки месторождений полезных ископаемых Разрез Майрыхский

В пробах воды поверхностных водных объектов окружающего месторождение отмечена минерализация на уровне 1,0 г/л, что не характерно для данной территории. В пробе воды обнаружены превышения нормативов по нитритам (1,1 ПДК рыб. хоз.), железу (21 ПДК рыб. хоз.), нефтепродуктам (1,3 ПДК рыб. хоз.), марганцу (6,3 ПДК рыб. хоз.), меди (16 ПДК рыб. хоз.) Повышенные значения обусловлены химическим составом подстилающих пород и донных отложений. Данные значения химического состава вод не превышают фоновых значений (до начала горных работ) [4].

Разрез Аршановский.

Карьерные воды с выработанного пространства собираются по водоотводной канаве в существующий зумпф (после 2018 г. зумпфы), который с передвижением фронта работ будет переноситься.

Зумпф оборудуется плавающей боной марки БСС-10, предназначенной для сорбции нефтепродуктов.

Для подачи воды из зумпфа в пруд-испаритель используется существующая передвижная насосная станция, оборудованная насосами марки ЦНС 105-245 (2 раб. 1 рез), производительностью 105 м³/час, напором 245 м с электродвигателем 4АН250-М2 мощностью 132 кВт.

Пруд-испаритель – земляная емкость, предназначенная для утилизации карьерных вод.

В связи с присутствием в карьерных водах трудно очищаемых компонентов (хлоридов и сульфатов) и небольшим объемом по сбросу (до 800 м³/сут) в проекте предусмотрен для очистки и утилизации карьерных вод пруд-испаритель [5].

В настоящее время не наблюдается значимого влияния представленных выше антропогенных источников загрязнения на качество воды в рассматриваемом створе. Обусловлено это процессами разбавления воды в реке, а также процессами её естественной самоочистки. Вместе с тем их рассмотрение представляется интересным как с позиций оценки потенциальных источников влияния на состав в створе водозабора в случае возможных аварийных сбросов с рассматриваемых объектов, так и с позиций оценки влияния на состав вод в локальных областях сброса сточных вод, которые хотя и не рассматриваются в данной работе, но представляют как научный, так и практический интерес, который предполагается удовлетворить в дальнейшем.

По составу воды Черногорского месторождения пресные, гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией до 100-120 мг/л, состав определяется, преимущественно, составом вод р. Абакан. Факторы антропогенного воздействия на изменения состава вод, на данный момент изучены не в полном объеме. Отсутствуют данные по выборкам с разрабатываемых в притоках реки Абакан золотоносных месторождений.

Заключение.

Построенная карта позволяет визуализировать источники потенциального загрязнения и оценить возможность их влияние на состав вод.

В дальнейшем предполагается площадная оценка факторов формирования состава на основе космоснимков, позволяющая наглядно и оперативно оценивать изменение факторов формирования состава стока, а также локализовать источники загрязнения.

Литература

1. Подземные водозаборы республики Хакасия и водоснабжение населения [Текст] / Д. С. Покровский, Е. М. Дутова, А. А. Булатов, К. И. Кузеванов – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 300 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2021 году», Департамент по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии Республики Хакасия, Руководство и редакционная коллегия: В. Ю. Лебедев, Г. В. Тинников, Е. Н. Большакова, И. А. Долгорукова, Д. В. Залутский, К. В. Лысогорский, В. В. Непомнящий, А. А. Попов. – Абакан, 2022.
3. Шанина, Е. В. Транслокация поллютантов в системе почва – поверхностные воды: корреляционный анализ [Текст] / Е. В. Шанина, О. Л. Захарова, А. А. Голубничий // Фундаментальные исследования. – Москва. – 2014. – № 12, ч. 6. – С. 1216–1219.
4. Углепогрузочный пункт ООО «УК «Разрез Майрыхский». Расширение с применением комплексов FGX-48A Материалы оценки воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности. Текстовая часть 390-909-19-ОВОС.ТЧ. Том 1, 2020 г. – 148 с.
Проектная документация строительства угледобывающего предприятия ООО «Разрез Аршановский» на участке «Аршановский I» Бейского каменноугольного месторождения в Республике Хакасия. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). 110-2012/П-Г, Том 2 Книга 2, 2012 г. – 133 с.

**МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА ТЕРРИТОРИИ СТАНЦИИ ТЕБА**

Конончук Ф.О.

Научный руководитель доцент А.В. Данилова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В современном мире, где рост населения и развитие инфраструктуры приводит к усилению воздействия на окружающую среду, мониторинг опасных геологических процессов становится все более актуальным. Территория, рассмотренная в этой статье, представляет собой сложную природную систему, на которой происходят различные геологические процессы, такие как землетрясения, оползни, сели, обвалы и др.

Район исследования расположен на юго-востоке Кемеровской области/Кузбасса Кузнецка Алатауского горного массива. Это мощный сложнопостроенный горный хребет северо-западного простирания, разделяет бассейны рек Томь и Чулым. Высота гор возрастает в направлении с северо-запада на юго-восток от 600–900 до 1500–1800 м. Рельеф является расчлененным и покрыт черной тайгой. Здесь берут начало большая часть рек области, а также с юго-востока на северо-запад территорию пересекает главная водная артерия Кузбасса – р. Томь [3].

В техногенном плане территория является почти не тронутой, основные антропогенные процессы развиваются вдоль железной дороги. Стоит учесть вырубку горных лесов, которая приводит к уменьшению полноводности, а также усилению поверхностного стока. Из-за этого дождевая вода быстро собирается в реки, которые образует разрушительные потоки, при этом понижается уровень грунтовых вод [3].

Территория находится в сейсмической зоне и определяется тектоническим строением с неотектоническими движениями. Сейсмичность увеличивается северо-запада на юго-восток от 5 до 8 баллов [3].

На горных территориях активно развиты гравитационные процессы, на которые существенно действует сейсмика, гидрологические и климатические факторы. У речных долин в бортах широко развита боковая эрозия. Сейсмические процессы являются весомыми агентами в возникновении осыпей и обвалов [3]. Железная дорога проложена в речной долине реки Томь и является южным ответвлением Транссиба (Междуреченск–Абакан), является однопутной.

Цель работы: выделение участков, на которых необходимо проводить мониторинг развития геологических процессов, для предотвращения их негативного воздействия на железную дорогу

Задачи: 1. Сбор и анализ информации об условиях и активности развития опасных геологических процессов и явлений; 2. Составление карт на основе собранной информации; 3. Выделение на карте участки, потенциально опасные для развития экзогенных процессов.

Литология (рис. а): Изучаемая территория сложена породами протерозойского-раннее палеозойского возраста магматического происхождения, сильно метаморфизованные и пережатые. Четвертичные отложения представлены коллювиально-делювиальными отложениями, в речной долине обширно распространены плохо сортированные аллювиальные отложения.

Уклон (рис. б): С запада на восток происходит увеличение количества уклонов с углами $>41^\circ$, причём до станции Теба железная дорога идёт по правому борту реки, где таких уклонов меньше $<20^\circ$, а после переходит на левый борт с исключительно крутыми углами наклона.

Кривизна склона (рис. в): Характеризует морфологию откосов. Положительные значения говорят о вогнутом рельефе, отрицательные же о выпуклом, а приближенные к нулю – плоский уклон. Вогнутый склон может содержать больше воды после выпадения осадков и может указывать на имение почвенного покрова. Выпуклый, зачастую является выходом на поверхность горной породы. Количество выпуклых склонов и скал возрастает по мере продвижения с запада на восток по железной дороге [4].

Абсолютные отметки поверхности (рис. г): С движением на восток увеличивается высотность от 300 м до 1200 м. Она может являться фактором, от которого косвенно зависят геологические процессы, например, оползни.

Экспозиция склона (рис. д): Является весомой характеристикой при учёте выветривания горной породы. В этом случае имеет место физическое и химическое выветривание, которые косвенно зависят от падений солнечного света на обнажённую скальную породу.

Мониторинг следует проводить по участкам, на которых активно развита динамика геологических процессов, являются опасными и вызывают угрозу для объектов экономики [2].

Оценка и прогноз некоторых процессов и явлений осуществляется при помощи ГИС-технологий, это позволяет нам работать с огромным массивом информации, а конкретно с различным набором полученных карт. Далее, можно выделить опасные участки, которые могут быть дополнены результатами полевых исследований. Это значительно упростит и удешевит мониторинг геологических процессов на всем железнодорожном пути.

Оценку опасных процессов проводится по площади пораженности территории. Каждой категории, которую можно встретить вдоль железной дороги, нужно дать оценочный показатель. Выполняется он на основе расчетных характеристик и количественного прогноза с корректировкой локального мониторинга [6].

Территория подвержена сходам лавин, для выбора противолавинного комплекса нужно учесть режим, характеристики и количество снега. Также встречаются обвальные процессы, возникающие на крутых склонах с выходом горных пород на поверхность. Проходящие поезда создают вибрацию, способствующую образованию новых трещин в горной породе, что является серьёзной проблемой [6].

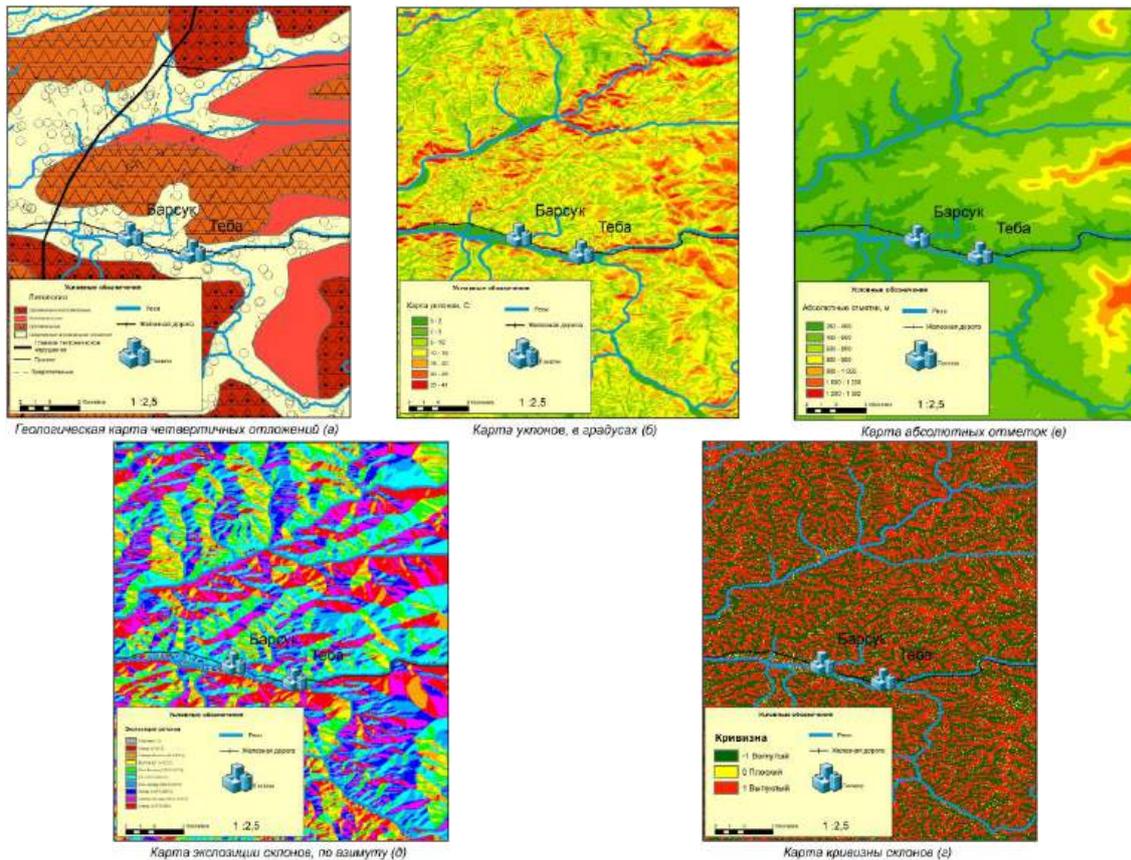


Рис. (а–г) Построенные карты характеристик территории

Благодаря картам RSTM взятых из Earth Explorer, в итоге построены карты с различными характеристиками территории в инструментарии ArcGis. Особую опасность на данной территории, а конкретно на железной дороге, представляет увеличение трещиноватости скальных пород, увеличивающие количество проходящих составов, которые воздействуют вибрацией на окружающую скалы, увеличение техногенной сейсмичности из-за добычи полезных ископаемых.

Эти карты рекомендую использовать для контроля и оперативного управления состоянием геологической среды. Карту уклонов и сторон света хорошо сочетают друг друга тем, что, например, при увеличении температур, весной, увеличивается вероятность схода лавин при критической массе снега на склоне. Зная расположение основных и второстепенных разломов, нужно будет учесть выходы подземных вод ближе к этим зонам, а также увеличение трещиноватости. Кривизна в виде вогнутого склона имеет большую предрасположенность к эрозии, так как вода на таких склонах содержится дольше, в итоге имеется риск возникновения оползня.

Опасные геологические процессы, происходящие на территории, помогают определить основные типы возможных процессов и динамику их развития. В результате анализа были выявлены наиболее уязвимые участки, расположенные восточнее станции Теба. Эти данные могут быть использованы для территориального планирования, определения стратегий геологоразведки и разработки месторождений. Постоянный мониторинг геологической среды помогает своевременно реагировать на угрозы и предотвращать аварии и катастрофы.

Литература

1. Леонова, А. В. Оценка овражной эрозии на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий [Текст] / А. В. Леонова, Л. А. Строкова // Известия УГГУ. – 2021. – Т. 1 (61). – С. 74–86.
2. ГОСТ Р 22.1.06-2023 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных геологических явлений и процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kodeks.lib.tpu.ru/docs/>
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третьей поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-45-Новокузнецк. Объяснительная записка. – СПб.: картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. 665 с. +10 вкл. (МПР России, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «Запсибгеолсъемка»).
4. Оценка оползневых процессов на территории г. Томска с использованием ГИС-технологий [Текст] / Леонова А. В., Строкова Л. А., Никитенков А. Н. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2021. №1. – С. 94–103.
5. Принципы и критерии районирования геологической среды Сибирского Федерального округа по условиям развития современных геологических процессов [Текст] / Емельянова Т.Я., Строкова Л.А., Крамаренко В.В., Леонова А.В. // Охрана и разведка недр. – 2010. – С. 72–76.
6. СП 115. 13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95 Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2018 г.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ли А.С.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Картографирование земель сельскохозяйственного назначения в настоящее время одна из актуальных задач современной картографии и землеустроительной науки [1]. На территорию Российской Федерации создано значительное количество сельскохозяйственных карт различных типов и форматов, однако их разнообразие не всегда обеспечивает достаточную актуальность и надежность для практического применения, так как часто материал оказывается не всегда систематизирован и достоверен.

Возникает потребность в получении объективной информации и контроле происходящих изменений в использовании земель сельскохозяйственного назначения.

Получение информации при мониторинге и исследовании земель сельскохозяйственного назначения может осуществляться при использовании:

Дистанционного зондирования (съемки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов).

Наземных съемок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных).

Соответствующих фондов данных.

В контексте регулярного мониторинга, информация, полученная посредством дистанционного зондирования, обеспечивает необходимую точность и обширность для анализа изменений на сельскохозяйственных угодьях.

Данные полученные в результате дистанционного зондирования требуют дешифрирования, такой процесс включает в себя анализ изображений с целью классификации объектов на снимках. Именно геоинформационные технологии позволяют объединять, анализировать и визуализировать полученные данные для принятия решений и проведения дальнейших исследований.

Таблица 1

Основные методы дешифрирования

Цифрование объектов	Создание цифровых объектов на основе снимков или картографических данных
Классификация с использованием мультиспектральных данных	Использование спектральных данных, полученных с мультиспектральных снимков для разделения угодий на различные классы, такие как пашни, лес, сенокосы, пастбища
Индексы вегетации	Отражают здоровье растительности, помогают выделить различные типы растительности на угодьях

В рамках исследования была проведена апробация рассматриваемых методов, а именно цифрования объектов и классификации с использованием мультиспектральных снимков с целью исследования земель сельскохозяйственного назначения на территории в пределах кадастрового квартала 70:16:0200015 расположенного в Шегарском районе Томской области. Площадь исследуемого объекта равна 36086 Га.

В качестве исходных данных были использованы космические снимки Google Satellite (2021–2022) и Landsat Legacy ETM+ (1999–2003), а также карта внутрихозяйственного землеустройства 80-х годов. В процессе работы рассматриваемые методы реализовывались в различных программных средах - QGIS и ArcGIS.

Метод цифрования объектов был реализован в программном обеспечении QGIS. Суть заключается в том, что необходимо преобразовать картографический материал из графической формы в цифровую. Используя имеющиеся космические снимки Google Satellite (2021–2022) и карту внутрихозяйственного землеустройства 80-х годов, были оцифрованы лесные и водные объекты, а также все угодья, включая пашни, пастбища и сенокосы.

Интерактивная контролируемая классификация с использованием мультиспектральных снимков является вторым рассматриваемым методом, который был реализован в программном обеспечении ArcGIS при использовании космических снимков Landsat Legacy ETM+ (1999–2003). Такой метод представляет собой процесс, в ходе которого каждый пиксель мультиканального изображения связывается с определенным классом объектов на местности. Иными словами, программе необходимо задать классы объектов, а далее, она автоматически распознает их на космических снимках.

В процессе апробации двух методов были разработаны и подготовлены цифровые карты сельскохозяйственных угодий, а также экспликация земель по угодьям, содержащая сведения о площадях исследуемых объектов.

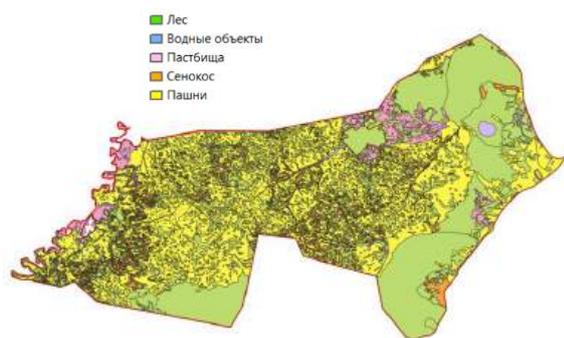


Рис. 1. Цифровая модель карты, созданная в QGIS

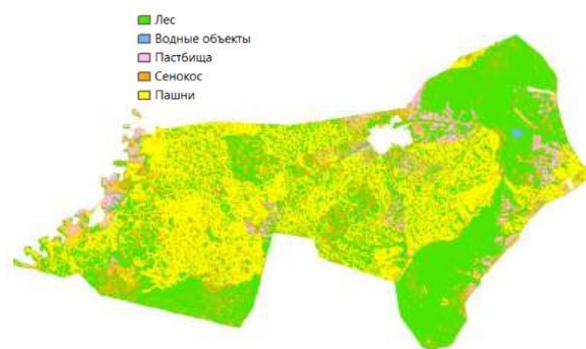


Рис. 2. Цифровая модель карты, созданная в ArcGIS

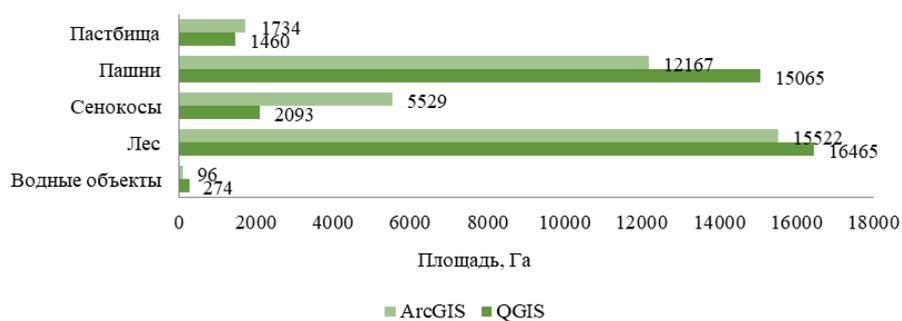


Рис. 3. Экспликация объектов

Из рисунка 3 видно, что полученные площади отличаются. Такой результат обусловлен, прежде всего, использованием разных методик и исходных данных.

Цифрование объектов демонстрирует возможность контроля и коррекции процесса, что способствует улучшению точности и надежности результатов, а также создаёт условия для создания интерактивных цифровых карт с удобным разделением информации для анализа. Так, в рамках данного метода не учитывались заболоченные угодья, так как они не представляли большой ценности для анализа, что в свою очередь и повлияло на искомый результат.

Благодаря автоматизированному процессу интерактивной контролируемой классификации повышается эффективность работы, что в свою очередь позволяет оперативно производить анализ данных и получать предварительные результаты, например, оценки площадей угодий. Но, важно учитывать, что полученный результат зависит от качества и актуальности имеющегося комплекта космических снимков.

Проведенный анализ позволяет сделать выводы о том, что использование различных подходов приводит к разнообразию полученных результатов, что подчеркивает важность выбора правильной методики в зависимости от поставленных целей и особенностей исследования. Комбинирование обоих методов может быть эффективным подходом для быстрой обработки данных и последующего улучшения точности и детализации карты.

Литература

1. Елтошкина, Н. В. Геоинформационное картографирование земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Н. В. Елтошкина // Московский экономический журнал. – 2022. – №3. – С. 31–46.
2. Цыганков, Д. Н. Применение данных дистанционного зондирования для мониторинга использования земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / Д. Н. Цыганков, В. И. Сысенко // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2012. – Т. 2(22).

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Мауль Д.А.

Научный руководитель доцент Козина М.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одной из основных метрик любого вида недвижимости является кадастровая стоимость. Она необходима для установления суммы налога, которым облагается недвижимое имущество, а также величина налога при оформлении сделок купли-продажи. Устанавливается кадастровая стоимость вследствие выполнения

специализированными бюджетными организациями ряда процедур, получивших название государственная кадастровая оценка.

В настоящее время система государственной кадастровой оценки остаётся несовершенной, но постоянно предпринимаются шаги по её совершенствованию и развитию. В последние годы, в связи с общим развитием информационных технологий и в ответ на запросы общества, государство всё больше внимания уделяет созданию цифровых систем и баз данных.

С 1 января 2022 года вступило в силу Постановление Правительства РФ «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» [8], где была дана оценка текущего состояния в том числе и системы ГКО. В качестве ключевой проблемы был обозначен недостаточный уровень применения цифровых технологий: «Взаимодействие всех основных участников процесса осуществляется преимущественно на бумажных носителях». На данный момент не существует единой платформы информационного взаимодействия для всех участников ГКО. Также среди проблем были выделены сложность использования данных кадастровой оценки объектов недвижимости для оценки потенциала развития территорий из-за отсутствия единообразия в методах оценки, и низкий уровень материально-технического обеспечения оснащения контрольно-надзорной деятельности.

Также исследованием государственной кадастровой оценки активно занимается научное сообщество. Мы проанализировали диссертационные исследования за последние 5 лет, чтобы выяснить, какие проблемы в ГКО выделяют учёные на данный момент.

В подтверждение замечаниям, высказанным правительственными органами, можно привести мнение Лосевой Е.Н., которая в своём диссертационном исследовании также заявляет, о несоблюдении принципов кадастровой оценки, которое возникает из-за неоднородности методик, а во-вторых, об отсутствии контроля, как результатов оценки, так и самого процесса. Также она выделяет проблему неструктурированности данных, которые используются при оценке. Отсутствует какой-либо единый информационный ресурс, где были бы собраны все необходимые данные, использующиеся в оценке, из-за чего приходится искать данные в различных источниках разной степени актуальности и достоверности.

Стоит упомянуть, что основой для проведения государственной кадастровой оценки является рыночная информация. То есть информация о сделках с объектами оценки за некоторый определённый период времени. Однако, ряд учёных, например, Волкова Я. выделяют такую проблему, как недостаточность рыночных данных во многих населённых пунктах, это связано с низким количеством сделок с недвижимостью. В таком случае приходится экстраполировать данные, полученные от небольшой выборки объектов с достаточным количеством сделок, на обширные территории.

Также многие учёные выделяют проблемы кадастровой оценки, связанные с недостаточным учётом различных ценообразующих факторов. В числе таких факторов находятся наличие зон с особыми условиями территории в границах земельных участков [7], а также наличие неблагоприятных инженерно-геологических процессов [5]: обвалы, оползни и т.д. Такие факторы рассматриваются как общие для любых земельных участков. И чаще всего наличие таких условий приводит к снижению рыночной стоимости участка, что далеко не всегда отражается в кадастровой стоимости земельных участков.

Некоторые исследователи рассматривали проблемы специфичные для определённого вида объектов недвижимости. Основные трудности, по мнению учёных, возникают из-за плохо разработанной методики оценки. Так в процессе оценки земель сельскохозяйственного назначения не учитываются качественные характеристики земель. А ценовое районирование наблюдается по целым муниципальным районам, вне зависимости от качества земель конкретных ЗУ [1]. При оценке земель лесного фонда также не учитываются местные особенности. Отсутствует специализированная методика оценки, которая бы учитывала региональные условия и развитость инфраструктуры. Из-за чего кадастровая стоимость многих земель лесного фонда оказывается ниже, чем могла бы быть.[4] А так как большая часть земель СХН и лесного фонда находятся в аренде, и арендная плата зависит от кадастровой стоимости ЗУ, плата за использование таких земель в государственный бюджет тоже ниже потенциальной.

Также в научном сообществе рассматривается проблема кадастровой оценки населённых пунктов с уникальными особенностями, например, монопрофильных городов. Моногорода (города и посёлки городского типа, построенные вокруг крупного предприятия) оказываются уязвимы перед изменениями в той сфере производства, в которой работают местные предприятия [3]. Из-за рисков связанных с функционированием предприятий рыночная стоимость недвижимости, как ЗУ, так и ОКС ниже, чем при аналогичных условиях в других населённых пунктах, а кадастровая – часто оказывается завышенной.

Для решения всех вышеизложенных проблем многие учёные предлагают собственноручно разработанные методики, как общие, так и для определённых категорий земель или населённых пунктов.

Резюмируя все приведённые проблемы и предложенные авторами пути их решения, мы пришли к выводу, что в настоящий момент система государственной кадастровой оценки нуждается в серьёзной доработке. Необходимо совершенствовать методику самой оценки, учитывая множественные факторы, влияющие на кадастровую стоимость. А также внедрять технологии цифрового взаимодействия, сбора, хранения и анализа данных, что позволит актуализировать информацию о недвижимости и её характеристиках. В будущем это поможет проводить оценку быстрее и эффективнее.

Литература

1. Баранова, Д.В. Совершенствование методики кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Д. В. Баранова. – Новосибирск, 2024. – 24 с.

2. Волкова, Яна. Метод территориально-временной экстраполяции рыночных данных для развития кадастровой оценки в условиях малоразвитого рынка земель (на примере земель индивидуальной жилой застройки): автореф. дис. ... канд. тех. наук / Яна Волкова. – Санкт-Петербург, 2018. – 24 с.
3. Зимин, В. П. Кадастровая оценка земель моногородов с учётом показателей деятельности градообразующих предприятий (на примере Мурманской области): автореф. дис. ... канд. тех. наук / В. П. Зимин. – Санкт-Петербург, 2020. – 24 с.
4. Киценко, А. А. Кадастровая оценка лесных земель с учётом степени развитости инфраструктуры в балтийско-белоозерском таежном районе: автореф. дис. ... канд. тех. наук / А. А. Киценко. – Санкт-Петербург, 2021. – 28 с.
5. Козина, М.В. Совершенствование методики кадастровой оценки земель населенных пунктов по результатам геоинформационного анализа: автореф. дис. ... канд. тех. наук / М. В. Козина. – Новосибирск, 2019. – 24 с.
6. Лосева, Е. Н. Разработка методических и технологических решений для совершенствования государственной кадастровой оценки объектов недвижимости с учетом их дифференцированных характеристик: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Е.Н. Лосева. – Новосибирск, 2022. – 24 с.
7. Сеньковская, К.Э. Кадастровая оценка садовых, огородных и дачных земель с учётом зон с особыми условиями использования территорий: автореф. дис. ... канд. тех. наук / К.Э. Сеньковская. – Санкт-Петербург, 2021. – 24 с.
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.12.2021 № 2148 (ред. от 25.08.2023) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Национальная система пространственных данных" // СПС КонсультантПлюс.

**ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ
В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ БАРЬЕРАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПУНКТОВ
ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ
Муслимов Д.Д., Понизов А.В., Мурлис Д.В., Верещагин П.М., Баранов Д.Ю.
Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, г. Москва, Россия**

На всех этапах жизненного цикла пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО) требуется выполнение оценки долговременной безопасности, основанной на расчетах миграции радионуклидов в инженерных и естественных барьерах безопасности. В рамках обоснования долговременной безопасности ППЗРО разрабатываются с использованием программ для ЭВМ расчетные модели, описывающие процессы миграции радионуклидов из ППЗРО, при этом принимаются допущения и упрощения, касающиеся эволюции системы захоронения радиоактивных отходов и граничных условий.

При оценке обоснования долговременной безопасности ППЗРО исходные данные, допущения и упрощения концептуальной и расчетной модели, должны быть тщательно и всесторонне проанализированы на предмет корректности, достоверности и адекватности.

В 2004 году МАГАТЭ опубликовало результаты международного проекта ISAM (Методологии оценки безопасности пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов) [3], который был посвящен актуальным подходам к оценке безопасности и используемым расчетным средствам. Тогда в качестве перспективного подхода к оценке долговременной безопасности ППЗРО рассматривалось использование метода камерного моделирования.

В ФБУ «НТЦ ЯРБ» с использованием программ для ЭВМ, реализующих метод камерного моделирования (Ecolego и Amber), были выполнены оценки долговременной безопасности пунктов долговременного хранения РАО типа «Радон», хвостохранилищ и других подобных объектов ядерного наследия.

Опыт использования метода камерного моделирования указал на его принципиальный недостаток, который связан с получением излишне консервативных результатов за счет существенного упрощения системы инженерных и естественных барьеров безопасности ППЗРО. В частности, в методе камерного моделирования невозможно учесть особенности инженерных барьеров безопасности, рельеф местности, наличие факторов подтопления, геологические неоднородности такие, как тектонические нарушения, региональные гидрогеологические условия, реальные пути миграции радионуклидов. Следует отметить, что использование метода камерного моделирования было оправдано при проведении экспресс-оценок безопасности объектов ядерного наследия, характеризующихся ограниченным набором исходных данных.

Принятие в 2011 году Федерального закона «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ [2] потребовало обеспечения безопасного и экономически эффективного захоронения радиоактивных отходов. Для соблюдения требований закона [2] в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии были установлены требования к объему и качеству обоснований безопасности ППЗРО, в том числе оценке долговременной безопасности ППЗРО, на основе результатов которой обосновывается система инженерных барьеров безопасности, радионуклидный состав радиоактивных отходов и допустимая суммарная активность радиоактивных отходов, захораниваемых в ППЗРО.

Таким образом, возникла необходимость в более реалистичных оценках долговременной безопасности ППЗРО. В этом случае в расчетной модели в качестве исходных данных и расчетных параметров используются характеристики ППЗРО, условия площадки и района его размещения, граничные условия, подтвержденные натурными данными и экспериментальными исследованиями. Реализация реалистичного подхода при выполнении оценки долговременной безопасности ППЗРО стала возможной с развитием современных программ для ЭВМ, позволяющих разрабатывать трехмерные геофилтрационные, геомиграционные модели, построенные на основе метода конечных объемов и ориентированные на использование неструктурированных расчетных сеток. Такие модели позволяют существенно повысить достоверность и точность результатов оценки долговременной

безопасности ППЗРО. В настоящее время в России для оценки долговременной безопасности ППЗРО используются отечественные программы для ЭВМ GeRa и НИМФА, прошедшие экспертизу (аттестацию) в системе Ростехнадзора.

С 2021 года ФБУ «НТЦ ЯРБ» по заданию Ростехнадзора выполняет работу по разработке расчетных моделей ППЗРО с целью получения независимых прогнозных оценок долговременной безопасности ППЗРО. Разработка моделей осуществляется с использованием отечественной программы для ЭВМ GeRa, при этом по возможности применяется реалистичный подход.

Разработка расчетных моделей ППЗРО, согласно РБ-117-16 [1], включает в себя этапы сбора, анализа и формализации исходной информации, создания модели, включающей источник (радиоактивные отходы) и систему инженерных и естественных барьеров безопасности ППЗРО.

Моделирование естественных барьеров безопасности ППЗРО включает разработку цифровой модели рельефа, геологической, геофильтрационной и геомиграционной моделей (рис. 1). При этом требуется большой объем натурных данных, фондовых данных, геологических карт, результатов инженерных изысканий и опытно-фильтрационных опробований.

Моделирование системы инженерных барьеров безопасности ППЗРО включает детальное воспроизведение геометрии стен и оснований сооружений, предназначенных для захоронения РАО, а также внешних и внутренних барьеров, выполненных, как правило, с использованием глинистых материалов (рис 2). Необходимым условием при моделировании системы инженерных барьеров безопасности ППЗРО является возможность учета деградации инженерных барьеров безопасности со временем, то есть возможность учитывать изменение фильтрационных и сорбционных свойств барьеров безопасности.

Использование неструктурированных призматических сеток дает возможность адаптировать их под границы геологических неоднородностей, локально сгущать сетки вблизи водных объектов (рис. 2), скважин и сооружений ППЗРО. Это позволяет реализовать систему инженерных и естественных барьеров безопасности ППЗРО с высокой точностью. При этом имеется возможность оценивать вклад каждого барьера безопасности в обеспечение долговременной безопасности ППЗРО. Возможность интеграции системы инженерных и естественных барьеров безопасности в единую модель позволяет избегать ошибок, которые могли возникнуть при сопряжении моделей, разработанных по отдельности (рис.4).

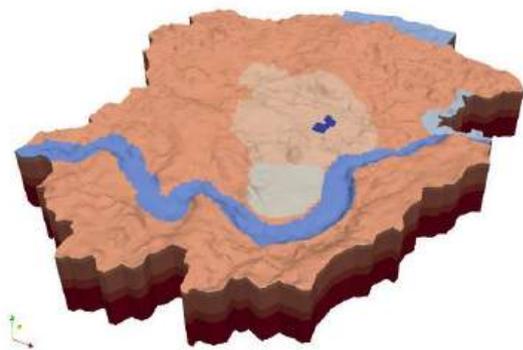


Рис. 1. 3-D вид геологической модели ППЗРО

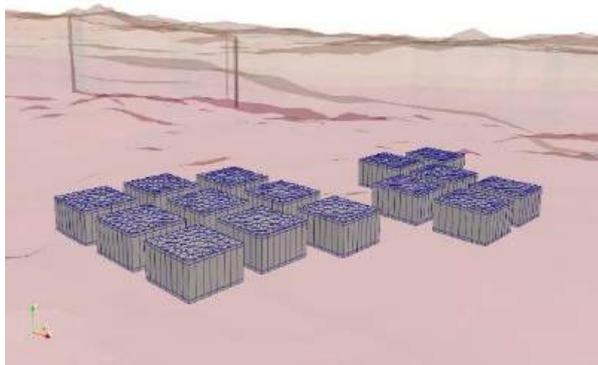


Рис. 2. 3-D вид сооружений ППЗРО

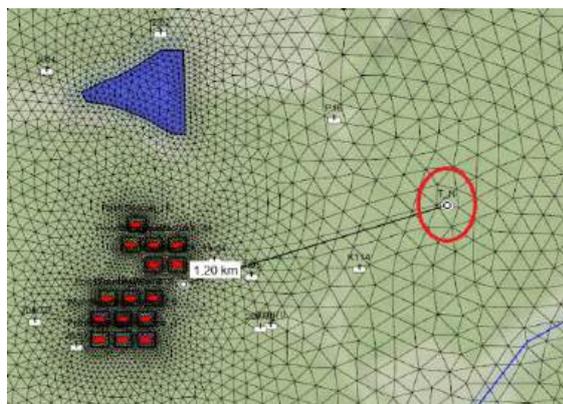


Рис. 3. Пример сгущения неструктурированной призматической сетки в программе для ЭВМ GeRa

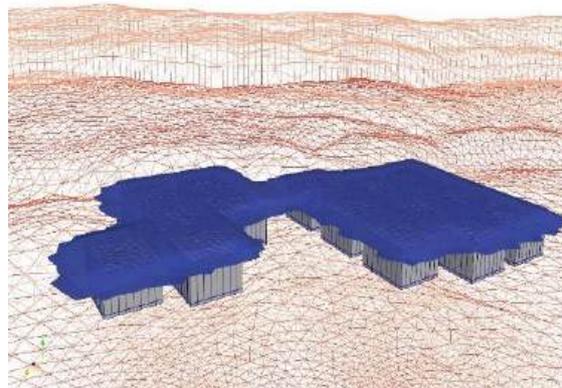


Рис. 4. Модель системы инженерных барьеров безопасности, включающей покрывающий экран, бетонные стены и основания сооружений ППЗРО

Использование современных программ для ЭВМ позволяет проводить реалистичные оценки долговременной безопасности ППЗРО с учетом основных особенностей миграции радионуклидов в инженерных и естественных барьерах безопасности ППЗРО.

Литература

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Оценка долговременной безопасности пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов». РБ-117-16.
2. Федеральный закон от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. International atomic energy agency. Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities. Results of a co-ordinated research project. IAEA, Vienna. – 2004.

МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕВИХИНСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Наволокина В.Ю.

Научный руководитель д.г.-м.н. Л.С. Рыбникова
Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Изучение миграции химических элементов в подземных водах разного состава позволяет правильно прогнозировать процессы их переноса и распределения в гидрогеохимических полях. Это важно при исследовании потоков рассеивания, форм осаждения элементов и оценки техногенного воздействия их на гидросферу. Для решения этих задач используется численное гидрогеомиграционное моделирование, в том числе физико-химическое.

Основной целью настоящей работы является определение форм миграции металлов в подземных водах, расчет индексов насыщения воды по отношению к минералам и выявление мест локализации таких участков на территории затопленного Левихинского рудника.

Объект исследования

Левихинская группа медноколчеданных месторождений расположена на территории Кировградского городского округа Свердловской области, на восточной окраине поселка Левиха. Рудник отрабатывался с 1927 по 2003 г. открытым и подземным способ с подэтажным обрушением.

В 2003 г. водоотлив был остановлен, депрессионная воронка заполнилась и к 2007 г. сформировался техногенный водоем, в который происходит разгрузка кислотных шахтных вод (КШВ) [2].

Начиная с 2007 г. для предотвращения загрязнения окружающей среды после затопления рудника была организована системы очистки КШВ: сбор шахтной воды из техногенного водоема, перекачка на станцию нейтрализации (реагент известковое молоко), отстаивание в пруд-осветлители и сброс в р. Левиху, левый приток р. Тагил (Иртышский бассейновый округ).

Материалы и методы

Для характеристики химического состава подземных вод, где находится Левихинское медноколчеданное месторождение в 2021 г. были пробурены наблюдательные скважины глубиной от 30 до 50 м, расположенные в границах бывшего горного отвода (6 скважин) и ниже сброса с пруда-осветлителя в устье р. Левихи (1 скважина) (рис. 1).



Рис. 1. Схема размещения пунктов гидрохимического опробования скважин и химический состав воды в них: 1 – возле ш. «Левиха XIV»; 2 – возле техногенного водоема; 3 – возле ш. «Левиха II»; 4 – возле ствола ш. «Центральная»; 5 – возле отвала «Южный»; 6 – возле станции нейтрализации; 7 – ниже сброса с пруда-осветлителя, в устье р. Левихи

Химический состав подземной воды на расширенный перечень компонентов исследовался по результатам опробования в апреле, мае, августе и сентябре 2021 г. Анализы проводились в сертифицированной лаборатории в химико-аналитическом центре Института промышленной экологии УрО РАН (г. Екатеринбург) с использованием

методов пламенно-эмиссионной спектрометрии, пламенно атомно-абсорбционной, масс-спектрометрией с ионизацией в индуктивно связанной плазме и др. На месте измеряли t°C, pH, TDS, Eh с использованием карманного измерителя pH, ОВП – метра Hanna.

Определение миграционных форм компонентов и процессов формирования состава подземных вод проводилось методом численных расчётов с использованием программного продукта Visual MINTEQ.

Принцип работы программы основан на законе действующих масс. Количественной характеристикой химического равновесия служит константа равновесия. Она определяется через концентрации всех участников реакции в состоянии равновесия, т. е. через равновесные концентрации: $aA + bB \leftrightarrow cC + dD$.

Для каждого минерала рассчитывался индекс насыщения SI (saturation indices), который равен разнице между $\log IAP$ (ion activity product) и $\log K_s$ (константа растворимости минерала): $SI = \log IAP - \log K_s$

Индекс насыщения SI представляет информацию о состоянии раствора относительно твердой фазы. При $SI < 0$ раствор ненасыщенный; при $SI = 0$ раствор в равновесии с твердой фазой; при $SI > 0$ раствор пересыщен [1].

Результаты и обсуждения

По полученным данным термодинамических расчетов, в виде свободных ионов мигрируют преимущественно однозарядные катионы. В ионно-растворенной форме, реже в форме сульфатных комплексов мигрируют двухзарядные катионы.

Во всех скважинах воды пересыщены по отношению к минералам группы сульфатов.

По отношению к минералам группы оксидов и галогенидов воды насыщены во всех скважинах, кроме 1 и 2. Наиболее высокая степень перенасыщения отмечается по $Fe(OH)2 \cdot 7Cl3(s)$ в скважине №№ 4 и 5 (до 5,4).

По результатам обработки химических анализов и физико-химического моделирования все опробованные скважины можно разделить на 3 группы.

Первая группа – это вода в скважинах №№ 1, 2, 3, 6 расположенных в пределах бывшего горного отвода. Воды сульфатные магниевые-кальциевые и кальциевые-магниевые, слабоминерализованные (до 0,2 г/л). Фактические величины pH в воде скважин №№ 1, 2, 3, 6 имеют умереннокислые и слабокислые значения, варьируют от 5,1 (скважина № 2) до 6,2 (скважина № 3), а также характеризуются идентичными индексами насыщения по минералам групп сульфаты, гидроксиды и оксид-гидроксиды. Они резко пересыщены по отношению к диаспору, бассалюминиту, алууниту и гиббситу.

Вторая группа представлена водой в скважинах № 4 возле ствола ш. «Центральная» (минерализация 12,2 г/л) и № 5 возле отвала «Южный» (минерализация 24,7 г/л), вскрывшиеся кислые сульфатные магниевые-алюминиевые либо железо-алюминиевые воды. Они резко пересыщены по отношению к минералам групп оксиды, сульфаты, оксид гидроксиды и галогениды: ярозиту, гематиту, маггемиту, гетиту и лепидокрокиту.

Третья группа – это вода скважины № 7 с нейтральной средой, расположенная возле устья р. Левихи, слабоминерализованная (до 0,9 г/л) гидрокарбонатно-сульфатная магниевые-кальциевая вода. В воде наблюдается небольшое перенасыщение по минералам карбонатной группы (родохрозиту), а также по бассалюминиту, гиббситу и диаспору (рис. 2).

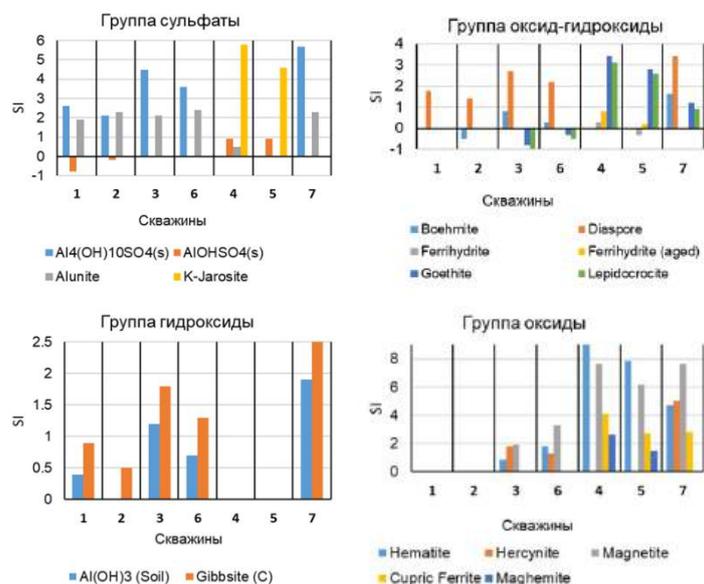


Рис. 2. Индексы насыщения воды по отношению к минералам

Выводы

Подземные воды Левихинского рудника относятся в основном к сульфатным магниевые-кальциевым или железо-алюминиевым водам. Фактические величины pH варьируют от 3,0 до 7,0 ед.

Расчеты SI относительно минералов выявили, что подземные воды пересыщены по отношению к 4 минералам группы сульфатов, гидроксидов и оксид-гидроксидов. Кислые воды в отличие от нейтральных и слабокислых имеют высокие пересыщения по группам оксиды, сульфаты, оксид гидроксиды и галогениды.

Полученные результаты позволили разделить скважины на три группы и сделать выводы, что при действующей системе откачки на территории Левихинского рудника не происходит масштабного загрязнения подземных вод. Оно локализуется в районе шахтного ствола и отвала «Южный».

Литература

1. Воробьева, Д. А. Формы миграции никеля и меди в ультрапресных водах центральной части Кольского региона [Текст] / Д. А. Воробьева, З. А. Евтюгина // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2021. – Т. 27. – №5. – С. 6–16.
2. Rybnikova, L. S. Reducing Negative Impacts of Dormant Pyrite Copper Ore Mine on the Geosphere in the Urals / L. S. Rybnikova, P. A. Rybnikov, V. Y. Navolokina // Journal of Mining Science. – 2022. – V. 58. – P. 519–525.

ВЛИЯНИЕ РАЗГРУЗКИ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ШЕЛЬФА МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ

Оберемок И.А.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
Научно-технологический университет «Сириус», пгт. Сириус, Россия*

В последние десятилетия проблема изменения климата стала одной из наиболее актуальных для мирового сообщества. Особое внимание уделяется уточнению потоков парниковых газов из естественных экосистем, в т.ч. из морских, а также оценкам их устойчивости [8]. Известно, что темп роста средней температуры в арктических широтах в 2-3 раза превышает общемировые тенденции [9], что запускает сложный каскад отрицательных обратных связей, одним из которых является приближение подводной мерзлоты и газогидратных скоплений к критическому состоянию [3]. Так, за последние 15 лет на шельфе морей Восточной Арктики было обнаружено более 2000 районов массивной разгрузки метана [4, 10]. Данные процессы сказываются на локальных геохимических условиях седиментации и смещают взаимодействия в системе «вода-осадок». В свою очередь, поровые воды отражают особенности взаимодействия между твердой и водной фазой осадка, а также чувствительны к изменению диагенетических условий, что сказывается на их химическом составе [1].

В данной работе проведен анализ химического состава поровых вод, отобранных на внешнем шельфе моря Лаптевых в зоне эмиссии метана и на фоновом участке, с целью оценки влияния следствий климатических изменений на геохимическую систему арктического региона и ее компоненты.

В рамках исследования проанализированы три образца поровых вод сиповой станции – 6948, и четыре образца фоновой станции – 6958 (рис.1), отобранных в ходе экспедиции осенью 2020 года. Концентрации основных ионов были определены на ионном хроматографе Dionex ICS-2000 после 100-кратного разбавления сверхчистой водой. Растворенные микроэлементы определяли методом масс-спектрометрии с индуктивной связью (ICP-MS, NexIon 300D, Perkin Elmer, Waltham, MA, USA). Все стандартные растворы подготавливались на основе деионизированной воды и многоэлементных стандартных растворов Perkin Elmer. Химический анализ вод проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета (ПНИЛ ГХХ ТПУ).

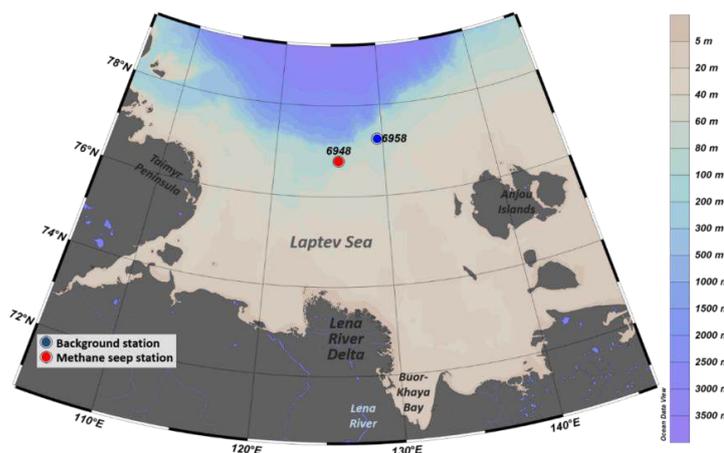


Рис. 1. Расположение станций отбора

Данные по величинам pH и Eh донных осадков для сиповой станции отсутствуют, для фоновой станции они составляют от 7,17 до 7,53 и от -189 до -224 мВ соответственно. С увеличением глубины геохимическая среда становится более щелочной и восстановительной, что свидетельствует о диагенетической ненарушенности осадка. Средняя плотность сипового осадка (1,022 кг/л) незначительно меньше, чем на фоновой (1,033 кг/л), что может быть следствием восходящей разгрузки метан-содержащих флюидов.

По катионному соотношению поровые воды сиповой станции имеют повышенное содержание Mg^{2+} , пониженное содержание Na^+ . Основной ионный состав поровых вод фоновой станции существенно не отличается от состава морских вод, преобладающими ионами для них являются Cl^- и Na^+ .

При сопоставлении средних содержаний химических элементов сиповой и фоновой станций обнаружены существенные отличия в химическом составе (рис. 2), доказывающие, что разгрузка метан-содержащих флюидов и сопутствующие процессы (анаэробное окисление метана, сульфатредукция, вторичное сульфидо- и карбонатообразование) влияют на геохимическую специфику среды. Так поровые воды сиповой станции обогащены по отношению к фоновой Pr, Gd, Eu, Tb, Nd, Ho, Ce, Tm, Pb, Ru, La, Y, Zr, Cd, Ba, P, Mg, Al, Cr, Sn (коэффициент концентрации $K > 2$), что потенциально может свидетельствовать о привносе этих элементов с восходящими флюидами и о благоприятной обстановки для их накопления в водах. Среди выявленного спектра преобладают редкоземельные элементы (РЗЭ). Ранее в работах указывалось, что РЗЭ и Ba часто используются в качестве геохимических индикаторов процессов разгрузки метана [5, 6, 7].

В то же время поровые воды сиповой станции обеднены As, I, Th, Ta, Au, Re, Ni, Nb, Bi, Co ($K < 0,5$), что, в свою очередь, говорит о удалении данных элементов из раствора, в том числе, возможно, при аутигенном карбонато- и сульфидообразовании [2].

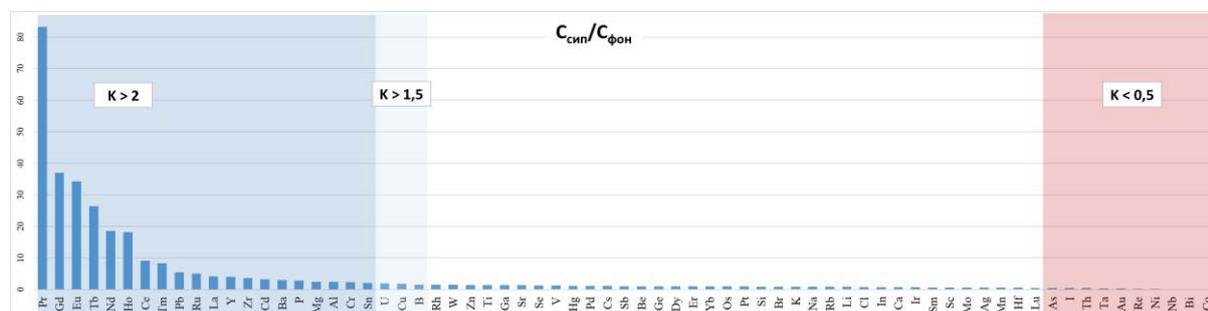


Рис. 2. Соотношения средних концентраций химических элементов на «сиповой» (6948) и фоновой станциях (6958)

Таким образом, было выявлено, что разгрузка метан-содержащих флюидов на внешнем шельфе моря Лаптевых приводит к существенному изменению химического состава поровых вод, что, несомненно, сказывается и на химическом составе донных осадков. Выявленный спектр элементов позволяет проследить процессы перераспределения в системе «поровая вода-осадок» в различных геохимических обстановках.

Исследование было поддержано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение 075-10-2021-093).

Литература

- Петров, В. В. Геохимические особенности природных вод Центральной экологической зоны Байкальской природной территории [Текст] / В. В. Петров, Д. В. Яковлев // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 95. – С. 42–53.
- Формы нахождения химических элементов в донных осадках в зонах разгрузки метан-содержащих флюидов на шельфе моря Лаптевых [Текст] / И.А. Оберемок, Н.В. Гусева, Ю.А. Моисеева, Д.В. Пургина, Н.А. Полтавская, Е.В. Гершелли, И.П. Семилетов // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 3. – С. 108–123.
- Andrews, T. Forcing, feedbacks and climate sensitivity in CMIP5 coupled atmosphere-ocean climate models [Text] / T. Andrews, J. M. Gregory, M. J. Webb, K. E. Taylor // Geophysical Research Letters. – 2015. – V. 39(9). – L09712.
- Baranov, B. Methane seeps on the outer shelf of the Laptev Sea: characteristic features, structural control, and benthic fauna [Text] / B. Baranov, S. Galkin, A. Vedenin, K. Dozorova, A. Gebruk, M. Flint // Geo-Marine Letters. – 2020. – V. 40 (4). – P. 541–557.
- Feng, D. Authigenic carbonates from an active cold seep of the northern South China Sea: New insights into fluid sources and past seepage activity [Text] / D. Feng, D. Chen // Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2015. – V. 122. – P. 74–83.
- Guseva, N. The Impact of Methane Seepage on the Pore-Water Geochemistry across the East Siberian Arctic Shelf [Text] / N. Guseva; Y. Moiseeva; D. Purgina, E. Gershelis, E. Yakushev, I. Semiletov // Water. – 2021. – V. 13. – P. 397.
- Haley, B.A. Rare earth elements in pore waters of marine sediments [Text] / B.A. Haley, G.P. Klinkhammer; J. McManus // Geochim. Cosmochim. – 2004. – V. 68. P. 1265–1279.
- Hoegh-Guldberg, O. The impact of climate change on the world's marine ecosystems [Text] / O. Hoegh-Guldberg, J.F. Bruno // Science. – 2010. – V. 328(5985). – P. 1523–1528.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Text] // IPCC. – 2014. – P. 151.
- Shakhova, N. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice [Text] / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko, L. Lobkovsky, V. Yusupov, A. Salyuk, A. Salomatin, D. Chernykh, D. Kosmach, G. Panteleev, D. Nicolsky, V. Samarkin, S. Joye, A. Charkin, O. Dudarev // Philosophical Transactions of the Royal Society A. – 2015. – V. 373. – Article 20140451.

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ
ИЗОТОПНЫМ ОТНОШЕНИЕМ U-234/U-238
(ПРЕДВОЛЖЬЕ, ЕВРОПЕЙСКАЯ ЧАСТЬ РОССИИ)**

Орлов А.С.¹, Яковлев Е.Ю.¹, Токарев И.В.², Зыков С.Б.¹

**¹ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика
Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, Россия**

**²Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета,
Санкт-Петербург, Россия**

Основная часть опубликованных данных о радиационной нагрузке на население свидетельствует о том, что основной вклад вносят, как правило, изотопы природных рядов распада, где главными излучателями (в 90 % случаев) оказываются Ra-226 и Rn-222 [1, 4, 8, 9, 13, 15]. Отчасти это связано с тем, что указанные радионуклиды определяются наиболее легко и не требуют значительных усилий по радиохимической подготовке проб. При этом в ранних и некоторых современных редакциях нормативных документов по оценке радиозоологических параметров воды рекомендовано в качестве скрининговых показателей определять суммарную активность альфа- и бета-излучающих нуклидов. Однако в значительной (если не подавляющей) части случаев имеет место существенное расхождение между оценкой радиологических показателей воды с расчетом поглощенных доз, основанной на раскладке по изотопам, по сравнению с оценкой по скрининговым параметрам [6; 14], что в итоге затрудняет исполнителям выбор минимально необходимого (что связано с экономикой) набора излучателей для анализа в рамках конкретной работы.

Довольно давно было замечено, что для подземных вод некоторых регионов мира изотопы урана являются основным естественным источником ухудшения радиологических характеристик водоносных горизонтов [3; 5; 7; 10-12]. Несмотря на то, что в природных условиях для пород с возрастом более 1,5 млн. лет должно иметь место радиоактивное равновесие, которое характеризуются массовыми долями 0,006 %, 0,71 % и 99,28 %, соответственно, при этом активности изотопов U-234 (дочерний) и U-238 (родительский) будут равны $U-234/U-238 = 1$, очень часто в подземных водах наблюдаются ураганные избытки U-234 [2; 16]. Они обусловлены различной геохимической мобильностью изотопов U-234 и U-238 и могут достигать от полутора порядков величины вплоть до отношений $234U/238U \approx 50$, что существенно ухудшает радиационное качество подземных вод. При указанных избытках U-234 в подземных водах порог вмешательства по суммарной альфа-активности будет превышен. В данной работе рассмотрены физико-химические предпосылки появления ураганных избытков U-234 в подземных водах, сформулированы критерии того, при каких условиях в ходе радиационных исследований подземных вод следует уделить внимание определению активности всех трех изотопов урана U-234, U-235 и U-238.

В качестве иллюстрация геологической ситуации, когда ураганные избытки U-234 могут быть обнаружены и должно быть учтено его негативное влияние, рассмотрено Предволжье – правобережье реки Волги в районе Куйбышевского водохранилища – территория, включающая юго-восток Татарстана, юг Чувашии и север Ульяновской области. В ходе работ были определены концентрация и удельные активности четных изотопов урана, изотопный (содержания дейтерия и кислорода-18) и химический состав воды. В точках отбора проб на месте определялась температура воды, электропроводность, а также показатели pH и Eh. Наше исследование показывает, что в ряде случаев для Предволжья ограничением для расширенной эксплуатации подземных вод может оказаться их радиологическое качество вследствие повышенных активностей U-234. Соответствующие ограничения должны быть приняты во внимание в ходе принятия управленческих решений по организации централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Территория Предволжья (правобережье реки Волги в районе Куйбышевского водохранилища, включая юго-восток Татарстана, юг Чувашии и север Ульяновской области) представляет собой район Российской Федерации, характеризующийся напряженным водным балансом. При относительно малом среднем модуле подземного стока 0,12 л/с на км² подземные воды все равно остаются единственной альтернативой водоснабжению из поверхностных источников. Дополнительное ограничение на эксплуатацию подземных вод данной территории оказывает резкий рост минерализации подземных вод с глубиной, когда уже на глубинах 38–161 м встречаются воды с минерализацией свыше 1 и вплоть до 3 г/дм³.

В данной работе выполнено опробование подземных (41 точка опробования, преимущественно постоянно действующие скважины централизованного водоснабжения) и поверхностных речных (12 точек) вод с целью получения их радиологических и химических характеристик. Найдено, что все водные объекты по гипотетическим солям можно подразделить на четыре группы:

I – гипсовые воды с минерализацией 506–2398 мг/л;

II – мирабилитовые воды с минерализацией 503–3088 мг/л;

III – воды измененные под влиянием ионного обмена с минерализацией 651–950 мг/л;

IV – пресные воды инфильтрационного происхождения с минерализацией 208–788 мг/л.

Первые два типа однозначно представляют воды глубинной циркуляции и интерпретируются авторами как «возрожденные» воды, сформированные в ходе таяния мерзлоты, существовавшей на данной территории в последнее оледенение.

Четвертый тип подземных вод соответствует современному инфильтрационному питанию, а третий тип, скорее всего, является смесью указанных ранее трех с заметным влиянием катионного обмена кальция на натрий.

По радиологическим (как и по химическим) характеристикам наименее благоприятными для организации водоснабжения являются гипсовые и мирабилитовые подземные воды. Их удельная активность по U-234 достигает 0,275 и 0,239 Бк/л, а в сумме с U-238 повышается до 0,332 и 0,358 Бк/л, соответственно (согласно нормативам

для суммарной активности альфа-излучающих нуклидов предел составляет 0,1 Бк/л). В некоторых случаях примесь гипсовых и мирабилитовых вод в инфильтрационные (пресные гидрокарбонатные) практически не ощутима по макрокомпонентному составу, но видна по изотопному составу урана, который увеличивается до U-234/U-238 = 6,54. При этом удельные активности составляют по U-234 – 0,126 Бк/л, по U-238 – 0,314 Бк/л. Последнее указывает, что избытки урана-234 в водах глубокой циркуляции могут быть существенно выше максимальных найденных опробованием U-234/U-238 = 16,51.

Ранее выполненная авторами на базе анализа изотопного состава воды (содержаний дейтерия и кислорода – 18) и подтвержденная этой работой комплексная интерпретация, включающая данные об изотопном составе урана и химическом составе воды, указывает, что повышенные отношения U-234/U-238 являются результатом климатических вариаций. Особенность «возрожденных» (талых мерзлотных) вод, имеющих избытки U-234, обуславливающая нарушение требований к радиологическому качеству подземных вод, должна учитываться в ходе выработки управленческих решений, используемых при организации водоснабжения как Предволжья, так и других территорий, находящихся в аналогичных условиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-77-10057.

Литература

1. Amaral, R. Risk survey for the population of Recife and neighboring cities due to the occurrence of radium in groundwater [Text] / R. Amaral, J. Júnior, Z. Fernández, N. Melo // Journal of Environmental Radioactivity. – 2022. – V. 247. – Art. 106868. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2022.106868.
2. Arndt, M. F. A Study of the factors affecting the gross alpha measurement, and a radiochemical analysis of some groundwater samples from the state of Wisconsin exhibiting an elevated gross alpha activity. Wisconsin ground-water management practice monitoring project [Text], DNR-176 / M. F. Arndt, L. West. – Wisconsin, 2004. – 260 p.
3. Bala, R. Occurrence and behaviour of uranium in the groundwater and potential health risk associated in semi-arid region of Punjab, India [Text] / R. Bala, D. Karanveer // Groundwater for Sustainable Development. – 2022. – V. 17. – Art. 100731. DOI: 10.1016/j.gsd.2022.100731.
4. Chmielewska, I. Radium measurements in bottled natural mineral-, spring- and medicinal waters from Poland [Text] / I. Chmielewska, S. Chalupnik, M. Wysocka, A. Smoliński // Water Resources and Industry. – 2020. – V. 24. – Art. 100133. DOI: 10.1016/j.wri.2020.100133.
5. Dwivedi, D. From legacy contamination to watershed systems science: a review of scientific insights and technologies developed through DOE-supported research in water and energy security [Text] / D. Dwivedi, C. I. Steefel, B. Arora [et al.] // Environmental Research Letters. – 2022. – V. 17. – № 4. – Art. 043004. DOI: doi.org/10.1088/1748-9326/ac59a9.
6. Ho, P. L. Simultaneous Determination of Gross Alpha/Beta Activities in Groundwater for Ingestion Effective Dose and its Associated Public Health Risk Prevention [Text] / P. L. Ho, L. D. Hung, V. T. Minh // Scientific Reports. – 2020. – V. 10. – Art. 4299. DOI: 10.1038/s41598-020-61203-y.
7. Khurelbaatar, L. Pattern recognition method from hydrochemical parameters to predict uranium concentrations in groundwater [Text] / L. Khurelbaatar, A. Batdelger, T. Khinayat, B. Oyuntsetseg // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 2022. – V. 222. – Art. 104509. DOI: 10.1016/j.chemolab.2022.104509.
8. Lee, K. Measurement of radium and radon in water using a combination technique of radon-emanation and pair-measurements methods [Text] / K. Lee, K. Ko // Applied Radiation and Isotopes. – 2021. – V. 178. – Art. 109950. DOI: 10.1016/j.apradiso.2021.109950.
9. Lei, B. Overview and large-scale representative estimate of radon-222 flux data in China [Text] / B. Lei, L. Zhao, F. Girault [et al.] // Environmental Advances. – 2023. – V. 11. – Art. 100312. DOI: 10.1016/j.envadv.2022.100312.
10. Papageorgiou, F. Uranium in groundwaters: Insights from the Leinster granite, SE Ireland [Text] / F. Papageorgiou, F. McDermott, D. Van Acken // Applied Geochemistry. – 2022. – V. 139. – Art. 105236. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2022.105236.
11. Pushparaj, G. T. A critical review of uranium contamination in groundwater: Treatment and sludge disposal [Text] / G. T. Pushparaj, P. V. Sampath, S. M. Maliyekkal // Science of The Total Environment. – 2022 – V. 825. – Art. 153947. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.153947.
12. Sharma, D. A. Appraising the factors favouring uranium mobilization and associated health risk assessment in groundwaters of north-western India [Text] / D. A. Sharma, T. Keesari, D. Pant [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2022. – V. 229. – Art. 113086. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.113086.
13. Sherif, M. I. Elevated radium levels in Nubian Aquifer groundwater of Northeastern Africa [Text] / M. I. Sherif, N. C. Sturchio // Scientific Reports. – 2021. – V. 11. – Art. 78. DOI: 10.1038/s41598-020-80160-0.
14. Smedley, P. L. Uranium in natural waters and the environment: distribution, speciation and impact [Text] / P. L. Smedley, D. G. Kinniburgh // Applied Geochemistry. – 2023. – V. 148. – Art. 105534. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2022.105534.
15. Su, Z. Quantitative evaluation of radon, tobacco use and lung cancer association in an occupational cohort with 27 follow-up years [Text] / Z. Su, X. Jia, Y. Fan [et al.] // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2022. – V. 232. – Art. 113233. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.113233.
16. Tokarev, I. V. Assessment of the long-term safety of radioactive waste disposal: 2. Isotopic study of water exchange in a multilayer system [Text] / I. V. Tokarev, A. A. Zubkov, V. G. Rumynin, S. P. Pozdnyakov // Water Resources. – 2009. – V. 36. – № 3. – P. 345–356.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРА И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Пальцева Д.Е., Козина М.В.

Научный руководитель доцент М.В. Козина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С переходом РФ к цифровой экономике внедрение цифровых технологий в систему государственной кадастровой оценки становится все более актуальной задачей на уровне государства. Сегодня Правительство Российской Федерации 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 и методической проработке.

Действующая сегодня методика кадастровой оценки, предусматривает создания цифровых тематических карт для проведения кадастровой оценки. Однако практика показывает, что данный аспект нуждается в методической проработке для достижения поставленной Правительством РФ в 2016 году цели, которая преследовалась при создании института государственных кадастровых оценщиков, а именно систематизации и накопления сведений об объекте недвижимости, что по мнению разработчиков должно было позволить повысить эффективность информационного взаимодействия и формирование информационного обеспечения. Сложившаяся сегодня практика проведения кадастровой оценки ЗСН доказывает, что в отношении земель этой категории имеется дефицит информации.

В связи с этим первостепенной научно-технической задачей является формирование подходов к развитию цифровой инфраструктуры системы кадастровой оценки и ее информационного обеспечения [1].

Целью настоящего исследования является разработка технологической схемы сбора данных о ценообразующих факторах в отношении земельных участков сегмента «Сельскохозяйственное использование» для создания цифровых тематических карт и проведения кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения.

Проведенный анализ подходов к оценке земель сельскохозяйственного назначения позволил сформировать пространственно-временную схему их развития и сделать следующий вывод: интеграция бонитировки почв и экономической оценки земель является важной составляющей. Такой подход позволяет учесть все изменения, происходящие на земле, их влияние на ее плодородность, а также экономическую ценность земель.

В исследовании так же был проведен анализ современных преобразований методики кадастровой оценки ЗСН. С 2001 года в методике менялись такие критерии как объект оценки, принцип оценки, исходные данные рекомендованные к использованию, основные расчеты для определения кадастровой стоимости, подготовка картографического обоснования, метод оценки, результаты оценки.



Рис. 1. Анализ развития нормативно-правового обеспечения кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения

Одним из важных пунктов действующей сегодня универсальной для всех объектов недвижимости методики кадастровой оценки, является перечень ценообразующих факторов в том числе и в отношении земель сельскохозяйственного назначения выделенный в качестве сегмента «Сельскохозяйственное использование», учет которых по идее должен обеспечить учет, как качественных, количественных так и экономических аспектов землепользования, создавая более полную картину оценки таких ресурсов и обеспечивая достоверность результатов. 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.

По данным Росреестра, в декабре 2022 года были завершены работы по государственной кадастровой оценке более 61 млн земельных участков во всех 85 регионах Российской Федерации [2].

В рамках настоящего исследования был выполнен анализ отчетов об определении кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения в 2022 году в 9 субъектах Российской Федерации [3].

Анализ, 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.

Для возможности реализации такого подхода, необходимо понимать, что является первоисточником данных о ЗСН. Такие источники были рассмотрены на примере Томской области

Анализ сложившейся ситуации за последние 10 лет показал, что в Томской области неоднократно предпринимались попытки сбора и систематизации данных о землях сельскохозяйственного назначения. Очередной попыткой в рамках реализации Программы в сфере цифровых инноваций по эксплуатации беспилотных авиационных систем в Томской области запущен проект по обследованию земель сельскохозяйственного назначения с использованием БПЛА, для актуализации информации, содержащейся в ЕФИС ЗСН и региональной информационной системе «РЕСПТО»

А вот исходными данными о плодородии почв, сегодня является система мониторинга ЗСН, который проводится Агродисслужбой.

Для иллюстрации проблем создания сегодня единого геоинформационного пространства о ЗСН, был проведен практический эксперимент на примере земельного участка окрестностей села Баткат Шегарского района Томской области, в котором проводился комплекс работ по сбору исходных пространственных данных о ЗСН.

Результаты исследования показали важность геодезического обоснования для проведения аэрофотосъемки и картографического представления данных мониторинга ЗСН в местной системе координат, для возможности интеграции получаемых данных с кадастровыми данными в ЕГРН.

Для выполнения аэрофотосъемки было составлено полетное задание и выполнена аэрофотосъемка с применением БПЛА, оцифрованы и проанализированы материалы мониторинга, сформирована цифровая база пространственных данных и созданы цифровые тематические карты территории для возможности их консолидации и дальнейшего использования при проведении кадастровой оценки.

Результаты исследования доказали и проиллюстрировали необходимость создания геодезического обоснования для проведения аэрофотосъемки и картографического представления данных мониторинга ЗСН в местной системе координат для возможности интеграции получаемых данных с кадастровыми данными в ЕГРН. Исследование показало, что перечень ценообразующих факторов, определенных в методике кадастровой оценки объектов недвижимости для сельскохозяйственного сегмента, не соотносится с перечнем получаемых на сегодняшний день показателей мониторинга плодородия почв ЗСН Томской области, как единственного источника получения фактических сведений о состоянии ЗСН.

В результате исследования сформирована гипотеза о необходимости синхронизации показателей состояния ЗСН, определяющихся в результате мониторинга и показателей, включенных в перечень ценообразующих факторов для таких земель.

Литература

1. Формирование подходов к развитию цифровой инфраструктуры системы кадастровой оценки на примере земель сельскохозяйственного назначения [Текст] / М. В. Козина, Н. А. Студенкова, Д. Е. Пальцева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 8. С. 7–16.
2. Кадастровая оценка земельных участков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/press/archive/gosudarstvennaya-kadastrovaya-otsenka-zemelnykh-uchastkov-zavershena-vo-vsekh-regionakh-rossii/>.
3. Фонд данных государственной кадастровой оценки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO\(дата обращения: 24.02.2023\)](https://rosreestr.gov.ru/wps/portal/cc_ib_svedFDGKO(дата обращения: 24.02.2023)).
4. Трехмерная визуализация неблагоприятных природных условий для корректировки кадастровой стоимости земель [Текст] / Е. И. Аврунев, Н. В. Гатина, М. В. Козина, В. К. Попов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 1. – С. 181–190.
5. Приказ Росреестра No П/0336 от 04.08.2021 «Об утверждении Методических указаний о государственной кадастровой оценке» // Официальный интернет-портал правовой информации № 0001202112200041. – 20.12.2021.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА ГУСИНООЗЕРСКА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Парасочка Т.С.

Научный руководитель профессор Л.А.Строкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Инженерно-геологические условия территории определяются геологическим строением основания, составом и состоянием слагающих пород, положением уровня грунтовых вод, наличием в сфере взаимодействия зданий с геологической средой специфических грунтов и инженерно-геологических процессов, отрицательно влияющих на эксплуатацию проектируемых сооружений.

Целью данной работы является изучение инженерно-геологических условий города Гусиноозерска.

Согласно схеме инженерно-геологического районирования Забайкалья, территория исследования относится к Селенгинской инженерно-геологической области [2].

В геоморфологическом отношении район работ представляет глубокую Загустайско-Убукурскую межгорную долину тектонического происхождения, по долине протекают реки Загустай и Тэли, сформировавшие террасовый рельеф долины.

В геологическом строении участка изысканий принимают участие современные техногенные образования (t_{QIV}), аллювиальные ($a_{QIII-IV}$) и элювиальные образования безугольной свиты алевролитового горизонта ($e_{J_3-K_1sn_1}$). Город находится в пределах абсолютных отметок 548,0–680 м.

На прибрежных территориях озера Гусиное, находящееся юго-западнее от города, наблюдаются оползни, приуроченные преимущественно к мезозойским отложениям и связанные с переувлажнением глинистых пород и подмывом берегов (рис. 1).

В районе города отмечается и овражная эрозия, обусловленная длиной и протяженностью склонов, в основании которых залегают толщи лессовидных суглинков, и кратковременных ливней с большой интенсивностью (рис. 2).

В районе градостроительного предприятия «Гусиноозерская ГРЭС» отмечена засоленность поверхности грунтов.



Рис. 1. Засоленность поверхности



Рис. 2. Овражная эрозия

Территория Гусиноозерска относится к водоносным горизонтам современных отложений различного генезиса и отложений гусиноозерской свиты верхнеюрского-нижнемелового возраста [1], которые образуют единый водоносный комплекс с близким залеганием подземных вод от поверхности (абсолютные отметки 544,14-555,90 м.), положение подземных вод тесно связано с уровнем в оз. Гусиное. Вследствие чего на территории города наблюдается подтопление.

Наиболее распространенным экзогенным процессам, осложняющим инженерно-геологические условия, относится морозное пучение грунтов, представленное буграми пучения. Степень пучинистости можно оценивать в соответствии с СП 22.13330.2016 п.6.8 и Пособием к СНиП 2.02.01-83, п 2.136, 2.137, по критериям степени влажности и консистенции грунтов [3,5]. Определено, что грунты в зоне аэрации – от практически непучинистых до сильнопучинистых.

К эндогенным процессам, осложняющим инженерно-геологические условия, относится сейсмическая интенсивность колебания грунтов, для карты ОСП-2015-В составляет 8 баллов по шкале MSK-64 [4].

По категории опасных природных процессов, согласно СП 115.13330-2016 участок изысканий относится к категории «весьма опасных» по сейсмичности, «опасных» по морозному пучению и «умеренно опасных» по подтоплению [6].

Таким образом, рассмотрение основных природных компонентов территории города показало, что в целом, инженерно-геологические условия являются достаточно сложными в связи с таких геологических процессов, как подтопление, морозное пучение, высокая сейсмичность.

Литература

1. Геопривязанные растровые образы комплектов Государственных геологических карт масштаба 1:200000 – 1:1000000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webmapget.vsegei.ru/>.
2. Голодковская, Г.А. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Т. 3. Восточная Сибирь. / Г.А. Голодковская. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 657 с.
3. Пособие к по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007420>.
4. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550565571>.
5. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054206>.
6. СП 115.13330.2016. Геофизика опасных природных воздействий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054202>.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЪЕКЦИОННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ**Пензев А.П., Самарин Е.Н., Царев М.А., Шеховцова А.В.,
Летуновская С.С., Ермолинский А.Б.****Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия**

Процесс инъекционной обработки массивов грунтов является достаточно простым, но в тоже время очень дорогостоящим методом. Существующие методы целенаправленного улучшения свойств грунтов сведены к созданию опытных площадок на отдельных участках, позволяющих оценить эффективность выбранного типа инъекционной обработки, а также получить необходимый фактический материал для последующего лабораторного определения физико-механических показателей грунтов [1,3].

В лабораторных условиях физическое моделирование процесса инъекционной обработки песчаных грунтов является эффективным инструментом для изучения влияния различных инъекционных параметров на эффективность, качество и целесообразность их закрепления. Использование меньших объемов рабочего раствора, а также простота проведения эксперимента позволяют не только ускорить процесс изучения модифицированных грунтов, но и приводят к снижению затрат на поиск наиболее эффективной рецептуры для конкретных инженерно-геологических условий [3].

Исследование выполнено на аллювиальных верхнеплейстоценовых средне-мелкозернистых песках второй надпойменной террасы р. Клязьма., отобранных на полигоне Мещерской научной базы московского государственного университета им. М.В. Ломоносова [4]. По гранулометрическому составу пески мелко-среднезернистые (по классификации Е.М.Сергеева). Песчаный грунт помещался в лоток размерами 80x50x30 см., с учетом рассчитанной плотности, для последующего сравнения полученных данных с испытаниями, проведенными на инъекционных колоннах. Плотность песчаного грунта определялась по массе песка, помещенного в физическую модель. Перед укладкой грунт предварительно просеивался через сито с диаметром ячейки в 10 мм, для удаления крупных включений.

Заполнение физической модели проводилось с применением послойной трамбовки, для достижения необходимой плотности сложения ($\rho = 1,70 \text{ г/см}^3$), мощность элементарного слоя 3–5 см, общая высота песка в лотке – 35 см, общая масса используемого песчаного грунта составил 135 кг. В центральную часть сформированного массива погружался иньектор диаметром – 2,54 см, длиной – 50 см и длина перфорированной части – 15 см в нижней части. Для инъекции было подготовлено 17 литров рабочего раствора [2]. Иньекционный процесс проводился в течение 15 минут. Расход рабочего раствора составил 1–1,5 л/мин, при давлении нагнетания в 25–50 кПа. Иньекционная обработка проводилась методом пропитки, скорость распространения рабочего раствора контролировалась визуально, так как одна из стенок выполнена из прозрачного поликарбоната. В результате, общий объем закрепленного грунта составил порядка 0,04 м³.

Испытание в воздушно-сухих песках показало, что в лабораторных условиях, при низких давлениях нагнетания и работе с вязкими низкой вязкости не требуется дополнительных мероприятий по созданию НДС в рамках физической модели. Вследствие чего, нами также был осуществлен эксперимент по закреплению водонасыщенных песчаных грунтов. Подготовка и проведение эксперимента осуществлялось по уже озвученной методике, с некоторыми дополнениями.

После укладки песчаного грунта в физическую модель проводилось ее полное водонасыщение посредством подачи технической воды через входные магистрали. После водонасыщения магистрали перекрывались и пески были перекрыты дополнительным слоем того же песка, мощностью 10 см, на который впоследствии был установлен дополнительный пригруз массой 100 кг.

В процессе инъекционного закрепления грунтов магистрали для ввода и вывода воды были открыты, в процессе эксперимента проводилось измерения объема и скорости отжатия воды. Отмечалось повышенное отжатие свободной воды (до 100–200 мл/мин) на один вывод соответственно. Так как при закреплении водонасыщенных песчаных грунтов возможность визуального контроля за распространением, вязущего ограничена, рабочий раствор был подкрашен специальным красителем для эпоксидных смол, который не оказывает влияния на физические свойства самого раствора. Объем закрепленного грунта при инъекционной обработке в водонасыщенном состоянии составил 0,043 м³.

Иньекция продолжалась до появления красителя на выходе из выводной магистрали, после чего опыт инъекции рабочего раствора прекращалась, иньектор удалялся из лотка, а закрепленный массив оставался в водонасыщенном состоянии на протяжении месяца.

Для закрепленных грунтов, хранившихся в воздушно-сухих условиях, характерны значения прочности в пределах 1–1,45 МПа, для водонасыщенных 0,9–1,35 МПа, максимальные значения прочности соответствуют срединной части массива, ближе к краевой зоне наблюдается снижение прочностных свойств, что также подтверждается и закономерным снижением плотности по радиусу инъекционного закрепления.

Плотность образцов песчаных грунтов после инъекционной обработки составляет 1,97–2,01 г/см³. Влажность закрепленных образцов в воздушно-влажной среде составляет 12–17 %, в воде – 22–27 %.

Согласно данным рентгеновской микротомографии ($\mu\text{КТ}$), свободное поровое пространство после инъекционной обработки, не превышает 7–9 %, данные значения характерны как для воздушно-сухих, так и водонасыщенных условий инъекции и хранения. Прослеживается четкая зависимость распределения свободного порового пространства в зависимости от удаления от точки инъекции, в прииньекторной зоне пористость не превышает 2–3 %, к краевой зоне достигает 9 %.

Результаты исследования закрепленных образцов методом μ КТ (рис. 5) показали, что эпоксидно-кремнеземистый гель после твердения занимает приблизительно около 75 % порового пространства образцов. И если общая пористость песка в инъекционной модели до обработки рабочим раствором в среднем составляла 40 %, то спустя месяц после инъекции пористость закрепленных грунтов не превышала 10 %. Следует отметить, что подобные исследования возможны только в случае значительного контрастирования рентгеновских плотностей различных материалов, поэтому результаты микротомографии для образцов, хранившихся в водонасыщенных условиях, могут содержать значительную ошибку, поскольку анализируемые фазы порового раствора и сильно гидратированного геля малорентгеноконтрастны относительно друг друга.

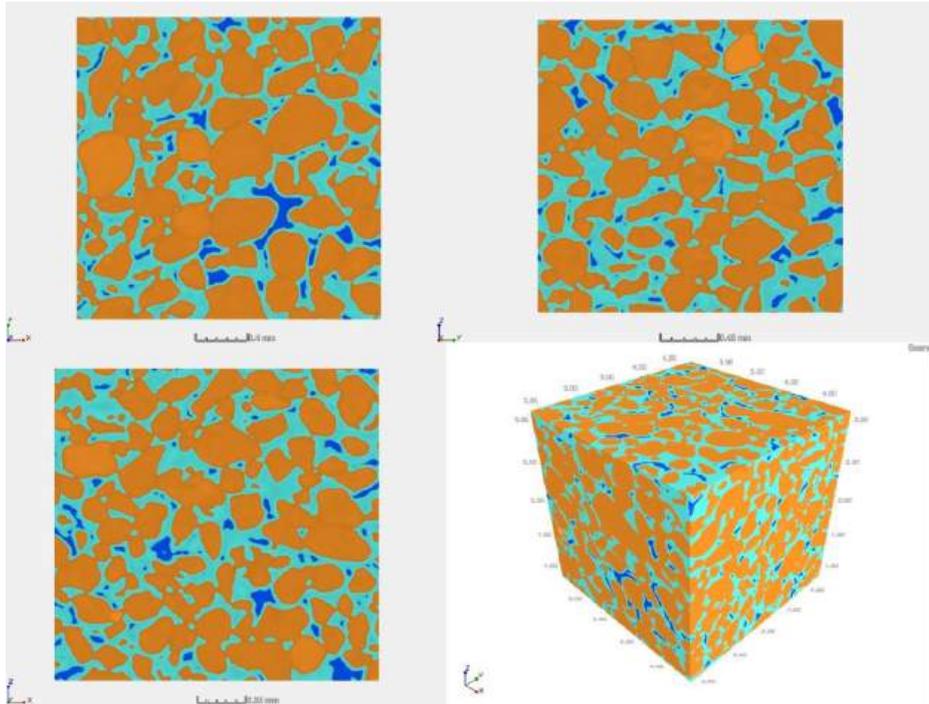


Рис. 1. Результаты микротомографии центральной части закрепленного массива (оранжевым цветом отмечены зерна песка; голубым – гель рабочего раствора; синим – свободное поровое пространство)

Также была произведена оценка фильтрационных свойств закрепленного массива грунтов, значения коэффициента фильтрации приведенные к условиям фильтрации при температуре 10 °С составили, соответственно: $2.7 \cdot 10^{-5}$, $5.5 \cdot 10^{-5}$ м/сут, $3.3 \cdot 10^{-5}$ м/сут.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что по радиусу закрепления как в воздушно-сухих грунтах, так и водонасыщенных выделить 4 зоны: приинъекторная зона (1) – зона максимального воздействия напора рабочего раствора, вследствие которого может наблюдаться вынос пылевой и глинистой фракции; центральная часть массива (2), в которой гель имеет гомогенную структуру; краевая зона (3), где наблюдается некоторое снижение прочностных и деформационных свойств, обусловленное расслоением раствора (снижается концентрация коллоидного кремнезема), а при водонасыщенных условиях его частичным растворением; также контактная зона (4), которая возникает на границе закрепленного массива, для которой характерно крайне низкое содержание вяжущих, следовательно, отсутствие гелеобразующего вещества и эффекта закрепления [5].

Серия лабораторных экспериментов, проводившихся в различных условиях, показала, что разработанная авторами методика изучения распространения растворов вяжущего и дальнейшее исследование закрепленных песчаных грунтов эффективна. Свойства закрепленного песчаного грунта имеют высокую сходимость с результатами полевых испытаний, что доказывает эффективность использования физического моделирования инъекционной обработки грунтов в лабораторных условиях.

Исследования выполнены с применением оборудования, приобретенного в рамках реализации Программы развития Московского университета (μ КТ Yamato TDM 1000H-II (Япония)).

Литература

1. Воронкевич, С.Д. Основы технической мелиорации грунтов [Текст] / С. Д. Воронкевич, – М.: Научный мир, 2005. – 504 с.
2. СП 22.13330-2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054206>
3. Gallagher, P.M. Physical and numerical model of CS injection for passive site stabilization. Vadose Zone / P. M. Gallagher, S. J. Finsterle. – V. 3(3). – 2004. – P. 917–925.

4. Пензев А. П., Самарин Е. Н., Лебедев Г. А. Физическое моделирование инъекционного процесса песчаных грунтов методом пропитки. Экологическая геология: теория, практика, и региональные проблемы: Материалы восьмой научно-практической конференции/ под ред. И.И. Косиновой. – Воронеж: Кварта, 2023 г. 86 – 91 с.
5. Пензев А. П., Самарин Е. Н., 2022. Инъекционный состав для закрепления пескосодержащего массива. Патент на изобретение RU № 2785603С1 от 09.12.2022. Заявка № 2022112899 от 13.05.2022.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ Р. ЛЕНЫ В ХАНГАЛАСКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Полубелова А.В.

Научный руководитель доцент Н.А. Павлова

Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

В Центральной Якутии источники подземных вод встречаются редко. Наиболее изучены родники на правобережье реки р. Лены в ее среднем течении. Это крупнодебитные источники, которые формируют зимой наледи [1, 4]. Сезонным источникам подземных вод уделяется значительно меньше внимания. Известно, что они появляются в июне, их дебит обычно не превышает 1 л/с, в начале лета они питаются от протаивания льдонасыщенный отложений сезонноталого слоя. Вода источников пресная, содержит много органики, из-за чего она приобретает темно-коричневый цвет [8].

В начале июля 2023 г. на левобережье р. Лены в районе пос. Мохсоголлох в Хангаласском районе Якутии были обнаружены два выхода подземных вод. Высачивание происходило в обрывистом склоне долины р. Лены, на 5-6 м выше поймы р. Лены. Вода была прозрачная и имела слабосоленый вкус. Целью выполненных исследований было выявить генезис обнаруженных источников. Для этого были изучены фондовые материалы Института мерзлотоведения СО РАН (ИМЗ СО РАН) с результатами изучения геокриологических и гидрологических исследований в районе пос. Мохсоголлох, проанализированы опубликованные данные о геологическом строении территории, химическом составе поверхностных и подземных вод, а также отобраны пробы воды из обнаруженного источника, одного из озер и р. Лены.

Поселок Мохсоголлох расположен севернее пос. Верхний Бестях и южнее г. Покровск, на Приленском плато, склон которого отвесно обрывается к пойме р. Лены. Долина реки сложена известняками, русло имеет ширину около 2,5-3,0 км метров, а пойма у пос. Мохсоголлох составляет 25–50 м. Абсолютные отметки поймы 95-96 м. Глубина реки составляет в среднем 3-5 м, достигая по фарватеру до 15–20 м. В р. Лену на отрезке от пос. Верхний Бестях до г. Покровск впадают руч. Бестях, Сасабыт, Аллах, Покровка, сток в них бывает только летом.

Территория исследований находится в области сплошного распространения многолетних мерзлых пород (ММП). Мощность сезоннопротаивающего слоя пород 1,5–2,0 метра. Геологический разрез сложен известняками и мергелями среднекембрийского возраста, их вскрытая мощность 80-240 м. Над ними залегают четвертичные пески, супеси и суглинками мощностью до 33 м [6]. На водоразделах ручьев широко распространены повторно-жильные льды в суглинках и супесях [1]. Глубина их залегания изменяется от 2,3 до 4 метров, а мощность составляет 6–9 метров. Поверхность Приленского плато в районе исследований подвержена термокарстовым процессам [5]. На рассматриваемой территории площадь термокарстовых озер до 0,11 км², а глубина от двух до четырех метров [3]. По фондовым материалам ИМЗ СО РАН, Н.П. Анисимова установила, что под непромерзающими до дна озерами развиты надмерзлотные талики, мощностью до 17 м.

Под р. Леной имеется сквозной талик, вскрытый скважинами на островах и в русле реки у г. Покровск. Подрусловые отложения представлены песками галечниками мощностью до 27 м. Под ними залегают трещиноватые кембрийские известняки [2]. Сквозной талик ограничен руслом р. Лены. По мере удаление от русла мощность ММП быстро увеличивается и уже в 40 м она составляет 105–141 м, а на Приленском плато достигает 400 м.

Подземные воды распространены в слое сезонного протаивания пород, в надмерзлотных подозерных таликах, сквозном подрусловом талике под р. Леной и под ММП. Вода в р. Лена пресная, ее минерализация в период половодья не превышает 100 мг/л, летом составляет около 160 мг/л, а зимой достигает максимального значения (390–560 мг/л). Химический состав речной воды гидрокарбонатно-хлоридно-натриевый (рис), по водородному показателю – воды нейтральные или слабокислые (рН = 6,3–7,4).

Подрусловые воды в четвертичных отложениях имеют схожий химический состав с речной водой. В кембрийском водоносном горизонте в сквозном подрусловом талике минерализация воды составляет 600-700 мг/л, в анионном составе воды преобладают гидрокарбонат-ионы, а в катионном – ионы натрия [2].

В термокарстовых озерах в естественных условиях вода пресная или слабосоленоватая, с минерализацией от 500 до 1400 мг/л, по химическому составу гидрокарбонатная кальциево-магниевая [1]. На территории, подверженной загрязнению, минерализация воды в водоемах возрастает. Например, в г. Покровск она превышает 2000 мг/л, а ее химический состав гидрокарбонатно-хлоридный натриевый [1]. По фондовым данным Н.П. Анисимовой, в таликах под озерами минерализация воды выше, чем в озере в 1,5–2,0 раза, а химический тип соответствует воде озера. В промерзающих таликах содержание растворенных веществ в воде может достигать 4000 мг/л, а химический состав становится сульфатно-магниевый.

В районе пос. Мохсоголлох расплавы чистых повторно-жильных льдов ультрапресные. Их минерализация изменяется от 40 до 70 мг/л, а анионный состав гидрокарбонатный, содержание главных катионов примерно равно [7]. Вода, которая образуется при таянии внутригрунтового льда, при взаимодействии с вмещающими породами обогащается водорастворимым солями. Ее минерализация может достигать 1200 мг/л, а в ее составе преобладающими становятся сульфат-ионы и ион магния.

Сведения о надмерзлотных водах отсутствуют. Источники, обнаруженные в склоне долины р. Лены в июле 2023 г., высачивались из известняков. На аэроснимке территории прослеживается увлажненное понижение в рельефе, которое начинается у заболоченного участка около дороги и ориентировано в сторону р. Лена. Из этого снимка можно предположить, что вода к месту ее выхода поступала по этой ложбинке. Воды имели минерализацию 1297,3 мг/л, ее анионный состав воды смешанный, а катионный состав представлен в основном ионами магния и кальция, $pH = 7,5$, содержание фтора 0,6 мг/л. По химическим показателям вода обнаруженного источника близка к составу расплава, образуемому при оттаивании сильнольдистого грунта.

Подмерзлотные воды в районе пос. Мохсоголлох вскрыты скважинами в трещиноватых известняках и доломитах кембрийского возраста на глубинах 141–175 м [2]. Подмерзлотные воды напорные, их уровни при бурении скважин установились на глубине 40–48 м, что соответствует абсолютным отметкам 92,5–95,5 м, т.е. ниже поймы р. Лены. Химический состав подмерзлотных вод хлоридно-гидрокарбонатный натриевый, а их минерализация равна 1320 мг/л. По величине $pH = 8,1$ воды слабощелочные, они содержат фтор в количестве 6–8 мг/л. В пос. В. Бестях и г. Покровск подмерзлотные воды обладают аналогичным химическим составом.

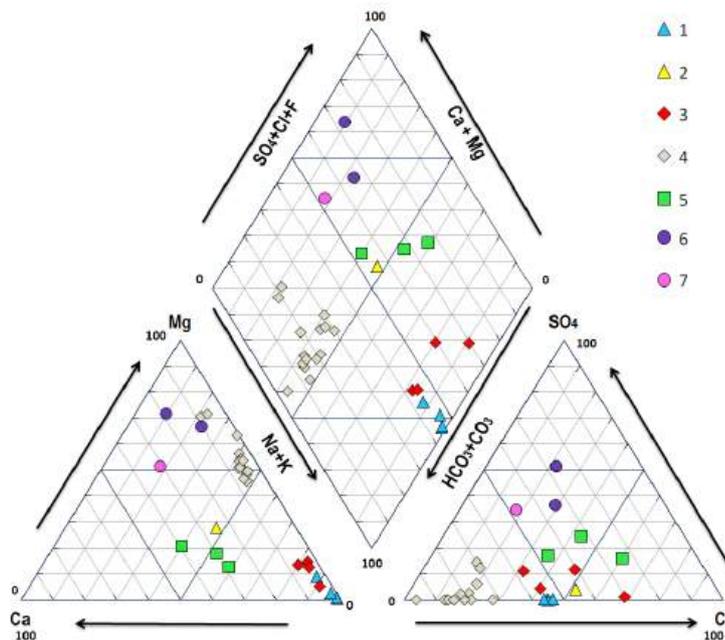


Рис. Пайпер-диаграмма химического состава поверхностных и подземных вод в районе исследования:
 1 – подмерзлотные воды кембрийских отложений, 2 – воды четвертичных отложений подруслового талика р. Лены, 3 – воды озер на территории г. Покровск, 4 – воды озер в окрестностях п. Мохсоголлох, 5 – воды р. Лены, 6 – расплав повторно-жильных льдов, 7 – источник подземных вод

Таким образом, можно предполагать, что обнаруженные источники подземных вод сформировались за счет протаивания льдистых грунтов. В настоящее время происходит потепление климата. В этих условиях количество и дебит таких родников могут увеличиться, что повлияет на сток р. Лены и ее химический состав. Поэтому выявлению и изучению подобных источников необходимо уделить большее внимание.

Литература

1. Анисимова, Н. П. Формирование химического состава подземных вод таликов на примере Центральной Якутии [Текст] / Н. П. Анисимова. – М.: Наука, 1971. – 196 с.
2. Анисимова, Н. П. Гидрогеохимические исследования криолитозоны Центральной Якутии [Текст] / Н. П. Анисимова, Н. А. Павлова. – Новосибирск: Гео, 2014. – 189 с.
3. Подземные воды Центральной Якутии и перспективы их использования [Текст] / В. Т. Балобаев, Л. Д. Иванова, Н. М. Никитина, В. В. Шепелев, Н. С. Ломовцева, В. И. Скутин. – Новосибирск: Гео, 2003. – 137 с.
4. Бойцов, А. В. Особенности режима источников пресных вод Центральной Якутии в свете экологии транспортного строительства тва [Текст] / А. В. Бойцов // Криолитозона и подземные воды Сибири. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1996. Ч. 2. – С. 46–62.
5. Иванов, М. С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины [Текст] / М. С. Иванов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 125 с.
6. Копылов, Т. Т., Геологическая карта дочетвертичных отложений, лист Р-52-XXII, ред. В. Р. Туманов, [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rasterdb.vsegei.ru/img.php?id=60526>.
7. Реки и озера Якутии краткий справочник [Текст] / С. К. Аржакова, И. И. Жирков, К. И. Кусатов, И. М. Андросов. – Бичик, 2007. – 132 с.
8. Шепелев, В. В. Родниковые воды Якутии [Текст] / В. В. Шепелев. – Якутск: Якутское книжное издательство, 1987. – 128 с.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ

Райко К.А.^{1,2}, Рыбалкин Л.А.²

Научный руководитель Л.А. Рыбалкин

¹Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия

В настоящее время организация строительных работ по возведению инфраструктурных объектов, инженерных сооружений, жилых районов с комплексным развитием территории требует от застройщика проведения целого спектра строительных, ремонтных и ландшафтных работ, в процессе которых есть необходимость уплотнения различных дисперсных грунтов (щебня, песка и пр.). Качество проводимых работ напрямую зависит для сокращения временных затрат на операцию уплотнения технологического слоя с достижением необходимой степени уплотнения в настоящее время используют сочетание традиционного способа уплотнения укаткой с вибровоздействием. Для этого применяют различные технические средства – виброкатки и виброплиты. В зависимости от масштаба строительного объекта и особенностей основания зачастую задействуют широкую номенклатуру машин: тяжелые виброкатки с массой до 30 тонн, малые виброкатки с массой до 10 тонн, ручной инструмент массой до 100 кг.

При планировании работ по виброуплотнению опираются: на рекомендации производителя техники [1–4], основанные на результатах модельных оценок и единичных испытаниях отдельных машин в условиях полигона; технологические карты с организационно-технологическими рекомендациями. Данные рекомендации носят общий характер и не позволяют определить, например, требуемое число проходов виброплиты с известными характеристиками при уплотнении грунта конкретного вида в слое заданной толщины до необходимой степени уплотнения.

Сложность в сочетании различных рекомендаций приводит к нерациональному использованию ресурса парка машин при избыточном времени воздействия и количестве проходов на отдельном технологическом слое. Временные и экономические издержки значительно возрастают при работе широкого парка машин на одном объекте строительства. Результатом данного подхода являются увеличение времени и стоимости работ по виброуплотнению грунтов, повышение рисков некачественной подготовки основания при совместной работе различных технических средств на одном строительном объекте. Данная работа посвящена разработке лабораторного стенда для имитации процесса виброуплотнения при различных длительности, степени и характера воздействия на дисперсные грунты различной степени увлажненности и фракционного состава.

За основу, при разработке, был взят комплекс [5], лабораторный стенд состоит из двух частей: блок размещения и механического сжатия объема дисперсного грунта и блок вибрационного воздействия. Общий вид лабораторного стенда представлен на рисунке 1.

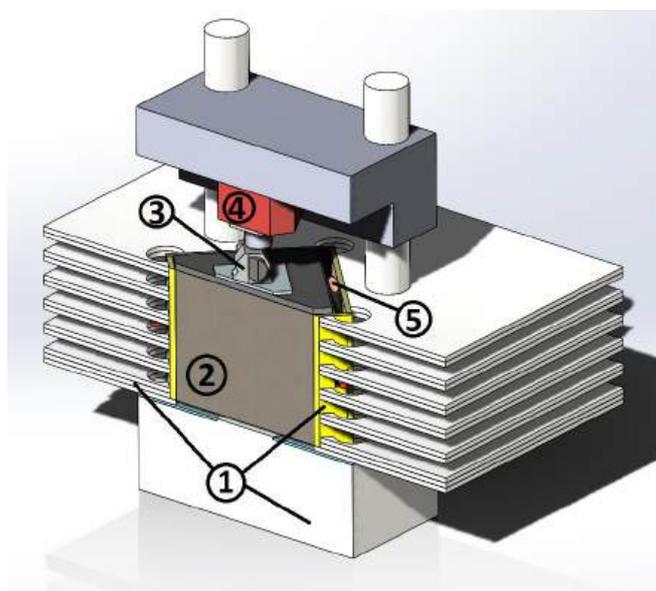


Рис. 1. лабораторного стенда для имитации процесса виброуплотнения дисперсных грунтов: 1 – станина и ребра жесткости; 2 – объем грунта в кубической клетке; 3 – дебалансный источник вибровоздействия; 4 – домкрат осевой нагрузки; 5 – плоский домкрат горизонтального сжатия

В состав блока размещения и механического сжатия грунта входят: станина стенда с ребрами жесткости, гидравлический домкрат вертикального нагружения объема грунта, клетка кубической формы, система бокового сжатия грунта гидравлическими домкратами нагружения в двух горизонтальных направлениях, гидравлическое

оборудование для приведения в действие с автоматической системой измерения давлений, аппаратура для регистрации линейных перемещений, вибрационных колебаний грунта и сейсмоакустической эмиссии в процессе трамбовки. Блок вибрационного воздействия представляет собой плиту, на которой размещен дебалансный источник вибрационных колебаний.

При моделировании процесса виброуплотнения необходимый объем грунта размещают в клетки установки. Боковое поджатие контролируется с помощью системы плоских домкратов. Далее сверху устанавливают последовательно блок вибровоздействия, вертикальный домкрат, опорную плиту домкрата. Фиксируют плиту специальными гайками. На вертикальном домкрате выставляют нагрузку на блок вибрационного воздействия согласно массе моделируемого технического средства виброотрамбовки. Степень и силу вибрационного воздействия, согласно техническим характеристикам, контролируют с помощью массы груза дебаланса источника. Далее запускают систему контроля вертикальных линейных перемещений источника, давления и акустической эмиссии. Проводят серию виброуплотнения грунта с известными параметрами воздействия и времени трамбовки. Измеряют степень уплотнения грунта и составляют таблицу экспериментальных данных о режиме вибровоздействия и временных рамках достижения необходимой степени уплотнения определенного типа грунта, на основе которых производят корректировку режимов моделируемых средств в натуральных условиях.

Разработанный лабораторный стенд позволяет проводить серии экспериментальных исследований по изучению влияния различных параметров виброуплотнения на степень сжатия дисперсных грунтов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и выполнении инженерных и строительных работ для нужд городского строительства. Данный стенд может применяться для повышения качества проводимых работ по виброуплотнению с целью оптимизации экономических и временных затрат при возведении объектов различного масштаба и назначения при активном использовании широкой номенклатуры строительной техники на различных этапах ведения работ.

Литература

1. Грунтовые катки «РАСКАТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oao-raskat.ru/wpcontent/uploads/Gruntovue-RV.pdf>.
2. Atlas Weycor 240-1140 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.weycor.ru/bitrix/images/AW-240.pdf>.
3. Уплотнение асфальтобетона и грунта / НАММ AG D 212 4832. – 2011. – 142 р.
4. BOMAG. Soil and Asphalt compaction. 03/04 Art. № WM 9703
5. Лабораторный стенд для моделирования гидравлического разрыва массива трещиноватых пород [Текст] / С. В. Сердюков, Л. А. Рыбалкин, А. Н. Дробчик и др. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2020. – № 6. – С. 193–201.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛОЩАДНОГО ОБЪЕКТА СИСТЕМЫ ГАЗОПРОВОДА СЛОЖНОЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ (АЛДАНСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА САХА)

Сапрунова И.А.

Научный руководитель профессор Л.А. Строкова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучение геологических процессов территории перед началом строительства необходимо для понимания особенностей грунтового состава и гидрогеологических условий площадки, а также для понимания поведения возведенных конструкций до и во время эксплуатации объекта. Информация о геологических процессах необходима и для составления программы работ по геотехническому мониторингу, что позволит в конечном счете снизить или исключить аварийность и минимизировать возможные катастрофические последствия, как социально-экологические, так и экономические.

Целью данной работы является исследование геологических процессов, протекающих в зоне расположения площадного объекта системы газопровода сложной геотехнической категории.

Для возведения площадного объекта системы газопровода сложной геотехнической категории был выбран участок, находящийся на территории Алданского района Республики Саха, в пределах Алданского нагорья, со сравнительно интенсивным расчлененным рельефом. Площадной объект системы газопровода геоморфологически расположен в ледниковой долине. Территория изысканий расположена на равнине с пологими увалами, нередко встречаются холмы продолговато-овальной формы. Формы рельефа площадки образованы моренными отложениями, ориентированными в направлении движения ледника.

Климат территории площадки характеризуется как резко континентальный – с низкими зимними (до минус 50–65 °С) и высокими летними (до 20–35 °С) температурами воздуха.

В результате проведения рекогносцировочных работ на участке изысканий выделены следующие геологические процессы: суффозия, курумообразование, заболачивание, подтопление, пучение грунтов и выветривание.

В рельефе выражены суффозионные выносы, представленные котловинами и западинами различных форм. Суффозионные выемки имеют ширину от 2 до 60 м, глубина проседания составляет от 0,4 до 25 м. Стенки и борта суффозионных форм имеют небольшой наклон (2–7 °). В некоторых западинах на дне находится вода, встречаются обнаженные глыбы гранита.

Курумы, встреченные на участке работ в настоящее время являются стабильными и не подвержены существенным изменениям, о чем свидетельствуют пряморастиющие стволы деревьев, наличие растительного покрова и небольшая крутизна склонов (3-6°), сложенных курумами.

В районе, прилегающем к площадке объекта определены болота первого и второго типа по характеру передвижения строительной техники согласно п. 9.1 СНиП [3].

Согласно приложению Б СНиП [2] категория опасности по площадной пораженности территории подтоплением – умеренно опасная.

Криогенное пучение грунтов представлено многолетнемерзлыми формами (бугры пучения) и развито в пределах заторфованных участков. Бугры пучения сложены в основном слабодистыми, реже льдистыми и сильнольдистыми глинистыми грунтами. Размеры бугров пучения различны – от 7 до 78 м в плане, высота до 0,8–2,5 м. Промораживание замоченных грунтов является фактором, провоцирующим проявления пучения.

Преобладание физического выветривания определяется климатическими особенностями региона. Выветривание происходит без особого изменения состава пород, залегающих непосредственно у поверхности, с образованием глыб, щебня, дресвы. С этим процессом связаны весьма неравномерная трещиноватость пород, а также весьма разнообразный размер обломков выветрелых пород от крупных глыб до мелкого щебня и дресвы, залегающих на глубине прокладки газопровода.

Участок изысканий расположен в пределах Алданского щита и относится в Байкало-Становому сейсмическому поясу. Сейсмичность территории, согласно СП 14.13330.2014 [1] по близлежащему населённому пункту составляет 7 баллов.

Обобщая изложенные данные, можно отметить, что распространение упомянутых геологических процессов предопределено геологическим строением территории, ее рельефом, климатическими особенностями, гидрологическими условиями, геокриологической специфичностью района и пр.

Литература

1. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах, 2014 г.
2. СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений», 2016 г.
3. СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85 Свод правил автомобильные дороги. Актуализированная редакция», 2021 г.

РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГРУППЫ РОДНИКОВ ЛАНДШАФТНО-РОДНИКОВОЙ ЗОНЫ «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ»

Саржанова А.Б.

Научный руководитель доцент А.А. Хващевская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность исследования. В последнее время родники рассматриваются в качестве одних из популярных рекреационных объектов в городской среде. Связно это с возможностью качественного отдыха на природе. Естественные выходы подземных вод, как многофункциональные природные объекты, часто определяют показатели рекреационной привлекательности и в значительной мере способствуют рекреационному освоению территории. Родники группы «Университетские» в г. Томске в настоящее время приобрели особую популярность среди населения и массовость их посещения с каждым годом возрастает. В этой связи экологические исследования родников и прилегающих к ним территории в настоящее время являются актуальными.

Цель исследования. Оценка рекреационного потенциала (РП) группы родников ландшафтно-родниковой зоны «Университетская» г. Томска.

Задачи исследования.

Выделить критерии для оценки рекреационного потенциала родников.

Оценить уровень рекреационной значимости родников ландшафтно-родниковой зоны «Университетская» г. Томска.

В основу работы положены данные полевых наблюдений за экологическим состоянием области выхода родников ландшафтно-родниковой зоны «Университетская» - Дионисия и Университетский. На основе методик оценки туристско-рекреационного потенциала, представленных различными авторами [1] **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, 2, 3, 4, 5] обобщен их опыт и на основе совокупности важных элементов, предложен следующий подход к оценке рекреационного потенциала исследуемых родников.

Рекреационный потенциал родника и окружающего его ландшафта определяется совокупностью показателей, которые взаимно дополняют друг друга. Рекреационная ценность родника при отсутствии или слабом развитии одного из показателей, может понизиться.

Для определения рекреационного потенциала родников «Дионисия» и «Университетский» использована балльная оценка от 0 до 11 единиц. Для этого выделен ряд основных факторов.

Архитектура и композиция. Характеризуется обустройством родника.

Эстетика. Основывается на зрительном восприятии посетителями родника ландшафта и красоты вокруг родника, живописность пейзажа, образуемая сочетанием рельефа с растительностью и архитектурой.

Ландшафтная ценность. Определяется расчлененностью рельефа, наличием растительности, обводненностью территории. Родники являются выходом подземных вод на поверхность и принимают участие в формировании облика ландшафта, тем самым определяя его рекреационное значение.

Качество воды. Учитывается содержание в воде нормируемых для питьевых вод компонентов ее состава и превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) этих элементов.

Дебит – количество воды, выходящей на поверхность за единицу времени (л/с). Многодебитные родники более удобны для использования и при сооружении каптажных устройств, формируют живописные родниковые пейзажи, повышая эстетическую составляющую окружающей территории.

Доступ к роднику. Характеризуется наличием или отсутствием дорожек (грунтовая дорога; дорога из камня/дерева и т.д.) на подходе к роднику и является существенным фактором при оценке рекреационного потенциала родников.

Оборудование мест отдыха. Возможность оборудования прилегающей территории местами отдыха (лавочками, урнами) для кратковременного отдыха посетителей и поддержания чистоты окружающей территории.

Обеспечение санитарно-гигиенических требований при пользовании. Область выхода подземных вод должна быть защищена от загрязнения, а воды родников при санитарно-гигиенической оценке должны соответствовать требованиям СанПиН 1.2.3685-21 [5].

Наличие на территории бытового мусора. Отмечается наличие поблизости родника загрязнения воды и почвы.

Возможность организации экскурсий и маршрутного туризма. Рассматривается эколого-познавательная особенность объекта - природный комплекс прилегающей территории.

Элемент образовательного блока для начинающих гидрогеологов. Характеризуется рассмотрением основ гидрогеологии при проведении полевых наблюдений и изучении гидрогеологии данной территории.

Каждому пункту определения рекреационного потенциала присваивается от 0 до 1 балла. На основе полученной суммы баллов оценивается уровень рекреационной значимости родников: 0–2 балла – очень низкий (неудовлетворительный); 2,5–4 балла – низкий уровень; 4,5–6 балла – средний уровень; 6,5–8 балла – высокий уровень; 8,5–11 баллов – очень высокий уровень.

На основе анализа данных полевых наблюдений и результатов химического анализа вод исследуемых родников, а также учета обозначенных факторов проведена оценка рекреационного потенциала родников «Дионисия» и «Университетский». Результаты представлены в таблице.

Таблица

Оценка рекреационного потенциала родников «Университетский» и «Дионисия» с учетом их рекреационной значимости, балл

Фактор оценки РП	Наименование родника	
	Университетский	Дионисия
1. Архитектура и композиция	0,5	0,5
2. Эстетика	1	1
3. Ландшафтная ценность пейзажа	1	1
4. Качество воды	0,5	0,5
5. Дебит	1	0,5
6. Доступ к роднику	1	1
7. Оборудование мест отдыха	0,5	0,5
8. Обеспечение санитарно-гигиенических требований при пользовании	1	0,5
9. Наличие на территории бытового мусора	0,5	0,5
10. Возможность проведения экскурсионного маршрута	1	1
11. Элемент образовательного блока для начинающих гидрогеологов	1	1
ИТОГО	10	8

На основе полученной суммы баллов уровень рекреационной значимости родников оценивается как высокий для «Дионисия» и очень высокий для «Университетского».

Так родник «Дионисия» достаточно хорошо представлен архитектурно и композиционно. Он имеет несколько выходов и воды поступают в озерную чашу, обустроенную каменным бордюром. Вода из чаши перетекает по деревянным желобам в озеро Университетское. Рядом с родником имеется скамейка для отдыха и бак для приема мусора. Около скамьи имеется информационная доска с описанием основных характеристик родника и химического состава его вод. В целом место выглядит эстетично. Но, безусловно, требуется постоянный уход за территорией и чистка водоприемной чаши от сезонной листвы и мусора.

Обустройство родника «Университетский» тоже выполнено интересно. Родник оснащен железным каркасом, вода через лотки перетекает в озеро Политехническое. У родника «Университетский» также имеется специальный стенд с указанием основных характеристик родника и химического состава вод. Имеется деревянная дорожка от родника до пруда. Необходимо заботиться о санитарной чистоте родника и прилегающей территории.

Родники Университетской родниковой зоны относятся к малобитным со средним дебитом от 0,16 л/с в роднике «Дионисия», до 0,8 л/с в роднике «Университетский», минерализация родников не более 0,7 г/л. Данные родники имеют каптажные устройства в виде деревянных желобов и лотков.

Прилегающая к родникам территория характеризуется высокой пейзажной привлекательностью и достаточным ландшафтным разнообразием, существует возможность развития маршрутного туризма, дополняемого памятниками истории и культуры (Ботанический сад, государственный университет, белая и красная мечети и пр.).

Вывод. Родники группы «Университетские» и прилегающая к ним территория имеет высокий рекреационный потенциал для развития образовательного и культурно-просветительского туризма, а также отдыха населения г. Томска и его гостей. Это позволяет говорить о возможности интенсивного практического использования территории выхода родников на дневную поверхность и об их определяющей роли в структуре рекреационных ресурсов территории г. Томска. В совокупности это может выступать объектами туристско-экскурсионной деятельности.

Литература

1. Гришуткин, О. Г. Методика оценки туристско-рекреационного потенциала родников регионов [Текст] / О. Г. Гришуткин, Д. С. Щуряков // Географический вестник. – 2023. – №2. – С. 136–153.
2. Каткова, Е. Г. Рекреационный потенциал родников на территории горного Алтая [Текст] / Е. Г. Каткова, М. С. Оборин, О. В. Климова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 1. – С. 5–9.
3. Новых, Л. Л. Рекреационный потенциал родников Красненского района Белгородской области [Текст] / Л. Л. Новых, Е. М. Гайденок, Г. А. Орехова // Успехи современного естествознания. – 2023. – № 11. – С. 95–99.
4. Святые родники Белогорья как перспективные объекты религиозного туризма. 2. Рекреационная и культурная оценка родников [Текст] / Г. А. Орехова, Л. Л. Новых, О. Н. Наумов, А. П. Васильченко, Е. А. Стороженко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 4(253) – С. 169–178.
5. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
6. Сивохиц, Ж. Т. Родниковое районирование и использование его результатов при оценке рекреационного потенциала территории (на примере Оренбургской области) // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 158–166.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Сивцев М.А.^{1,2}, Жирков А.Ф.¹, Лыткин В.М.^{1,2}

Научный руководитель к.т.н. А.Ф. Жирков

¹Институт Мерзлотоведения СО РАН им. П.И. Мельникова, г. Якутск, Россия

²Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов севера СО РАН, г. Якутск, Россия

В научной литературе много работ, посвященных общим вопросам закономерностей и условий формирования глубины сезонно-талого слоя, глубине замерзания и оттаивания почвы в областях с разрушенным термокарстом. Однако, при детальном изучении этого процесса открываются новые вопросы, которые остаются без ответа. Чтобы заполнить один из пробелов, авторский коллектив провел натурные исследования с целью сбора фактических материалов о формировании сезонно-талого слоя на разрушенных термокарстом землях. В настоящее время, данный вопрос является актуальным в связи с расширением площадей населенных пунктов, которые в настоящее время начинают расселяться на заброшенные пахотные земли или создают новые путем вырубки окружающих лесных массивов (рис. 1). Это приводит к оттаиванию подземных льдов и появлению территорий с первичным этапом аласообразования – быларами [1]. Температурный режим является одной из ключевых характеристик мерзлотных условий. Знание этой характеристики важно для оценки условий природной среды и ее оптимизации, а также для учета изменений в зависимости от воздействия климатических параметров и антропогенной нагрузки на мерзлотные ландшафты.



Рис. 1. Строительство домов в микрорайоне «Нелегер» на участках с глубоко расчлененными быларами, с. Амга, сентябрь 2021 г.

Для этого были исследованы три ключевых участка, расположенные в Олекминском (с. Юнкюр, 60°23' с.ш., 120°18' в.д.), Амгинском (с. Амга, 60°54' с.ш., 131°57' в.д.) и Хангаласском (с. Улахан-Ан, 60°54' с.ш., 131°57' в.д.) районах Якутии.

На каждом ключевом участке пробурены по две скважины, одна в естественных ландшафтных условиях (с. Юнкюр скв. 2, с. Амга скв. 3, с. Улахан-Ан скв. 6), вторая на нарушенных термокарстом территориях (с. Юнкюр скв. 1, с. Амга скв. 4, с. Улахан-Ан скв. 5). Глубина этих скважин от 4 м. (скв. 1), до 10 м. (скв. 4).

В результате проведенных исследований были получены сведения о температурном режиме грунтов на участках проявления термокарстовых процессов (рис. 2). Наибольший интерес вызывает температурный режим грунтов на глубине 3 м нарушенных территорий. Этот горизонт является кровлей многолетнемерзлых грунтов на исследуемых участках. За период наблюдений средняя температура на этой глубине остается стационарным на двух участках исследований. В скв. 1 минимальные среднемесячные значения $-0,38^{\circ}\text{C}$ на этой глубине фиксируются в июле, а максимальные значения наблюдаются в ноябре и поднимаются до $-0,27^{\circ}\text{C}$. В скважине 4 минимальные значения на этой глубине фиксируются в мае $-2,03^{\circ}\text{C}$, а максимальные значения наблюдаются в январе и поднимаются до $-0,42^{\circ}\text{C}$.

А на третьем участке (скв. 5) среднемесячные температуры сильно увеличилось за год наблюдений. Наблюдаемые температуры на глубине 3 м в Скважине 5 являются очень критичными и его повышение может экстренно ускорить те процессы, которые наблюдаются в настоящее время на исследуемом участке. Такие большие отличия происходят за счет аномального снегопада в Центральной Якутии за зиму 2022–2023 года, который достигал 55 см. по метеостанции г. Покровск [2], и застаивания воды в межбыларных западинах на этом участке. Что даст сильный тепляющий эффект.

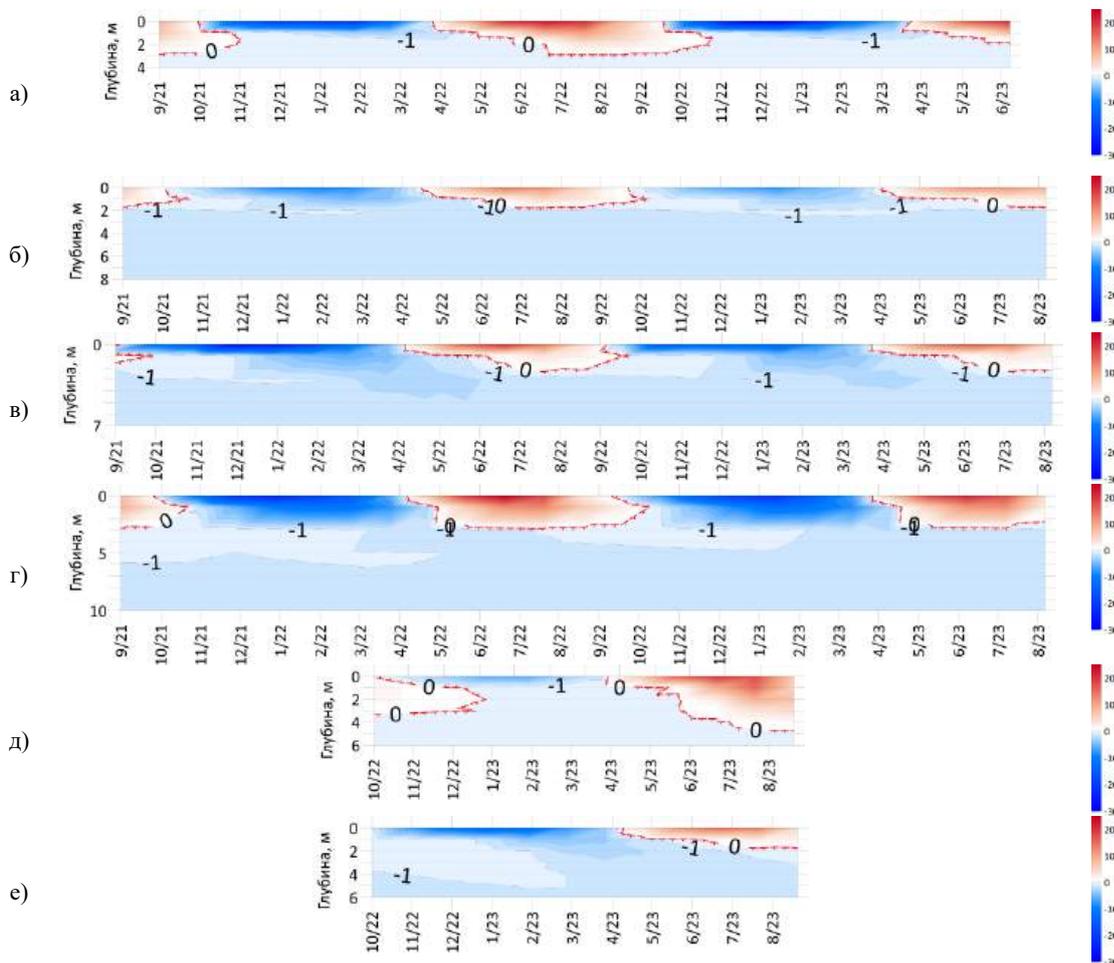


Рис. 2. Температурный режим: а – с. Юнкюр скв. в поле (скв. 1), б – с. Юнкюр скв. в лесу (скв. 2), в – с. Амга скв. в лесу (скв. 3), г – с. Амга скв. в поле (скв. 4), д – с. Улахан-Ан скв. в поле (скв. 5), е – с. Улахан-Ан скв. в лесу (скв. 6)

Благодарности:

Работа выполнена в рамках гранта РНФ 19-78-10088 «Антропология холода: естественные низкие температуры в системе жизнеобеспечения сельских сообществ Якутии (традиционные практики, вызовы современности и стратегии адаптации)»

Литература

1. Соловьев П.А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья. М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 144 с.
2. Информационный ресурс с архивом погоды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gp5.ru/>, свободный – (03.02.2019).

**ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
В РАЙОНАХ С КРУТОПАДАЮЩИМ РЕЛЬЕФОМ
Смирнов А.Ю.**

Научный руководитель к.г.-м.н. П.А. Рыбников
Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ) называют процесс сбора различной информации о поверхности Земли без непосредственного контакта с ней. Зачастую такой информацией являются снимки в разных частотных диапазонах, данные о поверхности земли по результатам радиолокационных съемок, метеорологические данные, показатели солнечной радиации и т.д. ДЗЗ может осуществляться не только на основе космических летательных аппаратов, но и с помощью беспилотных-летательных аппаратов (БПЛА), авиационных летательных аппаратов. Данные о поверхности дна морей и океанов получают с помощью судов и подводных лодок.

Методика получения данных дистанционного зондирования базируется на принципе использования электромагнитного излучения как несущего сигнала. В случае с радиолокационными съемками данный сигнал отражается от объекта (либо излучается объектом), а затем регистрируется приемником и интерпретируется. Подобные методы могут регистрировать как активный отраженный сигнал, так и пассивный.

Поскольку главными характеристиками электромагнитного излучения являются длина волны λ и частота ν все виды ДЗЗ можно разделить на группы в зависимости от интервала электромагнитного спектра (от 0.25 мкм до 1 м). Съемки ведут в ультрафиолетовом (УФ), видимом, ближнем инфракрасном (ИК), среднем ИК, тепловом ИК и радиоволновом диапазонах спектра. При этом атмосфера поглощает излучение того или иного диапазона электромагнитного спектра по-разному.

В последние десятилетия в силу активного развития научно-промышленного потенциала человечества доля материалов космической съемки Земли стала существенно превалировать над материалами крупномасштабных съемок, полученных традиционным топографо-геодезическим методом в силу меньших экономических и производственных затрат, большего пространственного охвата. Дистанционное зондирование Земли способствовало появлению новых научных направлений, таких как: спутниковая метеорология, спутниковая гидрофизика, космическая океанология, космическая картография, космическая геодезия и т.д.

В данном исследовании рассматривалась специфика использования цифровых моделей рельефа по данным ДЗЗ для гидрологических и гидрогеологических работ. Данные дистанционного зондирования в горнопромышленной геологии могут применяться для: дешифрирования линейных и площадных водных объектов, выявления водосборных площадей и областей стока, уточнения площадей с разными показателями инфильтрации и эвапотранспирации, мониторинга паводочий и паводков, геофильтрационного моделирования, в том числе для наблюдения за процессами снеготаяния в целях прогнозирования объема паводкового стока.

Современные модели высот получают с использованием технологий радарометрии, InSAR, LiDAR и др. Данные технологии имеют свои особенности, преимущества и недостатки. Например, технология InSAR имеет преимущество над дешифрированием оптических изображений в отсутствии влияния облачности и погодных условий, но при этом водоемы и резкое изменение рельефа (в горных районах, в районах со сложным расчлененным рельефом и т. д.) критическим образом сказывается на их качестве из-за возникающих радиолокационных теней.

В качестве исследуемой ЦМР по данным ДЗЗ в качестве источника данных был выбран SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), произведенный методом радарной интерферометрии с помощью сенсоров SIR-C и X-SAR, размещенных на борту космического корабля шаттла. Выбор данного вида ДЗЗ был обусловлен его широкой известностью и применением в научном сообществе и производстве. Съемка проводилась в феврале 2000 года и охватывает 85 % поверхности Земли от 54° ю. ш. до 60° с. ш. Исходные данные представлены в вариантах с шагом сетки в 1 и 3 угловых секунды.

В качестве исходных данных для подготовки ЦМР могут быть использованы различные данные ДЗЗ: SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), AW3D (ALOS World 3D), Copernicus GLO-30 DEM и др. Наиболее популярным источником таких данных, широко используемом в научном сообществе, является SRTM – ЦМР, подготовленная по результатам радиолокационной топографической миссии шаттла, проведенной с 11 по 22 февраля 2000 г. Данные материалы общедоступны и использовались нами в качестве основы ЦМР.

В качестве областей исследования были выбраны участки горнопромышленных территорий со сложным рельефом различного географического расположения. Для одного из таких участков, на примере которого будет рассмотрена методика, рельеф характеризовался развитой овражно-балочной сетью вдоль речных долин. Исследуемая площадь составила 660 км². В качестве исходных данных были взяты ЦМР по данным ДЗЗ SRTM и ЦМР по результатам оцифровки топографических планов масштаба 1:10 000.

В процессе обработки исходных данных стало очевидно, что полная векторизация топопланшетов является крайне трудозатратным процессом. При этом чрезмерная точность ЦМР не повысит качество геофильтрационной модели, поскольку размер ячейки модельного блока составлял 50 на 50 метров. Была предложена методика оцифровки прибрежных участков водотоков (створ 30-60 м) и участков с резкоменяющимся рельефом, поскольку именно эти области оказывали существенное влияние на балансовую составляющую инфильтрационного питания [1].

Рассмотрим подробнее методику объединения данных ДЗЗ и топографических материалов (блок-схема), поскольку, как было указано ранее, такие данные являются разнородными: облако точек ДЗЗ распределено по регулярной сетке и обеспечивает меньшую плотность, нежели облако точек с топопланшетов. Попытка интерполирования классическими методами (например, в виде TIN-модели) влечет за собой появление «зубьев»

– чередованию блоков с резкоменяющимися высотными отметками. Это приводит к тому, что при работе с данными разной плотности необходимо использовать статистические интерполяторы, учитывающие весовые коэффициенты. Также важно отметить, что интерpolator не должен пытаться сгладить рельеф в тех участках, где в этом нет необходимости: уступы карьеров, откосы дамб хвостохранилищ и терриконов и т.п.

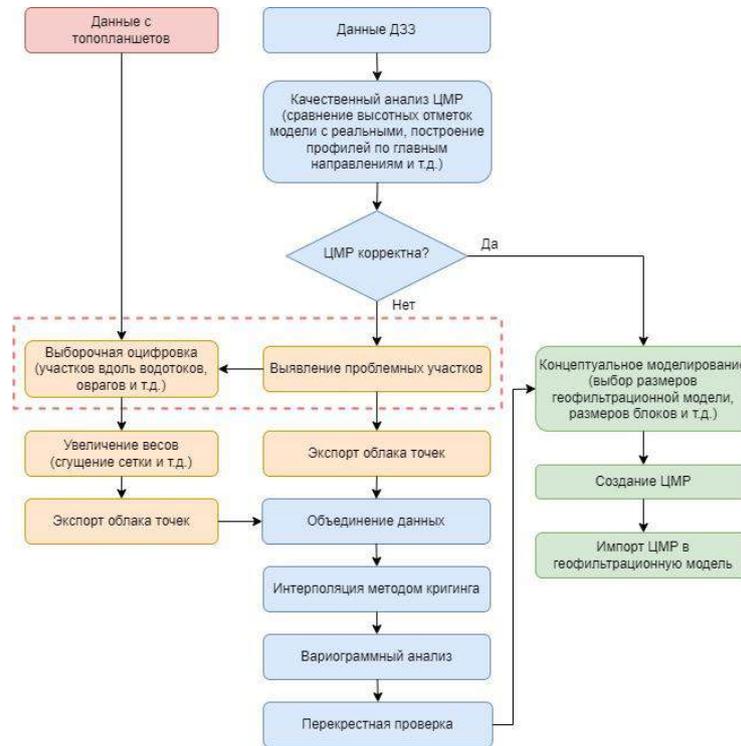


Рис. Блок-схема методики подготовки и объединения данных о поверхностях рельефа из разных источников

Поэтому в качестве интерполятора был выбран кригинг – геостатистический метод интерполяции, основывающийся на геостатистических моделях, включающих анализ автокорреляции за счет вариограммного анализа. Данный метод позволяет корректно сличать разнородные данные в отличие от классических методов интерполяции, применяемых, например, в TIN-моделях. Главным отличием от других статистических методов является наличие «эффекта самородка» (Nugget Effect) – эффекта микровариации значений параметра на коротких интервалах, что является крайне важным для карьеров, отвалов, дамб и т. д.

Участки, выделенные на предыдущем этапе, дополняются данными топографических съемок или картографическими материалами. Установлено, что в средней зоне достаточно оцифровки в буферной зоне по 30–60 м от оси линейного объекта. Увеличение весовых коэффициентов достигается тем, что плотность узловых точек при оцифровке обычно кратно больше облака точек, полученного по результатам ДЗЗ. Если же получаемой плотности точек недостаточно, то применяется геоинформационный метод обработки геометрии: отрезки полилиний между узлами топологически разбиваются посередине, тем самым повышая плотность облака точек в 2 раза. Данный метод может применяться несколько раз для достижения требуемого эффекта.

После того, как данные будут подготовлены и обработаны, они экспортируются в облака точек, которые затем объединяются. Общее облако точек интерполируется методом кригинга. На первом этапе происходит выполнение вариограммного анализа – подбора параметров статистической функции (типа математической функции, длины и числа лагов, эффекта самородка и проч.), наиболее точно описывающей пространственное распределение интерполируемого параметра. По результатам подобранной вариограммы выполняется интерполяция. Завершающим этапом является перекрестная проверка, когда результаты интерполяции сравниваются со значениями в ближайших точках. Так, для рассматриваемой выше модели средняя ошибка составила единицы и первые десятки сантиметров, что является совершенно незначительной погрешностью.

Установлено, что для корректировки SRTM модели эффективна оцифровка прибрежной полосы и участков с крутыми склонами с крупномасштабных топографических карт и планов. Разработана методика обработки исходных данных: для создания конечной карты целесообразно использование интерполяции методом кригинга.

Литература

1. Рыбников, П. А. Анализ качества цифровых моделей рельефа на основе данных дистанционного зондирования Земли для рельефа овражно-балочного типа / П. А. Рыбников, А. Ю. Смирнов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 5-1. – С. 235 – 247.

**РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МОРСКОЙ ТОЛЩЕ И ПОРОВЫХ ВОДАХ
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗОНАХ МЕТАНОВЫХ СИПОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО
АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА**

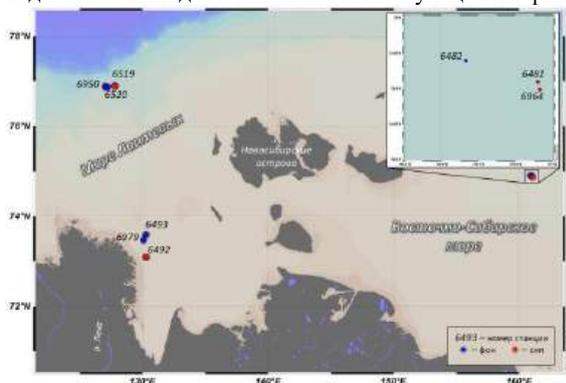
Соколова Е.Д., Моисеева Ю.А.

Научный руководитель профессор Гусева Н.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Моря Восточной Арктики являются регионом, особенно благоприятным для накопления в его донных отложениях огромных запасов органического углерода, создавая благоприятные условия для метаногенеза и формирования залежей метана в донных отложениях. Для данной территории также характерны очаги метановых сипов. Метановые сипы – это уникальные экосистемы, в которых происходит сложный процесс образования и разложения метана. Данный процесс играет одну из главных ролей в глобальном углеродном цикле. С этой точки зрения, метан как мощный парниковый газ, который выбрасывается в атмосферу, оказывает влияние на климат [1]. В свою очередь проблема изменения глобального климата в настоящее время является одной из самых острых, стоящих перед мировым сообществом. По последним данным температура воздуха в Арктике увеличилась более чем в два раза по сравнению со средним глобальным значением за последние два десятилетия [4].

Такой процесс как разгрузка метана приводит к изменению геохимической среды в вертикальном разрезе по всей толще донных отложений и морской воды. Интенсивные изменения среды незамедлительно влияют на биогеохимические циклы и миграцию всех элементов из донных отложений (поровых вод) в морскую воду [2, 5]. Поэтому данная работа посвящена изучению распространённости микрокомпонентного состава поровых и морских вод в зонах выхода метана и соответствующие им фоновых участках.



**Рис. 1. Карта-схема территории исследования
с точками отбора проб**

Исследования морских и поровых вод восточной части моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря проводились во время научно-исследовательских экспедиций на НИС «Академик Мстислав Келдыш» осенью 2019 и 2020 гг. (78-й и 82-й рейсы) (рис. 1, табл.). Отбор проб морской 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 солёность и температуру. Пробы поровых вод были отобраны при помощи комплекса Multicore и извлекались из осадка при помощи фильтров Rhizon. Часть проб анализировались в судовой лаборатории, где выполнялось определение гидрохимических параметров. Вторая часть проб фильтровалась в вакуумные пробирки и транспортировалась в ПНИЛ ГГХ ТПУ, для определения полного микрокомпонентного состава, где также были проанализированы пробы

морских вод масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Для изучения поведения микроэлементов в морской толще и поровых водах донных отложений в зонах метановых сипов были выбраны станции, на которых была зафиксирована эмиссия метана и соответствующие им фоновые на территории Восточно-Сибирского моря, моря Лаптевых на внешнем и среднем шельфах согласно градации по [3] (табл.).

В результате анализа гидрохимических параметров морских вод значений было выявлено, что значения температуры, солёности и pH для Восточно-Сибирского моря и моря Лаптевых находится практически в одном и том же диапазоне на участках выхода метана для данных морей (-1,5–0,45 °C, 26–34,3 ‰, 7,96–8,21 ед. pH). На фоновых станциях температура морской воды моря Лаптевых в условиях фоновой обстановки выше на +1,1°C, чем у Восточно-Сибирского моря. Температура морской воды в районе дельты р. Лена значительно превышает температуру вод моря Лаптевых и имеет наименьшие значения солёности (14,8–31,2 ‰), как в условиях выхода метана, так и на фоновых участках, так как эта зона подвержена влиянию речных вод.

Для поровых вод величины pH, Eh и общей щёлочности для Восточно-Сибирского моря составляют 6,8–7,8, -205–11 мВ и 7,9–13 мг-экв/л соответственно; для моря Лаптевых 7,3–7,8, -223–15 мВ, 3,8–7,6 мг-экв/л; у дельты р. Лена данные показатели составляют 6,9–7,5, -63–36 и 5,7–9,3 мг-экв/л.

В результате исследования распространённости микроэлементов для всех трёх участков была выделена группа элементов, у которых концентрация в поверхностных водах и поровых сохраняются примерно в одном пределе значений: Li (0,06–0,23 мг/л), Ti (0,0–0,01 мг/л), V (0,01–0,05 мг/л), Cr (0,0–0,008 мг/л), Rb (0,65–1,45 мг/л), Sr (2,6–6,5 мг/л), и U (0,003–0,045 мг/л) и группа, где концентрации элементов в морских водах в десятки и сотни раз меньше, чем концентрации в поровых водах (рис. 2): Mn (0,0004–0,008 мг/л и 1,25–29,4 мг/л, соответственно), Fe (0,16–0,08 мг/л и 0,2–11,6 мг/л, соответственно), Co (0,0–0,00008 мг/л и 0,0002–0,01 мг/л, соответственно), Ni (0,00005–0,008 мг/л и 0,02–0,76 мг/л, соответственно), As (0,002–0,005 мг/л и 0,01–0,23 мг/л, соответственно), Mo (0,004–0,01 мг/л в морской воде и 0,005–0,17 мг/л в поровой). У таких элементов как Al, Cu и U концентрации поровых вод превышает морские в 5–7 раз.

Таблица

Общая характеристика станций отбора проб

Море	№ станции	Широта (N)	Долгота (E)	Глубина, м	Мощность осадка, см	Количество проб		Условия
						Морских	Поровых	
Восточно-Сибирское море	6481	74°54'0"	160°55'48"	44		9	–	сип
	6964	74°54'36"	160°55'12"		20,5	–	8	сип
	6482	74°54'0"	160°56'24"	42	22	5	8	фон
Море Лаптевых	6519	76°53'24"	129°7'48"	63,3	16	5	4	сип
	6520	76°54'0"	127°47'24"	67		6	–	фон
	6950	76°52'48"	127°1'12"		12	–	5	фон
Море Лаптевых (вблизи дельты р. Лена)	6492	73°5'24"	130°16'48"	20,3	18	6	8	сип
	6493	73°35'24"	130°16'48"	21,7		6	–	фон
	6979	73°28'12"	130°4'12"		13,5	–	3	фон

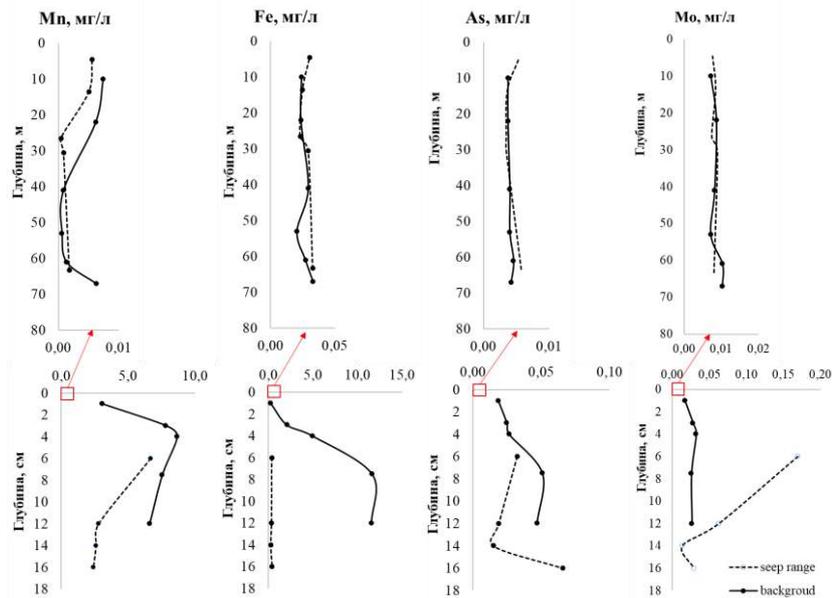


Рис. 2. Глубинные профили концентрации Mn, Fe, As, Mo в морских и поровых водах на фоновых и станциях выхода метана Моря Лаптевых

Средние концентрации микроэлементов в морской воде в фоновой обстановке уменьшались от моря Лаптевых до Восточно-Сибирского моря; у дельты р. Лена средние концентрации микроэлементов составляют минимальные значения. В условиях выхода метана имеется тенденция уменьшения концентраций микроэлементов от моря Лаптевых к Восточно-Сибирскому морю (в зоне дельты средние значения концентраций также минимальные).

В заключении можно сделать вывод, что морские воды на всех участках исследования не претерпевают значительных изменений по микрокомпонентному составу в условиях эмиссии метана. В поровых водах на всех участках исследования микроэлементами, чьи средние концентрации в условиях эмиссии метана выделяются относительно фона, являются: Al, Ti, V, Cr, Mo, U, Sr. В тех же условиях относительно фона на участке Восточно-Сибирского моря выделяются Fe, Co, Ni; на участке моря Лаптевых – Rb; на участке дельты р. Лена – Mn, As. Элементы, проявляющие себя в сипе отлично от их фоновой обстановки, можно принимать как сопутствующие показатели эмиссии метана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного Задания РФ «Наука». Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Methane and climate change: scientific problems and technological aspects [Text]. – М.: Российская академия наук, 2022 / Под ред. академика РАН В.Г. Бондура, академика РАН И.И. Мохова, члена-корреспондента РАН А.А. Маковского.
2. Impact of methane occurrence on iron speciation in the sediments of the Gdansk Basin (Southern Baltic Sea) [Text] / O. Broclawik, K. Łukawska-Matuszewska, A. Brodecka-Goluch, J. Bolalek // Science of The Total Environment. – 2020. – V. 721.
3. Near bottom water warming in the Laptev Sea in response to atmospheric and sea-ice conditions in 2007 [Text] / J. A. Holemann, S. Kirillov, T. Klagge, A. Novikhin, H. Kassens, L. Timokhov // Polar Res. – 2011. – V. 30. – 6425.
4. Meredith, M., M. Sommerkorn, S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. Mackintosh, J. Melbourne-Thomas, M.M.C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E.A.G. Schuur, Chapter 3. 2019: Polar Regions. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate eds. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer In press. – P. 203–320.
5. The behavior of trace elements in seawater, sedimentary pore water, and their incorporation into carbonate minerals: a review. Facies [Text] / D. Smrzka, J. Zwicker, W. Bach, D. Feng, T. Himmler, D. Chen, J. Peckmann. – 2019. – V. 65. – 41.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10-Й ХУТОР**

Тукмачев Д.В.

Научный руководитель профессор Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективной технологией по финальной изоляции радиоактивных отходов (РАО), с точки зрения экологической безопасности и надёжности, в течении длительного времени, является захоронение в глубоководном многобарьерном комплексе [1]. Изоляция РАО проводится в пунктах приповерхностного захоронения расположенных на глубине не более 100 метров для 3 и 4 класса, а также в пунктах глубинного захоронения, размещающихся на расстоянии более 100 метров от поверхности земли, для 1 и 2 класса [3]. Принцип многобарьерности обеспечивает долговременную изоляцию РАО и основывается на использовании нескольких независимых барьеров безопасности, в состав которых входят: вмещающая горная порода, буферный материал, контейнер и упаковка РАО. Главная задача барьеров – не допустить выход продуктов распада радионуклидов и физических воздействий РАО в прогнозируемый период службы пункта захоронения. Для выполнения поставленной задачи компоненты системы инженерных барьеров, представленных буферным материалом и контейнером, должны соответствовать определённым критериям качества, которые бы позволяли им выполнять свои функции безопасности:

1. Локализация РАО на период их потенциальной опасности от биосферы.
2. Сохранение барьерных свойств при воздействии внешних природных и техногенных факторов, а также под влиянием процессов, протекающих внутри пункта захоронения.
3. Ограждение РАО от непреднамеренного вторжения людей и животных.
4. Обеспечение герметичности системы при воздействии вмещающей горной породы [2,4].

Буферный материал, в большинстве зарубежных концепций захоронения РАО, планируется производить из смеси на основе бентонитовой глины, так как она обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к многим радионуклидам, а также низкой водопроницаемостью. В течение последних десятилетий проводятся работы по обоснованию безопасности пункта глубинного захоронения РАО 1 и 2 класса, проектируемого на территории Нижнеканского массива в Красноярском крае. Согласно последним опубликованным работам, в качестве сырья, для создания буферного материала, исследуются бентонитовые и каолиновые глины, а также смеси на их основе. Барьерные свойства бентонитовых глин обусловлены, главным образом, наличием в их составе глинистого минерала монтмориллонита. Его содержание в глине составляет порядка 60-70% [4].

Цель данной работы – исследования физических свойств бентонитовой глины, отобранной на месторождении 10-й Хутор, которые могут повлиять на выполнение функций безопасности в пункте захоронения РАО. В рамках работы были определены следующие параметры: коэффициент фильтрации, относительная деформация набухания, влажность на пределе усадки, насыпная плотность и плотность частиц.

Объектами исследования являются три образца бентонитовой глины под номерами 134, 135, 136 отобранные на месторождении 10-й Хутор в Республике Хакасия.

Определение насыпной плотности проводилось методом режущего кольца, а измерение плотности частиц с помощью пикнометрического метода. Влажность глины и её влажность на границе текучести определены методами высушивания до постоянной массы и балансирным конусом Васильева. Все методики выполнялись согласно требованиям ГОСТа 5180-2015. Исследования коэффициента фильтрации проведены по методике «Определение коэффициента фильтрации глинистых грунтов» на основании ГОСТа 25584-2016. Замеры проводились на компрессионно-фильтрационном приборе Знаменского-Хаустова при насыпной плотности грунта. Для исследования процессов набухания и усадки использовались методики из ГОСТа 12248.6-2020. Относительная деформация набухания образцов глин проводилась на приборе свободного набухания (ПНГ).

Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица

Физические параметры образцов бентонитовых глин

Образец	Влажность, W %	Влажность на границе текучести, W _L %	Влажность на пределе усадки, W _y %	Насыпная плотность, ρ г/см ³	Плотность частиц, ρ _s г/см ³	Относительная деформация набухания, ε _{sw}	Коэффициент фильтрации, k м/с
134	5,7	82,4	6	0,69	2,52	0,21	2,18 E ⁻⁰⁷
135	4,4	58,4	8	0,62	2,52	0,13	4,6 E ⁻⁰⁷
136	5,6	81,8	10	0,76	2,51	0,18	1,01 E ⁻⁰⁷

В ходе полученных результатов наблюдается зависимость между значениями насыпной плотности и коэффициентом фильтрации. Чем выше значение плотности, тем меньше водопроницаемость грунта. Все образцы при насыпной плотности показали высокие значения коэффициента фильтрации для использования их в качестве буферного материала. Это говорит о том, что при использовании данных глин, для постройки хранилища, необходимо проводить производственную обработку методом прессования.

Также выявлена корреляция между содержанием минерала монтмориллонита в образцах и их относительной деформацией набухания. Как известно, монтмориллонит относится к минералам группы смектитов, обладающих способностью к внутрикристаллическому набуханию, за счёт проникновения молекул воды в межпакетное пространство. По данным исследований, опубликованных ранее, определено, что образец под номером 134 обладает наибольшим содержанием монтмориллонита, а 135 образец – наименьшим. Эта зависимость может объяснять неоднородность значений относительной деформации набухания в образцах [5].

По классификации грунтов, согласно ГОСТ 25100-2020 все три образца относятся к сильнонабухающим грунтам. Это подтверждает их способность, при воздействии воды, изолировать внутреннее пространство хранилища, посредством заполнения пустот в процессе набухания. Образец 134 обладает большей относительной деформацией набухания, что может привести к формированию высокого давления набухания и, как следствие, к деформирующему воздействию на внутреннюю конструкцию хранилища. В свою очередь, это может привести к нарушению герметичности сооружения.

После проведения второго этапа исследования усадки, в образцах 134 и 135 образовались усадочные трещины. Данная особенность глин может негативно сказаться на барьерных свойствах, так как по этим трещинам, при залповом заполнении хранилища, могут проникнуть подземные воды.

Таким образом, при предварительном исследовании физических характеристик трёх образцов бентонитовых глин с месторождения 10-й Хутор Республики Хакасия выявлено, что образец под номером 136 является наиболее эффективным для использования его в многобарьерных системах захоронения РАО в качестве буферного материала.

Работа поддержана Государственным Задаанием РФ "Наука". Проект FSWW-2023-0008.

Литература

1. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО [Текст] / Н. С. Цебаковская, С. С. Уткин, И. В. Капырин, Н. В. Медянцева, А. В. Шамина; под редакцией И. И. Линге и Ю. Д. Полякова. – Москва: Комтехпринт, 2015. – 208 с.
2. Ядерная И. Р. Б. Захоронение радиоактивных отходов. принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055-14 [Текст] // Ядерная и радиационная безопасность. Учредители: Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности. – № 3. – С. 38–65.
3. Иванов, Е. А. Актуальные проблемы классификации удаляемых твердых радиоактивных отходов, образующихся при использовании атомной энергии [Текст] / Е. А. Иванов, Д. А. Шаров, А. В. Курындин // Ядерная и радиационная безопасность. – 2018. – № 2. – С. 11–23.
4. Крупская, В. В. Обоснование выбора глинистых материалов для разработки инженерных барьеров безопасности при изоляции РАО в ПГЗРО на участке недр «Енисейский» [Текст] / В. В. Крупская, Е. А. Тюпина, С. В. Закусин, О. А. Ильина, Е. А. Савельева // Радиоактивные отходы. – 2023. – № 2 (23). – С. 98–112.
5. Чихирева, В. В. Содержание монтмориллонита и органического углерода в бентонитовых глинах месторождения 10-й Хутор [Текст] / В. В. Чихирева, Д. В. Тукмачёв. – 2023.

ИЗУЧЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Халеский В.В.

Научный руководитель профессор С.О. Гриневский

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

Инфильтрационное питание является крайне важным параметром для изучения ресурсов подземных вод большинства месторождений. Различные условия формирования инфильтрационного питания могут сильно изменить объемы пополнения подземных вод, что будет сильно сказываться на соотношении статей баланса водоотбора при эксплуатации месторождения. Таким образом, изучение неоднородности инфильтрационного питания является крайне важной задачей, а применение геогеологических моделей, как комплексного метода для расчетов данного параметра - наиболее эффективной [2]. Принципы расчетов и дальнейших построений карт инфильтрационного питания будут представлены на примере Пермилковского месторождения Архангельской

области. На Пермилковском месторождении ввиду его особенностей – сильно развитого поверхностного карста и небольшой мощности четвертичных отложений, повсеместно перекрывающих мощный (до 60 м) водоносный комплекс известняков, а также активного взаимодействия подземных и поверхностных вод, изучение условий формирования инфильтрационного питания является принципиально важной задачей для правильной оценки ресурсов подземных вод. Также одной из особенностей Пермилковского месторождения является и то, что поверхностный сток полностью формируется в пределах его балансовой площади. Таким образом, все ресурсы подземных вод данного месторождения полностью обеспечены инфильтрационным питанием. Для построения карты инфильтрационного питания было проведено районирование по трем основным критериям – по типу растительности (лесная и луговая), по типу почвенного покрова (глее-подзолистая, подзолистая, торфяно-подзолисто-глеевая, торфяная) и по преимущественному составу материнских пород зоны аэрации (песчаный, суглинистый, известняки). Далее путем наложения этих карт была получена карта общего районирования условий формирования инфильтрационного питания. Для каждого типа условий формирования питания было проведено моделирование трансформации влаги на поверхности земли [2] и в зоне аэрации [4]. Расчет баланса влаги на поверхности земли проводился с помощью программы SurfBal (1).

$$O = E_{LS} + S + V_p \quad (1)$$

где O – количество осадков, E_{LS} – суммарное испарение с поверхности (с поверхности снега и листьев), S – поверхностный сток, V_p – впитывание в почву.

Для моделирования использовались многолетние суточные ряды метеорологических данных (осадки, температура, влажность воздуха и средняя скорость ветра) за период 1965-2019 гг, параметры снеготаяния и промерзания, теплопроводности почвы, а также коэффициент фильтрации и параметры Ван Генухтена, которые для глее-подзолистого типа почв определялись путем лабораторных испытаний образцов почв и зоны аэрации, отобранных автором в полевых работах в 2021 году, и дальнейшего их моделирования в программе RETC [5], а для остальных типов почв – по литературным данным. В полевых работах автором было пройдено 4 шурфа на двух ландшафтах. В каждом из шурфов были выделены почвенные горизонты А, В и материнские породы С [1]. Далее были отобраны и транспортированы в лабораторию образцы из каждого горизонта. Моделирование проводилось по результатам лабораторных определений методом центрифугирования параметров ОГХ и влагопереноса по сопоставлению фактических и модельных кривых ОГХ и влагопроводности [3]. Параметры снеготаяния, промерзания, а также теплопроводности почвы были получены путем калибровки по фактическим данным высоты снежного покрова и глубины промерзания. Параметры Ван Генухтена и коэффициенты фильтрации по литературным данным брались исходя из сходства характеристик соответствующих кривых ОГХ почв Пермилковского месторождения с почвами ближайших областей, для которых удалось найти больше данных. Расчет баланса влаги в зоне аэрации проводится моделированием в программе Hydrus -1D (2).

$$V_p = E_p + TR + W \quad (2)$$

где V_p – впитывание в почву, E_p – испарение из почвы, TR – транспирация корнями растений, W – инфильтрационное питание

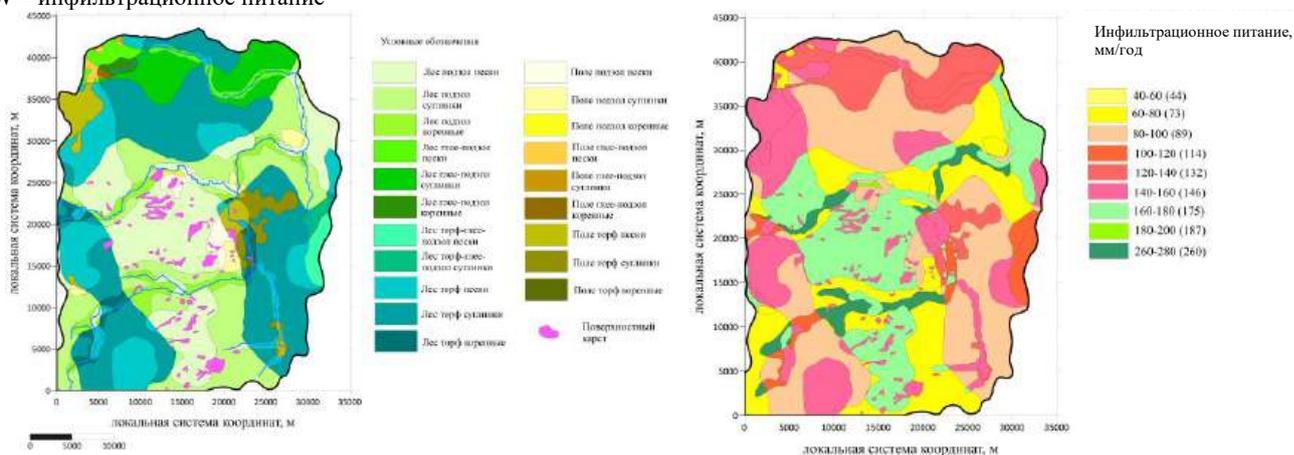


Рис. Схема районирования территории с различными условиями формирования инфильтрационного питания и карта неоднородности среднееголетнего инфильтрационного питания Пермилковского месторождения подземных вод

Моделировался разрез зоны аэрации единичной площади. Верхней границей модели является поверхность почвы, на которую поступает впитываемая влага по результатам расчета ее трансформации на поверхности в программе SurfBal. Нижней границей является среднееголетняя глубина до уровня грунтовых вод (УГВ). Глубина до УГВ принималась равной 10 м, что отвечает максимальным величинам инфильтрационного питания. Для расчетов баланса влаги в зоне аэрации также задавались параметры Ван Генухтена и коэффициент фильтрации, а также параметры транспирации и развития корневой системы растительности. Осреднением результатов моделирования с суточным шагом по времени за период 1965-2019 гг получены среднееголетние уравнения баланса (1, 2) и для каждого типа ландшафтных условий рассчиталась среднееголетняя величина инфильтрационного питания. Близкие значения питания, полученные на разных ландшафтах, далее объединялись

в зоны с диапазоном 20 мм/год с расчетом средневзвешенной величины для каждой зоны. Таким образом получена карта неоднородности среднемноголетнего инфильтрационного питания (Рис.), показывающая, что величины инфильтрационного питания имеют большой разброс – от 44 мм/год до 260 мм/год, то есть различаются в несколько раз. Минимальные значения характерны для лугового типа растительности глее - подзолистого и подзолистого типов почвы суглинистого состава зоны аэрации (44 и 64 мм/год соответственно), а также для лесного типа растительности, подзолистого типа почвы суглинистого состава зоны аэрации (68 мм/год). Максимальные значения соответствуют лесному типу растительности подзолистой почвы коренному составу зоны аэрации (260 мм/год). Таким образом, инфильтрационное питание имеет крайне высокую неоднородность и сильно зависит от условий формирования, что хорошо учитывается при применении геогеологических моделей.

Литература

1. Гриневский, С. О. Схематизация строения и параметров зоны аэрации для моделирования инфильтрационного питания подземных вод [Текст] / С. О. Гриневский // Вестн. Моск. Унта, Сер. 4. Геология. – 2010. – №6. – С. 56–67.
2. Гриневский, С. О., Поздняков С. П. Принципы региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе геогеологических моделей [Текст] / С. О. Гриневский, С. П. Поздняков // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37. – № 5. – С. 543– 557.
3. Смагин, А. В. Определение основной гидрофизической характеристики почв методом центрифугирования [Текст] / А. В. Смагин, Н. В. Садовникова, Мизури Маауиа Бен Али // Почвоведение. – 1998. – №11. – С. 1362–1370.
4. The HYDRUS-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variably-saturated media. Ver. 4.08 / J. Šimůnek, M. Šejna, H. Saito, M. Th. Van Genuchten // Prepr. Depart. of Environ. Sci. University of California Riverside. California, Riverside, 2009. – 296 p.
5. Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils / M. Th. vanGenuchten, J. Simunek, F.J. Leij, M. Sejna. Copyright 2005-2009 Authors, All Rights Reserved.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Харыбина А.С., Воротынецв К.Д.

Научный руководитель профессор А.В. Федаш

**Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,
г. Москва, Россия**

Транссахалинская трубопроводная система – это один из важнейший объектов в рамках нефтегазового проекта «Сахалин-2» (оператор – ООО «Сахалинская Энергия»), имеющий протяженность более 800 км и соединяющий добычные платформы на северо-восточном шельфе, объединенный береговой технологический комплекс и производственный комплекс «Пригородное» на юге острова Сахалин, где происходит сжижение газа и отгрузка нефти сорта Sakhalin Blend [3].

При эксплуатации трубопровода возникают риски, связанные с потерями углеводородного сырья в результате аварийных разливов и технических утечек, обусловленные опасными геологическими процессами – землетрясениями, оползнями, оврагообразованием, эрозией [1, 2]. Регулярный контроль и учет данных процессов при эксплуатации объекта способствует обеспечению целостности трубопроводов в сложных климатических и инженерно-геологических условиях. Одним из наиболее опасных сегментов трубопровода является участок, расположенный в Макаровском районе, где трубопровод пересекает 5 разломов, а также проходит через территории с большой расчлененностью рельефу, что увеличивает риск формирования перечисленных выше процессов.

В ходе работы с целью обеспечения безопасности нефтегазовых объектов, в первую очередь, транссахалинской трубопроводной системы, в ГИС-системе ArcGIS была создана база данных, включающая сведения об опасных природных процессах, которые способствуют росту риска возникновения аварий на трубопроводах и, соответственно, потерь углеводородов. Для отслеживания динамики развития опасных геологических процессов были применены данные ежегодного геологического мониторинга, который осуществлялся в компании ООО «Сахалинская Энергия» в 2019 и 2020 гг. и включал 14 контрольных точек (рис. 1). Мониторинговые мероприятия включали фотоконтроль, замеры, отслеживание динамики и разработку мер дэскалации. Также полоса землеотвода транссахалинской трубопроводной системы была изучена с помощью портала Геологической службы США EarthExplorer на наличие эрозийных участков, информация о которых также вошла в итоговую базу данных [4].

В результате выполненной научной работы была сформирована база данных опасных геологических процессов в программном обеспечении ArcGIS, в которой собрана информация об участках развития опасных геологических процессов, пунктах их мониторинга в 2019 и 2020 гг., а также территориях с возможными нефтеразливами, которые были выявлены на изучаемой территории с помощью визуального метода. Вместе с тем, одним из важнейших элементов базы данных стали эпицентры землетрясений с 15 марта 1924 года по 26 февраля 2022 года, полученные на порталах ФИЦ ЕГС РАН и Геологической службы США, которые также способствуют активизации опасных геологических процессов (рис. 2) [5].



Рис. 1. Участки мониторинга опасных геологических процессов в 2019 и 2020 гг.

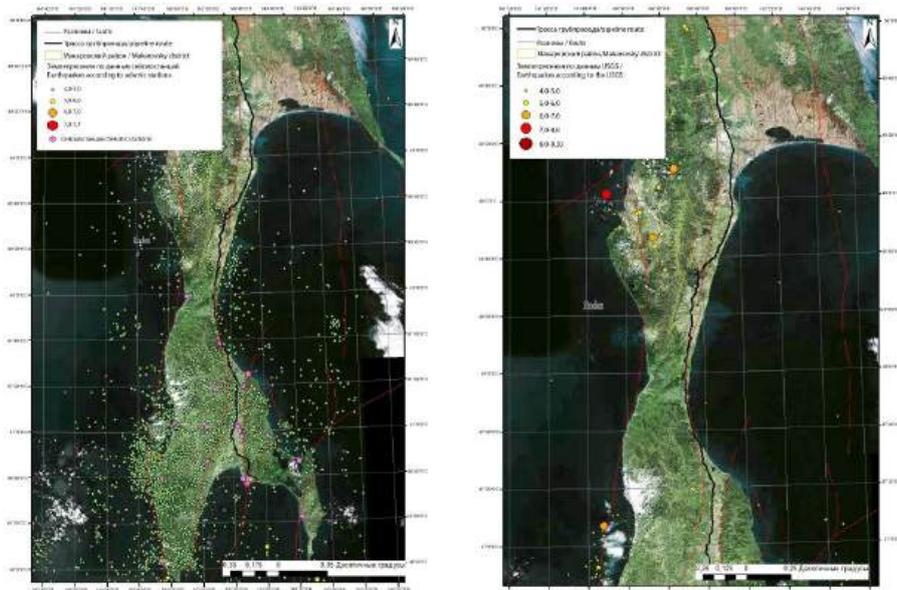


Рис. 2. Расположение очагов землетрясений относительно разломов на Сахалине: а) по данным ФИЦ ЕГС РАН (08.01.2003-31.12.2019 гг.); б) по данным Геологической службы США (15.03.1924-26.02.2022 гг.)

Литература

1. Казаков Н. А., Генсиоровский Ю. В. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкорельефе о. Сахалин как факторы риска для нефтегазопроводов «Сахалин-2» [Текст] / Н. А. Казаков, Ю. В. Генсиоровский // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. – №6. – 2008. – С. 483–496.
2. Лобкина В.А. Использование биоматов в закреплении склонов в условиях о. Сахалин / В. А. Лобкина // Геориск, 2014. – № 4. – С. 30-33.
3. Оценка воздействия на окружающую среду. Том 1, глава 1. Введение – Текст: непосредственный // «Сахалин Энерджи». – 2003. – 14 с.
4. Харьбина А. С., Сизов О. С. Устойчивое развитие нефтегазовой отрасли острова Сахалин с точки зрения контроля проявления опасных природных процессов вдоль участков трубопроводов / А. С. Харьбина, О. С. Сизов // Проблемы управления социально-экономическим развитием регионов России в новых реалиях. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2023. – С. 348–357.
6. Харьбина А.С., Юмашева А.К. Контроль развития опасных геологических процессов вдоль полосы земледелия магистрального трубопровода (на примере участка транссахалинской трубопроводной системы на территории Макаровского района) // Актуальные проблемы нефти и газа. Сборник трудов VI Всероссийской молодежной научной конференции. – 2023. – С. 296–300.

ИЗУЧЕНИЕ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ГЛИНОЗЕМИСТОГО БЕТОНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТОДАМИ ТОМОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ
Царев М.А.^{1,2}, Лободенко И.Ю.¹, Малофеев А. А.¹, Ермолинский А.Б.²,
Чернов М.С.², Пензев А. П.²

¹Федеральное бюджетное учреждение «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности», г. Москва, Россия.
²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

Аннотация. Долговременная безопасность захоронения радиоактивных отходов обеспечивается инженерными барьерами с необходимыми сорбционными и фильтрационными свойствами [1]. При длительном контакте инженерного барьера безопасности с природными водами и растворами хранилища в результате перераспределения пористости возможны изменения состава материала, его фильтрационных [2, 7], сорбционных и прочностных свойств. Авторами выполнено испытание длительной фильтрацией образца бетона, модифицированного добавкой глины, изучение структуры образцов, морфологии их порового пространства. Работа демонстрирует применимость комплексного сравнительного анализа изменений в структуре порового пространства и в морфологии пор барьерных материалов до и после фильтрационных испытаний методами томографии и сканирующей электронной микроскопии.

Ключевые слова: инженерный барьер, бетон, подземные воды, фильтрация, выщелачивание, поровое пространство, захоронение, радиоактивные отходы, компьютерная томография, электронная микроскопия.

Введение. Объектом исследования является образец инженерного барьера безопасности, разделенный на образец № 1 (не подвергшийся фильтрационному испытанию), и образец № 2 (после 177 суток непрерывного фильтрационного испытания). Целью исследования является изучение изменения структуры и морфологии порового пространства барьерных материалов после испытаний на различные виды воздействий и использование результатов исследований для обоснования долговременной устойчивости изолирующих свойств материалов, используемых при изоляции радиоактивных отходов. Задача исследования состояла в изучении морфологии пор и структуры порового пространства методами компьютерной томографии (КТ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Фильтрационный опыт с контролем параметров. Фильтрация произведена на фильтрационном оборудовании собственной разработки [6] (патент №2803394). Испытание проводилось на слабоминерализованной воде. Образец, а соответственно и образцы № 1 и 2, инженерного барьера безопасности представлены цементным камнем (рисунок № 1) приготовленным из смеси, содержащей по массе: 42% кварцевого песка, 33 % высокоглиноземистого цемента (% Al₂O₃ – 61, СаО – 32, SiO₂ – 3, SO₃ – 1, Fe₂O₃ – 1, Na₂O+K₂O, 0.7), 5 % порошковой бентонитовой глины (Mg-Na состава: % смектита – 72, кварца – 16, гидрослюда – 5, кальцита – 4, каолинита – 1, гипса – 1, плагиоклаза – 1) и 20 % воды.

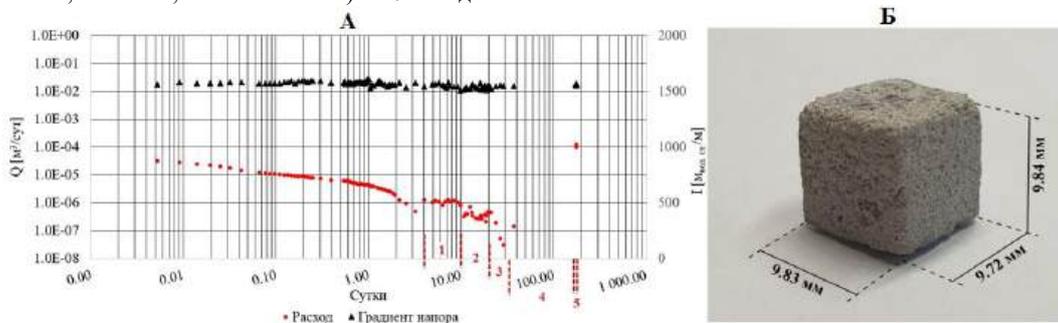


Рис. 1. Результаты фильтрации через образец № 2 (пояснения по тексту)

В процессе фильтрационного опыта выполнена оценка скорости фильтрации и коэффициента фильтрации (K_f) для образца № 2. Значение K_f [м/сут] в процессе фильтрационного испытания изменялось согласно периодам, показанным на рисунке 1А: (1) $8 \cdot 10^{-6}$ (4–10 сутки, замеры стабилизации), (2) $2.6 \cdot 10^{-6}$ (10–20 сутки, замеры стабилизации), (3) $< 10^{-7}$ (20–37 сутки, остановка фильтрации), (4) $< 10^{-7} - 7.9 \cdot 10^{-4}$ (37–176 сутки, рост и стабилизация расхода), (5) $7.9 \cdot 10^{-4}$ (176–177 сутки, замеры стабилизации). Коэффициент фильтрации и скорость возросли на два порядка.

После фильтрации на стенке образца № 2 отмечены отложения серого оттенка (со стороны выхода фильтрата), при испарении самого фильтрата остался сухой остаток, который имел желтовато-белый цвет. На масс-спектрометре ICP-MS в ФБУ «НТЦ ЯРБ» выполнены исследования химического состава для проб жидкости из образцов (образец №1 – бетон исходный, образец №2 – бетон, подвергшийся фильтрационному испытанию, а также сухой остаток из жидкости фильтрата), по результатам измерений в образцах преобладает содержание кальция. Исследованиями [6] предположено что процессом, уменьшающим фильтрационное сопротивление образца вследствие роста его пористости, является выщелачивание: $2(3CaO \cdot Al_2O_3) + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 3Ca(OH)_2$ и вынос Са при растворении его гидроксида. Расчет скорости растворения образца № 2 на основе простейшей модели [6] дал растворение 12 % кальция в твердом комплексе и ориентировочное увеличение пористости на 20 %, с чем и может быть связан скачкообразный рост K_f образца. Фильтрационный опыт, оборудование и исследование химического состава представлено в работе [6].

Изучение структуры образцов методом компьютерной томографии. Исследование структуры образцов №№ 1 и 2 выполнено на томографе кафедры инженерной геологии геологического факультета МГУ имени

М.В. Ломоносова. На рисунке 2 последовательно представлены: КТ-изображение, модель распределения пор по результатам КТ, морфология порового пространства образцов по данным СЭМ.

Результаты исследований показали, что образцы №№ 1 и 2 на начало исследований имели структуру, соответствующую моменту создания исходного образца, а воздействие фильтрующей воды через материал (образец №2) изменило его строение. При сравнении результатов томографии в образце после фильтрации, показанном на рис. 2Б, наблюдается высокая контрастность между зернами кварцевого песка и межзерновым пространством, пространством цемента – заполнителя относительно исходного образца (рис. 2А), что может говорить о разуплотнении межзернового порового пространства в результате его растворения или замещения менее плотным веществом.

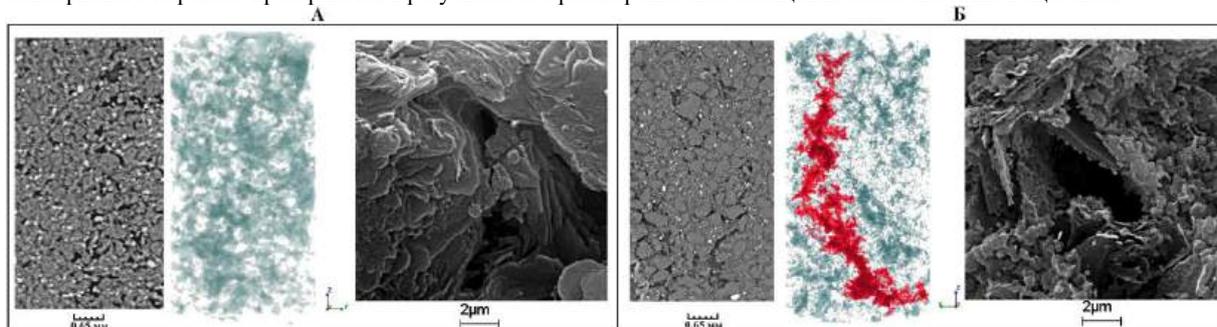


Рис. 2. Структура образцов по данным КТ и СЭМ (А – образец № 1; Б – образец № 2)

В образце № 2 после фильтрационного испытания выражен канал (рис. 2Б), при этом образцы №№ 1 и 2 по данным КТ мало отличаются по пористости: изучение структуры образца № 1 (контрольный образец), не подвергшийся фильтрационному испытанию, показало, что он имеет пористость от 6% до 10%, а образец № 2 после фильтрационного испытания имеет среднюю пористость 5%.

Изучение морфологии порового пространства методом электронной микроскопии. Исследование выполнено на электронном микроскопе кафедры инженерной геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Изучению морфологии и структуры подверглись оба образца №№ 1 и 2, в образце бетона, через поровое пространство которого фильтровалась вода, произошло изменение как морфологии отдельных пор, так и структуры порового пространства. Результаты съемок (микроскопии) сколов двух образцов приведены на рис. 2.

Результаты СЭМ показали, что крупные поры контрольного образца № 1 (рис. 2А) заполнены мелкими чешуйчатыми частицами и микроагрегатами из них, при этом в структуре образца после фильтрационного испытания наблюдаются открытые крупные поры, что говорит о постепенном расширении капиллярной пористости в процессе фильтрационного опыта.

Выводы. Рост значения K_f в ходе опытной фильтрации от значений порядка 10^{-7} до 10^{-4} м/сут может быть связан с растворением 12 % Са в цементе, что соответствовало увеличению пористости на 20 % (оценка выполнена методом полного водонасыщения [6]). По-видимому, расширение капиллярной пористости в процессе фильтрационного опыта действительно связано с увеличением тонких капилляров цемента, заполняющего межзерновое пространство, что приводит к скачкообразному уменьшению фильтрационного сопротивления в момент возникновения гидравлической связи между капиллярами и крупными порами (размер которых по данным томографии изменяется незначительно). Для материалов инженерных барьеров безопасности, состав которых подбирается экспериментально с использованием различных добавок [3, 5], должны учитываться процессы изменения минеральных веществ (растворение и замещение и др.), ведущие к изменению пористости и проницаемости [2, 6]. По мнению авторов, проведение длительных фильтрационных испытаний целесообразно, так как изолирующие свойства применяемых барьеров должны сохраняться, исключая утечки из сооружения и снижение несущей способности при хранении и захоронении радиоактивных отходов, в течении всего срока службы барьера для выполнения долгосрочных прогнозов изменения природной среды (эволюции). Авторами работ показано, что методы КТ и СЭМ позволяют выполнить оценку изменения структуры, морфологии порового пространства барьерных материалов для контроля результатов испытаний, моделирующих сценарии эволюции системы захоронения РАО. Исследования выполнены с применением приобретенного в рамках реализации Программы развития Московского университета (СЭМ LEO 1450VP (Германия), КТ Yamato TDM 1000H-II (Япония)), а также оборудования ФБУ «НТЦ ЯРБ» (масс-спектрометр ICP-MS).

Литература

1. Анисимов Н.А., Куваев А.А. Численное моделирование влагопереноса в конструкциях приповерхностного пункта захоронения радиоактивных отходов [Текст] / Н. А. Анисимов, А. А. Куваев // Радиоактивные отходы. – 2022. – № 3. – С. 97–106.
2. Проницаемость и фильтрация в глинах [Текст]: учеб. пособие / Московская типография №9 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли; сост. О. Г. Савичев; сост. В.М. Гольдберг, Н.П. Скворцов. – Москва: Изд-во Недра, 1986.
3. Лотов В.А. Применение модифицированного жидкостекольного вяжущего в производстве строительных материалов [Текст] Томск.: научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы», 2015.
4. Теория и методы изучения загрязнения подземных вод [Текст]: учеб. пособие / Санкт-Петербургский государственный университет Институт наук о Земле, Российская академия наук Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Санкт-Петербургское отделение; сост. В.Г. Румынин. – Санкт-Петербург: Изд-во Наука, 2020. – 144 с.

- Семенов В. Б., Ключев А.Н. Щелочно-силикатный бетон с добавкой целлюлозы [Текст]. М.: Природообустройство №4, гидротехническое строительство, 2009.
- Царев М. А., Лободенко И. Ю., Понизов А. В., Родин А. В., 2023. Экспериментальная оценка изменения фильтративных свойств геохимического барьерного материала на основе бетона при растворении. Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: труды V всероссийской научной конференции с международным участием им. проф. С. Л. Шварцева, Томск, с. 95-100.
- Фильтрация воды через бетон и бетонные гидротехнические сооружения [Текст]: учеб. пособие / Библиотека гидротехника и гидроэнергетика; сост. Элбакидзе М.Г. – М.: Изд-во «Энергоатомиздат», 1988.

РАСЧЁТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ПЛАСТОВЫХ ВОД АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Пчелинцева И.В.^{1,3}, Цыпленко М.М.^{2,3}

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

¹ НОУ «Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений», г. Томск, Россия

²ООО «ИЦ ГазИнформПласт», г. Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Гидрогеохимический контроль – процесс мониторинга химических составов водных ресурсов, в том числе пластовых вод месторождений углеводородов. Комплексный анализ распределения химических элементов, их соотношений во флюидных системах, в совокупности с данными о фациальном и минеральном составе вмещающих пород, позволяет уточнять особенности формирования пластовых вод и контролировать эффективность процессов обработки месторождений.

Отложения ачимовской толщи Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения относятся к сортымской свите барремского и валанжинского ярусов нижнего мела. Распространена гипотеза о формировании толщи в составе турбидитовых конусов выноса, наложенных друг на друга [1]. Породы представлены слоистыми сероцветными мелкозернистыми песчаниками, алевролитами и тёмно-серыми аргиллитами. Состав цемента – карбонатно-глинистый. Суммарная мощность ачимовской толщи варьируется от 80 до 418 метров.

Для пластовых вод ачимовской толщи существует множество генетических гипотез [1,2] о влиянии на состав двух основных групп факторов: кон- и постседиментационных. Компоненты вод, погребенных и уплотненных под толщей осадков, характеризуют состав морских вод мелового времени и результаты первичного ионного обмена. Другие компоненты являются результатом миграции минерализованных вод и характеризуют тектонические процессы, воздействовавшие на породы региона. Третьей группой факторов, существенно влияющей на результаты интерпретации ионного состава вод, являются техногенные факторы (составы буровых растворов, технологического оборудования, а также условия отбора проб).

В лаборатории исследования пластовых флюидов ООО «Исследовательского центра ГазИнформПласт» были определены составы проб пластовых вод, отобранных с устья 74 скважин Уренгойского месторождения с целевыми пластами Ач₃; Ач₄; Ач₅²⁻³ и их комбинациями. Пробы исследованы на следующие показатели: ионный состав (натрий, хлор, бром, сульфат, кальций) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и капиллярного электрофореза, и гидрокарбонат- и карбонат-ионы титриметрическим методом. Исследованы закономерности изменения концентраций ионов в пробах, выполнены расчеты соотношений между ними, построены зависимости, отражающие изменение состава вод с различной минерализацией (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1

Количественные значения диагностических критериев

Объекты контроля	Общая минерализация, г/дм ³	Гидрохимические коэффициенты				Индекс Ларсена-Скольда
		Натрий-хлорный	Хлор-бромный, мг/дм ³	Сульфат-хлорный	Кальций-натриевый	
Ач ₃	4.03-41.6 22,8	0.20-1.52 0,86	1614-138800 70207	0.16-1.28 0,72	21,1-490 255	9,96
Ач ₄	0.16-11.5 5,81	0.27-1.19 0,73	16-1307 661	0.17-0.26 0,22	11,6-301 156	1,20
Ач ₃ ; Ач ₄	0.05-6.44 0,43	0.3-3.76 0,98	2.44-9325 522	0.20-202 30,1	8.68-87400 2212	0.02-14.4 1,59
Ач ₃ ; Ач ₄ ; Ач ₅ ²⁻³	0.07-17.5 2,6	0.04-5.37 1,02	3.37-7256 615	0.14-52.9 14,1	0.34-6644 528	0.03-229 12,4
Ач ₃ ; Ач ₅ ²⁻³	0.08-21.8 6,3	0.47-1.93 1,13	3.69-719 182	0.11-17.5 3,33	1.36-79.6 36,7	0.14-17.3 5,50

Были рассчитаны следующие коэффициенты: натрий-хлорный коэффициент ($r_{Na/rCl}$), хлор-бромный коэффициент (Cl/Br), коэффициент сульфатности ($r_{SO_4^2-/rCl}$)100, кальций-натриевый коэффициент ($r_{Ca/rNa}$)100 и индекс Ларсена-Скольда. Обозначение r свидетельствует о том, что показатель рассчитан в эквивалентных единицах.

Показатель метаморфизации вод ($r_{Na/rCl}$) варьируется в пределах 0,04-5,37 (таблица 1, рисунок 1), что позволяет предположить о закрытости пластовых систем от привноса сторонних вод.

Коэффициент (Cl/Br) ниже трёхсот указывает на то, что при воды формировались в застойных условиях в осадочных толщах древних бассейнов. Если данный показатель превышает триста единиц, то этот факт может выступать свидетельством поступления хлора за счёт внешних источников, преимущественно техногенных [2]. Амплитуда значений коэффициента - от 2,44 до 9325 мг/дм³. Количество проб с показателем до 300 – 50, выше 300 – 24. Наибольшее количество проб с вероятностью дополнительного поступления хлора происходит с пластов

Ач3, Ач4. Именно хлор-бромный коэффициент, для морской воды равный 300 является показателем геологической изолированности пластовой системы [3].

Сульфат-хлорный коэффициент или коэффициент сульфатности $(rSO_4^2-/rCl)100$ характеризует насыщенность пластовых вод сульфатами. Концентрация сульфатов в исследуемых водах варьируется от 0,11 до 202 мг/дм³. Зональность в распределении сульфатов может свидетельствовать об изменении углеводородонасыщенных толщин пласта и соответствующим его выклиниванием [3].

Кальций-натриевый коэффициент $(rCa/rNa)100$ также демонстрирует наличие в пластовой воде компонентов технологических жидкостей, а наиболее высокие его значения напрямую указывают на влияние раствора хлористого кальция [2]. Согласно полученным результатам, кальций-натриевый коэффициент колеблется в пределах от 0,34 до 87400.

Индекс Ларсена-Скольда представляет собой отношение суммы молярных концентраций ионов хлора и сульфат-иона к сумме молярных концентраций гидрокарбонат- и карбонат-ионов [2]. Это показатель коррозионной активности воды к низкоуглеродистой стали. Наиболее высокие значения зафиксированы для пласта Ач4.

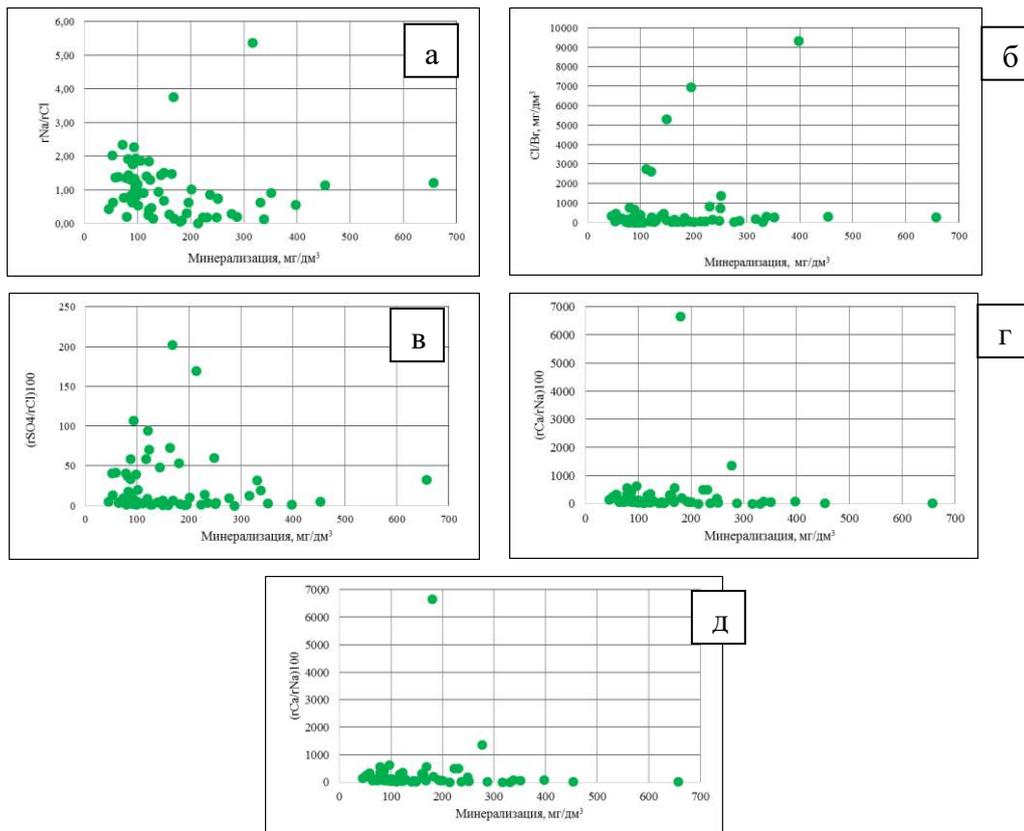


Рис. 1. Графики зависимостей генетических коэффициентов и минерализации пластовой воды Уренгойского месторождения (а – натрий-хлорный, б – хлор-бромный, в – сульфат-хлорный, г – кальций-натриевый коэффициенты, д – индекс Ларсена-Скольда)

Исходя из вышеописанного можно заключить о геологической изолированности пластовой системы, а также о возможном привносе ионов натрия из технологических растворов. В дальнейшем, при составлении карт пластовых вод по различным критериям можно предположить как о геологических, так и о технологических причинах концентрации и рассеяния тех или иных компонентов.

Литература

1. Гречнева О. М. Гипотеза формирования подвижной воды в ачимовских пластах Уренгойского месторождения [Текст] / О. М. Гречнева // Газовая промышленность., 2021. – № 3. – С. 32–37.
2. Кошелев А. В. Оперативный гидрохимический контроль за обводнением пластовыми водами объектов разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения [Текст] / А. В. Кошелев, Г. С. Ли, М. А. Катаева // Вести газовой науки. – 2014. – № 3. – С. 106–115.
3. Никитенко О.А. Гидрогеохимические критерии поиска и разработки углеводородных месторождений: обзор, анализ и перспективы использования на острове Сахалин [Текст] / О. А. Никитенко, В. В. Ершов // Геосистемы переходных зон. – 2021. – № 4. – С. 361–377.
4. Стоу Д. А. В. Морские глубоководные терригенные отложения / Д. А. В. Стоу // Обстановки осадконакопления и фации. – 1990. – Т. 2. – С. 141–194.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ПРОБ ВОДЫ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Четверикова А.Г.

Научный руководитель доцент А. А. Хвощевская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ) – физиологическая группа бактерий, осуществляющих восстановление сульфат-анионов до сероводорода. СВБ привлекают внимание исследователей по ряду причин. С одной стороны, продуцируемый ими сероводород ухудшает качество нефти, приводит к забиванию пор нефтеносных горизонтов и биокоррозии оборудования [1]. С другой – широко обсуждаются возможности применения сульфатредукторов в биоремедиации и получении ценных компонент для промышленности [3]. Сульфатвосстанавливающие бактерии играют важную роль в круговоротах серы и углерода, участвуя в разложении органики и химических превращениях серосодержащих веществ. Существуют исследования, показывающие возможность оценки состояния водоема по активности биологической сульфатредукции [2], что делает возможным применение СВБ в роли одного из индикаторов качества природных вод.

Несмотря на имеющийся интерес к данной физиологической группе многие вопросы, связанные с выделением СВБ из природных сред остаются недостаточно изученными. На успешность культивирования сульфатредукторов в лаборатории влияют многие факторы: используемый органический субстрат, присутствие различных веществ, физико-химические условия (рН, температура, соленость и другие), сроки наблюдения, особенности хранения проб. Последние факторы играют особую роль при изучении активности сульфатредукторов в водах нефтяных месторождений.

Многие месторождения нефти в нашей стране имеют труднодоступное расположение. Микробиологический анализ на месте часто невозможен, а доставка проб в лабораторию занимает долгий срок в связи с удаленностью мест отбора от крупных населенных пунктов и отсутствием постоянно действующих транспортных путей. При этом оценка численности и активности СВБ в водах нефтяных месторождений имеет крайне важное значение в связи со способностью производимого ими водорода негативно отражаться на состоянии оборудования и нефтеотдачи пласта.

Цель исследований – установление влияния срока и условий хранения образцов воды на показатели численности и активности СВБ. В качестве объекта исследования выступали пробы подземных вод – соленых Куюмбинского нефтяного месторождения (скважина) и пресные родника «Университетский» группы Университетские г. Томск.

Методика исследований включала повторный посев образцов воды спустя 10, 20 и 30 дней с даты первого посева. Для воды нефтяного месторождения наблюдения начались с 30 дня после отбора пробы, что связано со сроками доставки в лабораторию. Часть исходной пробы хранилась в условиях предполагающих сохранение ее первоначального состояния (консервация) при температуре +5 °С, а часть в условиях комнатной температуры +23 °С. Посев исследуемых вод проводился в исходной пробе и 5 последующих разведениях кратным десяти в двух проворностях. Образцы культивировались в термостате при температуре 32 °С. Срок культивирования составил 30 дней. В качестве питательной использовалась среда Таусона-Штурма [4]. Активность сульфатвосстанавливающих бактерий оценивали по появлению черного осадка сульфида железа с помощью шкалы Кузнецовой, численность – согласно требованиям нормативного документа на методику обнаружения СВБ [5] и определением числовой характеристики методом Мак-Креди. Численность СВБ рассчитывалась по формуле:

$$M = \frac{10^{n-1}}{V}$$

где М – количество клеток в водной пробе, КОЕ/мл, 10 – коэффициент разбавления, n – номер разведения, из которого сделан посев в последнюю пробирку, где отмечен рост бактерий (появление черного осадка), V – объем пробы, взятой на анализ, мл.

Таблица

Численность и активность СВБ в подземных водах при различных условиях хранения

Наименование пробы	Срок хранения пробы, дни	Температура хранения, °С	Численность, КОЕ/мл		Активность, баллы	
			РД 39-3-973-83	Метод Мак-Креди		
скважина (Куюмбинское месторождение)	0	24	100	1300	8	
	1	24	100	1300	6	
	10	5	1000	500	7	
		24	1000	1	5	
	20	5	Менее 1	Менее 1	0	
		24	1000	1	5	
	30	5	100	1	4	
		24	Менее 1	Менее 1	0	
	Родник Университетский	0	24	100	2500	8
		1	24	10	2500	6
10		5	Менее 1	Менее 1	0	
		24	Менее 1	Менее 1	0	
20		5	1000	1	5	
		24	Менее 1	Менее 1	0	
30		5	Менее 1	Менее 1	0	
		24	1000	250	7	

По методу Мак-Креди наиболее вероятная численность клеток определяется с помощью числовой характеристики из таблиц Мак-Креди для обработки результатов количественного учета бактерий методом титров.

Результаты исследований представлены в таблице. Проведенные исследования показали, что значительных различий в численности СВБ, установленной по расчету согласно [5], в зависимости от срока хранения проб не наблюдается. При использовании расчета по Мак-Креди прослеживается тенденция к уменьшению обнаруживаемых бактериальных клеток, при этом уменьшение численности проявляется как при хранении в условиях комнатной температуры, так и при хранении в холоде. Активность СВБ при этом снижается не значительно. Для вод родника данная тенденция не установлена, что может быть связано с отличием в химическом составе анализируемых вод.

Таким образом, значимого влияния сроков и условия хранения проб на численность и активность СВБ не установлено, и данный вопрос требует дополнительного исследования.

Литература

1. Габдрахимова Э. Р. Биологическая коррозия магистральных нефтепроводов и резервуарных парков [Текст] / Э. Р. Габдрахимова, Р. Р. Худайбердин // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 4. – С. 33–35.
2. Муравьев Е. И. Микрофлора поверхностных вод и донных отложений речных систем в районе воздействия Белореченского химзавода [Текст] / Е. И. Муравьев // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2007. – № 3. – С. 40–45.
3. Xu Y. N. Advances in heavy metal removal by sulfate-reducing bacteria [Text] / N. Xu, Y. Chen // Water Science and Technology. – 2020. – V. 81. – № 9. – P. 1797–1827.
4. Обнаружение микроорганизмов, участвующих в превращениях фосфора, серы, железа и марганца [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://bibliotekar.ru/2-7-78-biologiya-pochv/65.htm>.
5. РД 39-3-973-83 Методика контроля микробиологической зараженности нефтепромысловых вод и оценка защитного и бактерицидного действия реагентов. Министерство нефтяной промышленности, ВНИИСПТнефть, 1984. – 35 с.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ПОДТОПЛЕНИЯ И ЗАТОПЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Чилингер Л.Н., Гатина Н.В.

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Современные методы съемки территории позволяют получать актуальные и достоверные данные о водных, инфраструктурных и жилых объектах, что позволяет использовать полученную информацию для определения границ зон затопления и подтопления. К современным методам съемки можно отнести аэрофотосъемку с применением беспилотных воздушных судов (далее – БВС) высокого пространственного разрешения.

В мировой литературе широко отражается эффективность применения беспилотных воздушных судов для мониторинговых наблюдений, планирование управления на основе экосистем в водных сферах, анализ и визуализация данных, полученных с камеры, установленной на БВС, используемой в зонах городского транспорта [1]. При этом следует отметить, что БВС повсеместно применяется и для высокопроизводительного фенотипирования растений, измерения городских лесов, для сохранения биоразнообразия сельскохозяйственных ландшафтов, производится мониторинг пастбищ, а также изучение изменений растительности за столетие и много другого. В том числе, цифровые модели рельефа, полученные с помощью беспилотных воздушных судов, применяются для археологической интерпретации аномалий местности. Помимо БВС, многие авторы также оценивают современное состояние приложении для обработки данных дистанционного зондирования [2] и аэрофотосъемки.

В Российской Федерации БВС применяются для осуществления панорамной и плановой аэрофотосъемки и аэровидеосъемки, для мониторинга обширных территорий и наблюдения за крупными и локальными объектами, а также для выполнения задач наблюдения и разведки при чрезвычайных ситуациях, в том числе природного и техногенного характера.

В связи с этим на территории Российской Федерации, не только на уровне органов государственной и муниципальной власти, но и многими учеными, активно обсуждаются вопросы определения границ водных объектов, а также зон затопления и подтопления, в том числе с применением беспилотных воздушных судов и ГИС-технологий.

Несмотря на огромный вклад вышперечисленных авторов, методические указания в части определения границ зон затопления и подтопления, а также действующие нормативно-правовые акты, регламентированная методика, которая предусматривала бы порядок определения и оценку точности границ таких зон, на сегодняшний день, отсутствует, что негативно сказывается на выявлении объектов, подверженных затоплению и подтоплению, и предотвращению стихийных бедствий.

Это обусловлено нехваткой информации специального назначения для оценки условий развития подтоплений, которое вызвано отсутствием работ по районированию территорий в условиях залегания подземных вод промышленной и гражданской застройки [3]. Данные работы имеют высокую стоимость, которая вызвана необходимостью проведения большого объема исследований, что является, сдерживающим фактором для конкретного исследования в определении зон подтопления. По этой причине действия, направленные на исследование таких процессов ограничены только локальными участками, где выявлена реальная угроза нарушения условий эксплуатации инженерных сооружений.

Кроме того, территории, на которых осуществляется хозяйственная деятельность или проектируются объекты жилого и производственного назначения, должны удовлетворять достоверной оценке подверженности таких земель не только подтоплению, но и затоплению. Работы, которые производятся в рамках данной проблемы,

являются довольно затратным и по времени, и с финансовой стороны (топогеодезические и гидрометрические). При условии труднодоступности территории, помимо этого становятся еще и малоэффективными [4].

Учитывая данные обстоятельства, необходимо акцентировать внимание к решению существующей проблемы, пользуясь новыми передовыми подходами: с применением материалов дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ), материалов аэрофотосъемки с БВС и современных информационных технологий для их обработки. При этом, важно обратить внимание, что в случае использования метода комбинирования с результатами гидрологических, гидрогеологических и топографогеодезических работ, проводимая оценка территории, которая подвержена затоплению и подтоплению, будет являться более достоверной. Такой подход позволит не только оценивать неблагоприятные условия на больших площадях и участках речных долин, но и выявлять инфраструктурные и жилые объекты в пределах таких территорий.

Основной целью исследования является разработка научной концепции определения границ зон затопления и подтопления инфраструктурных и жилых объектов с применением беспилотных воздушных судов.

Достижение цели планируется путем проведения комплексного изучения данных космических и аэрофотосъемок исследуемой территории и детального изучения определения зон затопления и подтопления с применением собственных разработанных методик. В качестве исходных материалов для обработки/дешифрирования и анализа данных дистанционного зондирования будут применяться космические снимки Landsat, Sentinel, ортофотопланы и цифровые модели рельефа – данные SRTM, уточненные топографической съемкой в масштабе 1:500.

Для достижения поставленной цели фундаментального исследования решаются следующие основные задачи:

1) определение береговых линий водных объектов по данным ДЗЗ, уточненных результатами аэрофотосъемки и топосъемки, с использованием ГИС-технологий; 2) определение границ зон потенциального подтопления с использованием ГИС-технологий для оперативной оценки риска его развития; 3) определение границ зон потенциального затопления с использованием ГИС-технологий; 4) разработка технологической схемы определения границ зон развития затопления и подтопления на основе анализа гидрографической сети и цифровой модели рельефа территории с использованием ГИС-технологий; 5) оценка условий застроенных и застраиваемых территорий с учетом научно-обоснованного подхода к определению границ зон затопления и подтопления на примере локальных участков муниципальных районов Томской области для определения финансовых затрат на проведение дорогостоящих инженерных изысканий, необходимость которых сохраняется для уточнения полученных результатов компьютерного картографирования на наиболее ответственных участках; 6) разработка научной концепции определения границ зон затопления и подтопления инфраструктурных и жилых объектов с применением данных ДЗЗ и беспилотных воздушных судов.

Основные работы являются экспериментальными и базируются на комплексировании материалов обработки современных космических снимков, а также снимков с беспилотных воздушных судов и результатов геодезических работ.

В итоге предполагается унифицированная, научно-обоснованная разработанная методика определения границ зон затопления и подтопления, которая будет использоваться при (1) изучении объектов подобного типа, (2) для определения территорий, подверженных затоплению и подтоплению для эффективности и целесообразности ведения хозяйственной деятельности на таких территориях.

Основным преимуществом разрабатываемой методики определения границ зон затопления и подтопления, наряду с достоверностью и высокой ресурсоэффективностью, является принципиальная возможность ее применения для любых водных объектов, поскольку глубинность методов аэрофотосъемки практически не ограничена. Кроме того, использование данных методов позволит обеспечить нормативную точность определении местоположения границ зон затопления и подтопления и повысит эффективность природоохранных мероприятий за счет более обоснованного выделения рассматриваемых зон.

Исследование выполнено за счет гранта РНФ (проект № 23-27-00039).

Литература

1. Kujawski A., Dudek T. Analysis and visualization of data obtained from camera mounted on unmanned aerial vehicle used in areas of urban transport //Sustainable Cities and Society. – 2021. – Т. 72. – С. 103004.
2. Pajares G. Overview and current status of remote sensing applications based on unmanned aerial vehicles (UAVs) //Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. – 2015. – Т. 81. – №. 4. – С. 281–330.
3. Кузеванов К. И., Пасечник Е. Ю. Оперативная оценка риска развития подтопления для внесения сведений в Единый государственный реестр недвижимости с использованием ГИС-технологий (на примере Обь-Томского междуречья) //Геоинформатика. – 2021. – №. 1. – С. 11–21.
4. Савичев О. Г., Скугарев А. А. Оценка опасности затопления приречных территорий рек Оби и Томи в пределах Томской области //Геоинформатика. – 2008. – №. 2. – С. 61–66.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ НОВО-СУХОЛОЖСКОГО КАРЬЕРА НА ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Шапочкин Р.А.

Научный руководитель д.г.–м.н. Л.С. Рыбникова

**Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Россия**

Месторождения цементного сырья расположены в МО «г. Сухой Лог» Свердловской области, с 1961 года обрабатываются Ново-Сухоложский, Кунарский и Курьинский карьеры. ООО «СЛК Цемент» является одним

из крупнейших в России производителей цемента и имеет стратегическое значение для строительной отрасли. Основной целью данной работы является установление закономерностей формирования гидрогеологических и экологических условий при отработке Ново-Сухоложского месторождения цементного сырья.

По результатам наблюдений за уровнем подземных вод по наблюдательной сети скважин в районе Ново-Сухоложского карьера до настоящего времени дренажный водоотлив оказывает существенное влияние на гидродинамический режим подземных вод. Область захвата карьерного водоотлива составляет 0,8–1 км² (рис. 1). Максимальное снижение уровня подземных вод (6,9 м от статического) на 2022 г. наблюдается в скважине № 17сн, расположенной вблизи свалки твердых бытовых отходов. В скважинах, расположенных на расстоянии от 500 до 875 м от зумпфа (5сн, 7сн, 8сн) на участках, характеризующихся естественным или слабонарушенным режимом подземных вод, снижение среднегодового уровня в 2022 г. по сравнению с 2000 г. составило 2,1–3,3 м.

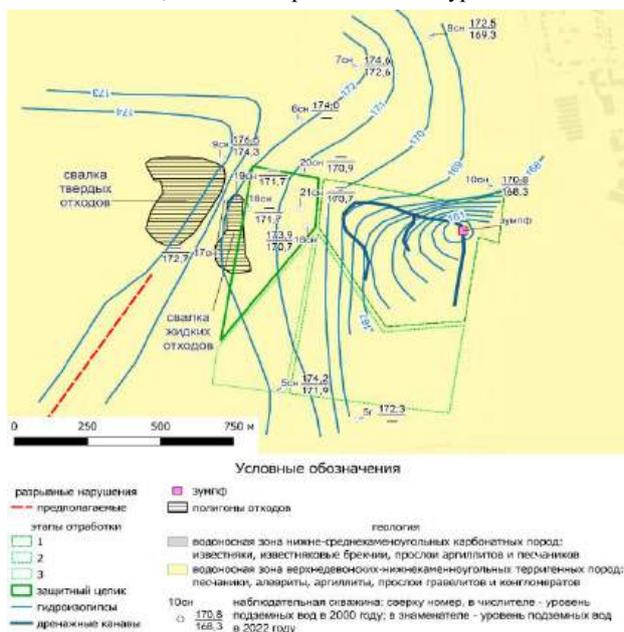


Рис. 1. Карта гидроизогигов карьерного водоотлива Ново-Сухоложского карьера аргиллитов

Абсолютные отметки зеркала подземных вод изменяются от 169,3–174,3 м в районе свалок до 166–170 м в районе карьера. Качество дренажных вод формируется в результате смешения потоков, поступающих в карьер по различным лентам тока, при этом доля загрязненных вод, поступающих со стороны свалки, мала по сравнению с расходом потока, привлекаемого с юга, востока, севера и юго-запада, где подземные воды имеют состав, близкий к фоновому [1].

Последние 20 лет ситуация с химическим загрязнением дренажных вод относительно благополучна. За время действия водоотлива Ново-Сухоложского карьера аргиллитов сухой остаток дренажных вод увеличился с 0,3 до 0,5 г/л, увеличилось содержание хлора с 7,1 до 36 мг/л (рис. 2), общая жесткость практически не изменилась. Снижение концентраций загрязняющих веществ связано с разбавлением загрязненных подземных вод, формирующихся в районе свалок, на пути их миграции к зумпфу «условно чистыми» водами; с формированием части стока карьера на территориях с фоновыми содержаниями загрязняющих веществ в подземных водах; с разбавлением подземных вод в карьере атмосферными осадками и поверхностным стоком.

Повышенные содержания в дренажных водах таких элементов как железо и марганец объясняются региональными особенностями формирования качества подземных вод, повышенные содержания аммония – сельскохозяйственной деятельностью на прилегающих территориях. Загрязнение подземных вод тяжелыми металлами связано с воздействием выбросов «Сухоложского литейно-механического завода», что подтверждается и результатами снеговой и почвенной съемки, проведенной в районе расположения карьера. Качество подземных вод в наблюдательных скважинах, расположенных вне выделенного ареала загрязнения от свалок, идентично качеству карьерных вод.

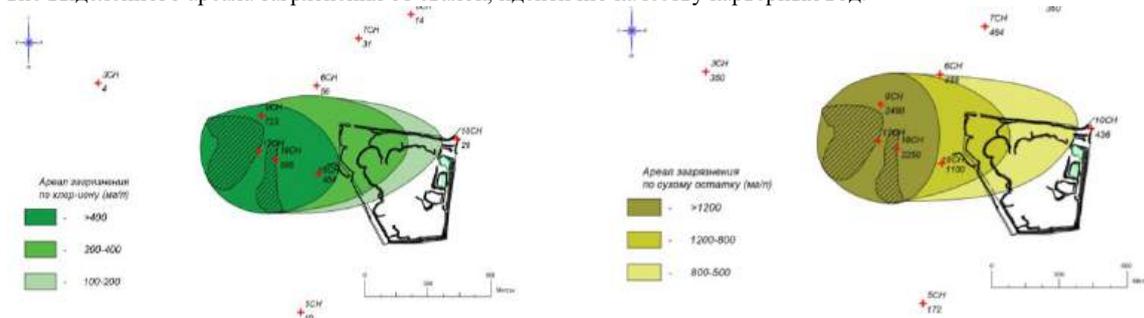


Рис. 2. Ареал загрязнения хлор-ионом слева и по сухому остатку справа вблизи Ново-Сухоложского карьера аргиллитов

Литература

Рыбников, П. А. Изменение разгрузки подземных вод при отработке месторождений цементного сырья (Свердловская область, Г.сухой лог) / П. А. Рыбников, Л. С. Рыбникова // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых: материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России, Москва, 04 – 05 апреля 2017 года / Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Том Выпуск 19. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. – С. 410 – 415. – EDN YOIDSН.

С Е К Ц И Я 5

ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОЗЕРА – ПРИРОДНЫЕ АРХИВЫ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОСЛЕДНИХ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

Кузина Д.М., Нургалиев Д.К., Юсупова А.Р., Крылов П.С., Косарева Л.Р.
Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

В связи с нестабильностью климата последних десятилетий одной из приоритетных задач для мирового научного сообщества является изучение изменений климата Земли в прошлом, выявление их причин, закономерностей, последствий и составление прогнозов. На данный момент ведется прямое изучение изменений погодных условий. Для прошлых столетий и тысячелетий нет данных непосредственных наблюдений, тем не менее ученые научились извлекать информацию из различных природных и геологических объектов. Часто объектом изучения становятся льды, сталактиты, осадки озер, морей и океанов и другие объекты. Зачастую эти объекты хранят историю не только изменения климата, но и изменения геомагнитного поля Земли, импактных событий, извержений вулканов и др. Каждый природный архив имеет ограничения по возрасту, разрешающей способности записи и ее качеству. В связи с этим осадки современных озер с высокими скоростями седиментации позволяют получить более разрешенные палеоклиматические, палеогеофизические, палеобиологические, палеоэкологические и палеомагнитные записи по сравнению с океаническими или морскими осадками, лессами и ледяными кернами [2, 4].

Озера – элемент многих современных и древних ландшафтных обстановок. Чувствительность к изменениям климата, разнообразие формирующихся осадочных фаций в вертикальном разрезе, высокая скорость седиментации позволяют считать озера одними из лучших архивов палеоклиматической информации последних тысячелетий. В геологическом масштабе времени развитие озер происходит очень быстро. Уровень вод обычно изменяется благодаря речному стоку и заполнению озерных впадин терригенными, хемогенными и биогенными осадками. Основными факторами, определяющими осадконакопление в озерах, являются климатические условия, особенности окружающей среды, гидрологический и гидрохимический режим водоемов. Осадки слагают зерна различного происхождения, аутигенные зерна, сформированные в бассейне, привносимые в бассейн водными потоками и ветром, зерна космического и вулканического происхождения, пыль с других континентов, биологические остатки, антропогенные частицы и многое другое. Все это позволяет изучать эти объекты различными методами: геохимические, изотопные, биологические, магнитно-минералогические и другие.

Важным аспектом изучения озерных отложений является правильный отбор надежных архивов данных. В понимании надежных входит непрерывная стратиграфическая запись, отсутствие газопроявлений, перерывов в осадконакоплении. Не все существующие сегодня в мире технологии позволяют получать керны, качество которых удовлетворяет современным требованиям. Для этого необходимо проведение предварительных исследований структуры дна и осадков. Сейсмоакустические исследования [3] позволяют оценить мощность осадка, его стратификацию, газонасыщенность и выбрать наиболее подходящее место для отбора керна. Не менее ответственная часть – это отбор самой керна колонки. В основном отбор длинных (более 2-х метров) кернов осуществляется короткими трубками с перекрытием, тем не менее не всегда получается отбор качественного материала. Отбор цельного керна в данном случае предпочтительней. Возможность отбора цельного керна длиной до 6 метров осуществлена в Институте геологии и нефтегазовых технологий КФУ, с помощью специального пробоотборника [1].

Неотъемлемой частью исследований керна является определение возраста изучаемых осадков. Основным методом является радиоуглеродное датирование, которое позволяет определить возраст образцов до 50 т. лет. Кроме того, датирование с помощью ^{137}Cs и ^{210}Pb позволяет определить скорости осадконакопления для самых верхних осадков (0-30 см). На основе полученных данных строится возрастная модель и все остальные данные привязываются к временной шкале. Лабораторные изучения осадка включают широкий круг исследований. К основным можно отнести литологическое описание керна, определение элементного и изотопного состава, изучение минералогии, проведение гранулометрии, изучение палеобиологических индикаторов (пыльца, диатомовые водоросли и др.), измерение магнитных параметров. Каждый отдельный показатель несет информацию об условиях осадконакопления. Комплексная интерпретация полученных данных позволяет построить надежные палеоклиматические модели для изучаемого региона.

В докладе будут рассмотрены примеры изучения озер Урала, Хакасии на основе комплексного подхода в связи с климатической стадийностью голоцена. Кроме того, будет уделено внимание магнитным способам изучения осадков не только с целью климатических реконструкций, но и поведения геомагнитного поля Земли в прошлые тысячелетия.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 22-47-08001, <https://rscf.ru/project/22-47-08001/>

Литература

1. Борисов А. С. Система технологического обеспечения палеомагнитных исследований отложений современных озер [Текст]: дис. ... докт. геол.-минерал. наук: 2004. – Казань. – 267 с.

2. Evans, M., Heller F. Environmental Magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics, Academic Press, San Diego, 2003. – 299 pp.
3. Krylov P.S., Nurgaliev D.K., Yasonov P.G., Dautov A.N., Golovtsov A. V., Sitdikov R. N., Krylova A. S. Seismoacoustic research of lake Bannoe bottom sediments (South Ural, Russia) // ARPN J. Eng. Appl. Sci. – 2023. – Vol. 15, Is. 1. – P. 133-135.
4. Wetzel R.G. Limnology: Lake and River Ecosystems, 2001. - 1006 pp.

РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Яковлев Е.Ю., Пучков А.В., Дружинин С.В., Кудрявцева А.А.

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. Академика
Н.П. Лаверова УрО РАН, г. Архангельск, Россия*

Арктика является уникальным регионом, имеющим для Российской Федерации колоссальное стратегическое значение в геополитическом и экономическом отношении в плане разработки месторождений полезных ископаемых, развития глобальных транспортных коммуникаций и т.д. В тоже время хозяйственное развитие региона требует пристального внимания к экологическому состоянию хрупких арктических экосистем и контроля за различными загрязнителями. Среди широкого спектра загрязнителей особое значение имеют антропогенные радионуклиды, поскольку с началом атомной эры Российская Арктика подверглось существенному радиационному воздействию, особенно ее западный сектор, где оказалось сосредоточено значительное количество реальных и потенциальных источников радиационного загрязнения [1, 5, 11, 18].

Радиационное загрязнение западного сектора Российской Арктики началось с конца 40-х годов XX века с атмосферных испытаний ядерного оружия в виде глобальных и региональных выпадений, в основном с полигона на Новой Земле, где было проведено более 90 % от общей мощности всех взрывов СССР [1, 13]. Другими важными источниками поступления антропогенных радионуклидов являлись перенос морскими течениями жидких радиоактивных отходов из радиохимических заводов Западной Европы, многолетняя эксплуатация советского и российского атомного флота, слив и захоронение в море радиоактивных отходов [1, 8]. Часть техногенных радионуклидов поступила в Баренцево море в результате аварии на Чернобыльской АЭС [15]. В настоящее время основные риски радиационного загрязнения акваторий Западного Сектора Российской Арктики связаны с береговой инфраструктурой гражданского и военного атомного флота, операциями по переработке и хранению радиоактивных отходов, объектами «ядерного наследия» (инцидент с субмариной К-159) [7]. Основная часть этих потенциально радиационно-опасных объектов сосредоточена на побережье Баренцева и Белого морей в Мурманской и Архангельской областях, но ряд объектов находится во внутренних частях региона, которые могут быть источниками поступления в морскую среду техногенных радионуклидов. Так, на Кольском полуострове расположена Кольская АЭС, которая является самой северной в Европе. В Хибинском горном массиве в 1972 и 1984 годах были проведены мирные термоядерные взрывы с целью дробления пород. Последствием этих взрывов является продолжающееся в настоящее время поступление ^3H в поверхностные воды района [6]. Также ядерные взрывы в мирных целях были проведены в Архангельской области для сейсмического зондирования недр [16]. Широко известен мирный ядерный взрыв под кодовым названием «Пирит», проведенный на территории Ненецкого автономного округа недалеко от г. Нарьян-Мар 25 мая 1981 года на глубине 1,5 км. Целью этого взрыва был сдвиг пластов для гашения аварийного фонтана на Кумжинском газоконденсатном месторождении в дельте р. Печора [2]. Тем не менее, несмотря на большое количество реальных и потенциальных источников техногенной радиоактивности в западном секторе Российской Арктики основную дозовую нагрузку создают источники природного происхождения. Источники повышенной естественной радиоактивности формируются в результате добычи и переработки обогащенных естественными радионуклидами руд, например, редкометалльных и комплексных руд Кольского полуострова [3, 4, 9]. Определенное влияние на поступление естественных радионуклидов в окружающую среду имеет добыча нефти и газа. Так в донных осадках бассейна реки Печоры выявлено повышенное содержание ^{226}Ra до 89 Бк/кг, имеющее тесную связь с содержанием нефтепродуктов [12]. Значения изотопных отношений $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ и $^{226}\text{Ra}/^{210}\text{Pb}$ в донных осадках и нефтешламе бассейна указывает на поступление в поверхностные воды продуктов и отходов нефтегазовой деятельности и последующее радионуклидное загрязнение водной среды [12].

Определенные риски изменения радиоактивности природной среды Западного Сектора Российской Арктики могут быть связаны с глобальным потеплением. Так, в ледниковом покрове архипелага Новая Земля в результате ядерных испытаний 1957-1962 гг. были депонированы значительные объемы техногенной радиоактивности, что в случае деградации оледенения может привести к вторичному радиационному загрязнению морской среды [10]. Деградация многолетнемерзлых пород может усугубить радоновую обстановку на территориях западного сектора Российской Арктики с неблагоприятным радиогеохимическим фоном [17]. Это может также сказаться и на ухудшении радиационного качества питьевых подземных вод [14].

Таким образом, исследование радиоактивности имеет важное значение для прогноза изменения радиационной обстановки в Арктике, оценки дозовых нагрузок на человека и биоту, выявления и оценки вклада источников, изучения миграции радионуклидов в различных природных и технологических средах. Изучение радионуклидов имеет не только экологическое значение, радиоактивные изотопы могут использоваться для решения

целого ряда фундаментальных научных задач для определения абсолютного возраста образцов в широком временном диапазоне, трассирования различных природных процессов, поисков полезных ископаемых и т.д.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 20-77-10057

Литература

1. Белишева Н.К. Вклад техногенных и природных источников ионизирующего излучения в структуру заболеваемости населения Мурманской области / Н. К. Белишева, Н. А. Мельник, Ю. В. Балабин, Т. Ф.Буркова, Л. В. Талыкова // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15. – №4. С. 9–26.
2. Богоявленский В. И. Катастрофа на Кумжинском газоконденсатном месторождении: причины, результаты, пути устранения последствий [Текст] / В. И. Богоявленский, С. О. Перекалин, В. М. Бойчук В. М. // Арктика: экология и экономика. – 2017. – Т. 25. – № 1. – С. 32–46.
3. Горячев, А. А., Лашук В.В., Мартынов Е.В. Методика геоэкологического мониторинга хранилища отходов обогащения редкометалльных руд Карнасуртского месторождения (ООО «Ловозерский ГОК», Кольский полуостров) [Текст] / А. А. Горячев, В. В. Лашук, Е. В. Мартынов // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. – № 16. – С. 101–106.
4. Епифанова, И. Э. Епифанов, А.О. О некоторых проблемах контроля радиозэкологической ситуации в Баренцевом море [Текст] / И. Э. Епифанова, А. О. Епифанов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 10. – С. 16-21.
5. Загрязнение тритием поверхностных и подземных вод в месте проведения мирных подземных ядерных взрывов серии «Днепр» / В. П. Рамзаев, А. М. Библин, В. С. Репин, Е. В. Храмцов, К. В. Варфоломеева // Радиационная гигиена. – 2022. – Т. 15. – № 1. – С. 6–26.
6. Кобылянский, В.В. Подводные захоронения радиоактивных отходов в Арктике. Какова реальная угроза? [Текст] / В. В. Кобылянский, А. Ю. Казеннов, О. Е. Кикнадзе // Научное и техническое обеспечение исследований и освоения шельфа Северного Ледовитого океана: материалы II Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск, 2012. – С. 27–45.
7. Матишов Г.Г. Концентрация искусственных радиоизотопов в биоте арктического шельфа в современных условиях (2013–2018 гг.) [Текст] / Г. Г. Матишов, Г. В. Ильин, И. С. Усягина, Д. А. Валуйская, Е. Э. Кириллова // Doklady Earth Sciences. – 2020. – Т. 494. – № 1. – С. 71–75.
8. Матишов Г.Г. Многолетняя динамика радиоактивного загрязнения Баренцево-Карского региона (1960-2013 гг.) [Текст] / Г. Г. Матишов, Д. Г. Матишов, И. С. Усягина, Н. Е. Касаткина // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 458. – № 4. – С. 473.
9. Мелентьев, Г.Б. Естественная радиоактивность редкометалльно специализированного минерального сырья и урбанизированных территорий Карело-Кольского региона как фактор их радиозэкологической оценки [Текст] Г. Б. Мелентьев // Труды Карельского научного центра РАН. – 2021. – №2. – С. 27–43.
10. Мирошников, А. Ю. Покровный ледник Северного острова (архипелаг Новая Земля) – новый источник радиоактивности в Арктике [Текст] / А. Ю. Мирошников // Мировой океан, внутренние воды и архипелаг Шпицберген: материалы Беломорской студенческой научной сессии СПбГУ. – СПб., 2019. – С. 11–12.
11. Пучков, А. В. Радиоактивность нефтешлама: первые результаты исследований территории Большеземельской тундры [Текст] / А. В. Пучков, Е. Ю. Яковлев, С. В. Дружинин // Успехи современного естествознания. – 2022. – № 10. – С. 75–80.
12. Саркисов А.А. Атомное наследие холодной войны на дне Арктики. Радиозэкологические и технико-экономические проблемы радиационной реабилитации морей [Текст] / А. А. Саркисов, Ю. В. Сивинцев, В. Л. Высоцкий, В. С. Никитин – М.: ИПБРАЭ РАН, 2015. – 699 с.
13. Сыч, Ю.Г. Радиозэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля [Текст] / Ю. Г. Сыч // Арктика: экология и экономика. – 2012. – Т. 5. – № 1. – С. 48–59.
14. Kiselev G.P. Radioactivity of the epicenter zones of industrial nuclear explosions in the Arkhangelsk region [Text] / G. P. Kiselev, A. V. Bazhenov, I. M. Kiselyova, S. V. Druzhinin // Arctic Environmental Research. – 2014. – V. 4. – P. 21–31.
15. Puchkov A.V. Radon hazard in permafrost conditions: current state of research [Text] / A. V. Puchkov, E. Yu. Yakovlev, N. Hasson, G. Sobrinho, Y. V. Tsykareva, A. S. Tyshov, P. I. Lapikov, E. V. Ushakova // Geography Environment Sustainability. – 2021. – Vol. 14. – № 4. – P. 93–104.
16. Radioactivity in the Arctic [Text] / Arctic Monitoring and Assessment Programme; edit. W. Simon. – Gylling: Narayana Press, 2016. – 89 p.
17. Yakovlev, E. Yu. Assessment of the radiation quality of groundwater with an increased uranium isotope ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (Pre-Volga region, European Russia) [Text] / E. Yu. Yakovlev, I. V. Tokarev, A. S. Orlov, S. B. Zыkov // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2023. – V. 332. – P. 4963–4975.
18. Yakovlev, E. Yu. Atmospheric fallout of radionuclides in peat bogs in the Western segment of the Russian arctic [Text] / E. Yu. Yakovlev, R. K. Spirov, S. V. Druzhinin // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – V. 28. – P. 25460–25478
19. Yakovlev, E. Yu. Evaluation of current natural and anthropogenic radionuclide activity in coastal area bottom sediments of the Barents Sea (North of the Kola Peninsula) [Text] / E. Yu. Yakovlev, A. V. Puchkov, S. V. Druzhinin // Marine Pollution Bulletin. – 2023. – V. 182. – P. 113960.

**ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПУНКТОВ
ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ВИДУ АНАЛИЗА
ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Адонин Н.Р.¹, Алентьев Ю.Ю.², Оманбоев Д.И.³, Кокорев О.Н.⁴

Научные руководители: доцент Жилина Е.Н.³, профессор Лисёнков А.Б.²,
профессор Языков Е.Г.⁵

¹ *Северский технологический институт – филиал Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», Томская обл., г. Северск, Россия*

² *Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе,
г. Москва, Россия*

³ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

⁴ *Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами, филиал «Северский»,
Томская обл., г. Северск, Россия*

⁵ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Существуют различные способы захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Наиболее безопасным и вместе с тем экономически выгодным из всех – является захоронение ЖРО в изолированные пласты-коллекторы. Данный способ нашел применение на полигонах и пунктах глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (ПГЗ ЖРО) в границах Северска, Димитровграда и Железногорска [3].

ПГЗ ЖРО относятся к классу сложных природно-техногенных систем. Повышенную безопасность глубинного захоронения обеспечивает система комплексного мониторинга, которая служит для предотвращения попадания в окружающую среду ЖРО, а в случае возникновения нештатных ситуаций – для оперативной ликвидации последствий. Как показывает опыт крупных техногенных аварий, наиболее быстрый и обширный перенос загрязняющих веществ в окружающей среде происходит через воду, а также за счет ветра. Поэтому в данной работе основное внимание будет уделено мониторингу «водного компонента» окружающей среды.

В рамках мониторинга состояния недр и подземных сооружений ПГЗ ЖРО для оценки попадания радиоактивных компонентов в смежные пласту-коллектору водоносные горизонты используются такие их параметры, как α -, β -радиоактивность, а также концентрации урана, плутония, стронция, цезия, трития, однако контроль их в режиме настоящего времени затруднителен и проводится при лабораторных исследованиях. В результате теряется возможность оперативной реакции в случае загрязнения контролируемых водоносных горизонтов. Авторы настоящей работы, принимая в счет гидрохимические особенности техногенного раствора ЖРО, предлагают вести наблюдение за *косвенными* показателями загрязнения жидкости в буферных и вышележащих горизонтах, которые можно автоматически измерять в реальном времени [1]. В качестве косвенных показателей можно использовать такие параметры природно-техногенных систем, как *температуру, pH, минерализацию, жесткость, окисляемость и щелочность* пластовых вод: для всех существует техническая возможность (готовые приборные решения) их непрерывного автоматического контроля. При этом отклонения данных показателей от нормы могут служить основанием ко внеплановому отбору и анализу лабораторных проб.

Для оценки правомерности означенного подхода были проанализированы результаты химических проб пластовых вод из порядка 90 наблюдательных скважин на ПГЗ ЖРО северского филиала ФГУП «НО РАО» за один из годов. Так, для всех перечисленных выше косвенных показателей за исключением температуры был выполнен расчет коэффициента линейной корреляции с суммарными α -, β -радиоактивностью, концентрациями изотопов плутония и урана, радионуклидов стронция-90, цезия-137, радия-226, трития (таблица). Ячейки со значениями коэффициента корреляции окрашены в соответствии с качественной шкалой, приведенной ниже. Для адекватности корреляционного анализа сильно выбивающиеся из общего ряда точки данных были отброшены, однако при этом на фоне малых выборок учитывался фактор размаха значений, без чего в ряде случаев вообще нельзя было бы судить о корреляции. В связи с тем для интерпретации полученных результатов необходимо иметь в виду характер разброса точек данных в каждой паре параметров. Так, ряд зависимостей с наиболее высокими коэффициентами корреляции представлены на графиках с нормированием оси ординат по максимальным значениям (рисунок), а в таблице, кроме всего, для каждого показателя приведены мощности выборки, средние значения и квартили (под 0-й квартилью понимается минимальное значение). Стоит отметить, что пробы разнятся по анализируемым показателям и количество пар «косвенный показатель – оцениваемый показатель» почти всегда меньше, чем значений показателей в отдельности.

Приведенные результаты подтверждают предположение о допустимости использования гидрогеохимических показателей при оценке загрязнения пластовых вод, однако очевидно, что анализировать их следует совокупно (от двух показателей и более) и использовать не столько для определения концентрации загрязняющих радионуклидов, сколько для обоснования внепланового отбора лабораторных проб. Окончательный вывод можно будет сделать после дополнительных исследований в данном направлении с кратным повышением мощности выборок и анализом зависимостей по каждой скважине в отдельности с учетом ее технологических и гидрогеологических особенностей.

В случае достаточного обоснования представленной гипотезы авторы настоящей работы предлагают провести постепенную модернизацию существующей режимной сети наблюдения по следующим направлениям:

1) оборудовать режимные скважины, пробуренные на пласты-коллекторы и буферные горизонты, автоматическими уровнемерами с датчиками температуры, pH, минерализации и окисляемости;

2) организовать непрерывный централизованный автоматизированный мониторинг измеряемых показателей.

Таблица

Линейная корреляция предлагаемых косвенных показателей радиоактивного загрязнения водоносного горизонта с традиционными показателями

Квартили								ед. изм.	СРЕДН	N	Косвенный показатель	Оцениваемый показатель	радиоактивность		концентрация радионуклидов				
4-я	3-я	2-я	1-я	0-я	Σ β	Σ α	T						Cs-137	Σ Pu	Σ U	Ra-226	Sr-90		
90	5,10	4,41	2,41	1,38	°Ж	7,88	93	Жесткость	0,054	0,405	0,761	-0,729	0,554	0,092	0,564	-0,122			
17.700	500	433	358	262	мг/л	1.425	92	Минерализация	0,167	0,698	0,769	-0,613	0,642	0,637	0,658	-0,076			
20,9	5,36	4,90	3,59	1,85	мг-экв/л	5,01	92	Щелочность	0,322	0,233	0,121	-0,104	0,663	0,676	0,299	0,194			
9,09	7,19	7,06	6,93	6,52	ед.	7,11	93	pH	-0,071	0,307	0,467	0,639	-0,091	0,560	-0,019	-0,157			
5,40	3,13	2,48	1,80	0,63	мг/л (O ₂)	2,48	92	Окисляемость	0,237	0,146	0,019	-0,567	0,549	0,302	0,306	0,372			
ЗНАЧЕНИЙ:		91		90		9		20		14		18		25					
СРЕДНЕЕ:		1,70		0,24		10.683		5,13		0,26		0,40		0,12		8,05			
Квартили								Бк/л											
0-я:		0,13		0,10		0,04		0,01		0,01		0,01		0,05		0,01			
1-я:		0,13		0,12		0,04		0,01		0,01		0,01		0,05		0,01			
2-я:		0,13		0,14		0,04		1,88		0,13		0,10		0,12		0,01			
3-я:		0,27		0,16		120		4,40		0,37		0,17		0,13		0,40			
4-я:		87,5		4,80		330.000		20		1,12		4,30		0,27		88			

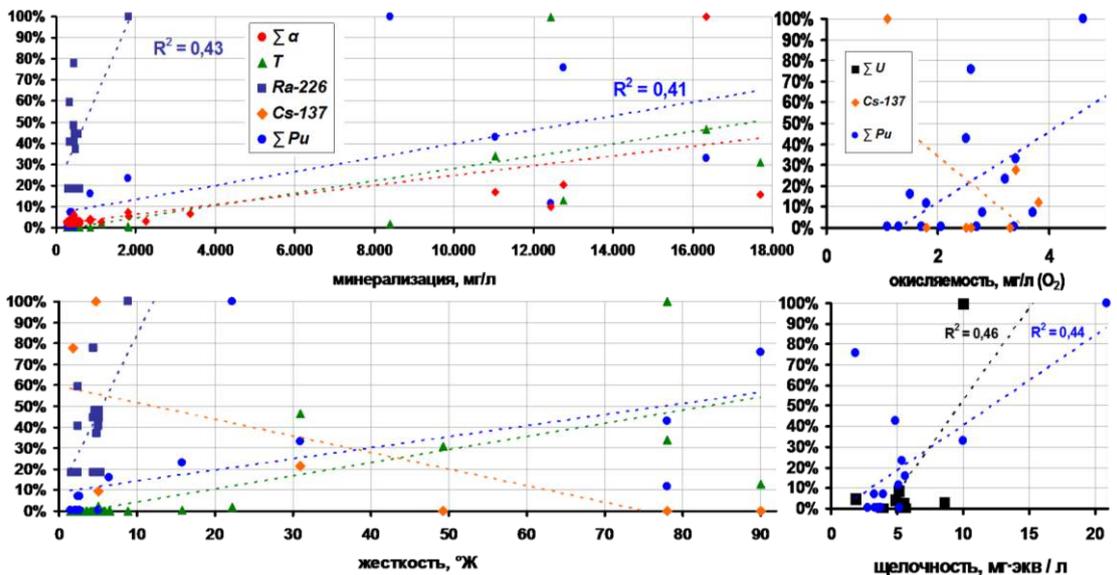
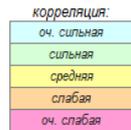


Рис. Графики связи гидрогеохимических и радиохимических (радиофизических) показателей

В связи с необходимостью комплексного анализа широкого набора параметров становится актуальным создание телеизмерительной информационной системы геоэкологического мониторинга (ТИИС ГЭМ) для выявления и предупреждения опасных техногенных процессов как в недрах, так и окружающей среде. Естественно положить, что такая система должна создать единое информационное поле и связующую сеть не только для мониторинга загрязнения пластовых вод, но и для гидродинамического мониторинга, операционного технологического контроля, наблюдений за климатом. Непрерывный совокупный анализ множества разнородных параметров и событий в автоматическом режиме позволит с высокой точностью и за короткий срок определять и прогнозировать различные нештатные ситуации, информируя об этом оперативный персонал. При любых затруднениях в оценке наличия аномального техногенного возмущения, в том числе на этапе отладки алгоритмов, система может обращать внимание специалистов на подозрительные ситуации (вплоть до отправки SMS на мобильный телефон) и учитывать приобретенный опыт в принятии дальнейших решений [2].

Литература

1. Белоусова А.П. Экологическая гидрогеология / Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. – М.: ИКЦ Академкнига, 2006. – 397 с.
2. Кокорев О.Н., Адонин Н.Р., Самарцев В.Н., Щипков А.А., Носков М.Д., Язиков Е.Г. Телеизмерительная информационная геоэкологического мониторинга состояния недр и подземных сооружений пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов // Разведка и охрана недр. – 2023. – №4. – С. 16-21.
3. Рыбальченко А.И., Пименов М.К., Костин П.П. и др. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов. – М.ИздАТ,1994.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Акимова С.С.

Научный руководитель доцент Л.В. Жорняк

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучение состояния почв на условно фоновых и антропогенно-нарушенных территориях является актуальной задачей. Отличительная особенность почв – аккумуляция загрязнителей в течение длительного периода времени. Изучая химический состав почв, а также показатель магнитной восприимчивости можно определить особенности территории, обусловленные влиянием как природных, так и техногенных факторов [1, 5].

Каппаметрия – это один из наиболее эффективных и экспрессных способов оценки содержания тяжелых металлов в составе образца без длительной и кропотливой пробоподготовки [2, 3, 6]. В данной работе приведены исследования значений показателя магнитной восприимчивости почв и почвогрунтов промышленных и селитебных районов г. Новосибирск и г. Алматы, а также некоторых районов Якутии.

В г. Новосибирск пробы отбирались в Кировском районе, т.к. там сосредоточены основные предприятия, связанные с металлообработкой и другими видами деятельности. 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 [4].

Город Алматы находится на востоке Казахстанского плоскогорья, в предгорьях Загрудайского хребта Тянь-Шаня. Это высокогорный регион с живописными пейзажами, насыщенными горами, ущельями, реками и озерами. На территории города почвогрунты отбирались на антропогенно-нагруженных участках. В исследуемом районе находятся крупные автомобильные дороги, железная дорога и одно из крупнейших предприятий города – ТЭЦ № 2.

На территории Республики Саха (Якутия) пробы почв были отобраны в районах, где влияние техногенной составляющей минимальное.

Отбор проб на всех территориях осуществлялся с использованием площадной, векторной или точечной сети в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 [7]. Общее количество проб – 90.

Измерения показателя магнитной восприимчивости почв и почвогрунтов на приборе SatisGeo KM-7 выполнялись в учебно-научной лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» (Томский политехнический университет). Ранее показано, что данная методика исследования применима в качестве экспрессного способа выявления техногенного загрязнения почв соединениями Fe, Mn, Co, Cr, Ni, V и др. на различных территориях (патент № 2133487, авторы Е.Г. Язиков, О.А. Миков [6]). Для выполнения измерений брали фракцию менее 1 мм и все пробы были одного и того же объема.

Результаты измерений значений показателя магнитной восприимчивости на исследуемых территориях приведены в таблице.

Таблица

Объемная магнитная восприимчивость в пробах почв

	Кировский район, г. Новосибирск	Туркисбский район, г. Алматы	Республика Саха (Якутия)
Число проб	19	13	58
Медианное значение	71,3	51	9,5
Фракция <1 мм			
$\frac{m_{\text{сред}}}{m_{\text{макс}} \div m_{\text{мин}}}$	$\frac{98,8 \pm 18,1}{336,7 \div 15,7}$	$\frac{108,8 \pm 18,4}{226,7 \div 7,6}$	$\frac{22,8 \pm 3,5}{145 \div 2}$

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 показывает, что максимальные значения выявлены в городских почвах (Новосибирск, Алматы), где расположены предприятия металлообработки и машиностроения (рисунок). В Новосибирске территории с повышенным значением показателя (отличным от расчетного фона) магнитной восприимчивости выделяются вблизи железной дороги, Новосибирского приборостроительного завода (341,7 и 425,7 $\times 10^{-5}$ единиц СИ, соответственно). В г. Алматы также выделились районы с повышенным значением вблизи железной дороги и северной границы ТЭЦ-2, что связано с деятельностью данных объектов.

Минимальные средние значения показателя магнитной восприимчивости отмечаются в почвах, отобранных на территории различных районов Республики Саха (Якутия), т.к. данная территория является наименее антропогенно нагруженной.

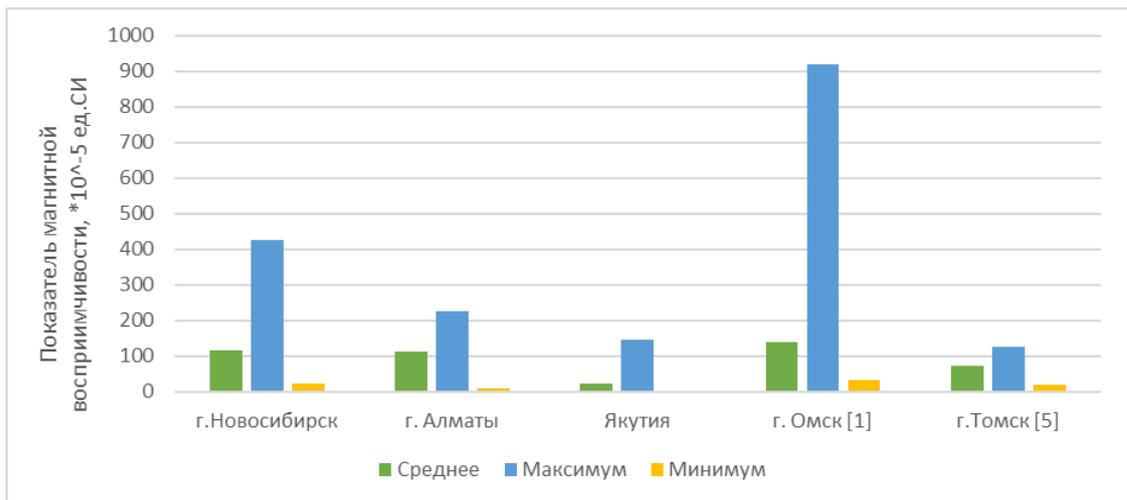


Рис. Сравнительная диаграмма значений показателя магнитной восприимчивости почв и почвогрунтов изученных территорий

Исходя из представленных результатов можно сделать вывод, что распределение показателя магнитной восприимчивости крайне неравномерно и данный метод оценки загрязненности почв элементами группы железа эффективен для изучения состояния почв территорий различной степени нарушенности. Немаловажную роль в формировании значений показателя магнитной восприимчивости играют почвообразующие породы. Повышенное содержание тяжелых металлов в почвах может иметь различные негативные последствия, включая ухудшение плодородия почвы, затруднение роста растений, загрязнение подземных вод, отравление животных, а также сказываться на состоянии здоровья населения. Поэтому контроль за уровнем содержания тяжелых металлов в почвах является важной задачей в области охраны окружающей среды и здоровья человека.

Отбор и анализ проб почв на территории Республики Саха (Якутия) выполнен в рамках гранта РФФИ № 20-64-47021

Литература

1. Васильев А.А. Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми [Текст]: монография / ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА; сост. А.А. Васильев, Е.С. Лобанова. – Пермь, 2015. – 243 с.
2. Жорняк Л.В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв [Текст]: дис. ... к-та геолого-минералогических наук: спец. 25.00.36 / Жорняк Лина Владимировна. – Томск, 2009. – 205 с.
3. Официальный сайт г. Новосибирска, URL: <https://novo-sibirsk.ru/about/numbers/>
4. Патент 2133487 Россия, МПК6 G 01 V 9/00. Способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель) / Язиков Е.Г., Миков О.А.; заявитель и патентообладатель. Томский политехн. ун-т. – № 98100689; заявл. 08.01.98; опубл. 20.07.99.
5. Почвы. Отбор проб [Текст]: ГОСТ Р 58595-2019 – Введ. 2020-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2020. – 1, 8 с.: ил.
6. Язиков Е.Г. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне действия предприятий угледобычи [Текст] / Е.Г. Язиков, Н.А. Осипова, А.В. Таловская, К.Ю. Осипов // Оптика атмосферы и океана. – 2021. – Т. 34. – № 6. – С. 434-439.
7. Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв [Текст]: монография / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); сост. Е. Г. Язиков, А. В. Таловская, Л. В. Жорняк. –Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУНКТА ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Баранов Д.Ю., Мурлис Д.В., Понизов А.В., Вещцагин П.М., Муслимов Д.Д.
Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности, г. Москва, Россия

Учет химических реакций в пористых средах барьеров безопасности пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО) имеет большое значение при обосновании долговременной изоляции радиоактивных отходов (РАО), так как химические реакции влияют на миграцию радионуклидов из ППЗРО в окружающую среду и могут изменять свойства вмещающих горных пород, служащих природным барьером. Например, взаимодействие горных пород с подземными водами с высоким рН за счет выщелачивания цементных барьеров ППЗРО может приводить к изменению геохимических условий на границе раздела ППЗРО-вмещающая

порода [12]. В настоящее время мало внимания уделяется вопросам химического преобразования горных пород с течением длительного времени, а в геомиграционных моделях геохимические условия, как правило, сохраняются постоянными в течение всего периода моделирования. Следует отметить, что согласно п. 37 НП-069-14 [4] необходимо учитывать возможные химические процессы, протекающие в зоне контакта ППЗРО-вмещающие породы, так как это может привести к снижению изолирующих свойств барьеров безопасности ППЗРО.

При взаимодействии инженерных барьеров безопасности ППЗРО с инфильтрующимися атмосферными осадками образуется щелочной фильтрат, воздействие которого может приводить к изменению сорбционной способности, площади реакционноспособной поверхности, пористости и проницаемости вмещающей породы [6] вследствие осаждения вторичных минералов и изменения химического состава фильтрата.

Настоящая работа посвящена равновесно-кинетическому моделированию взаимодействия высокощелочного фильтрата с вмещающими породами с использованием программы для ЭВМ PHREEQC.

Для проведения моделирования в качестве вмещающей породы были выбраны покровные суглинки со следующим минералогическим составом: кварц (60 масс-%), альбит (9,5 масс-%), микроклин (10,5 масс-%); иллит (9,9 масс-%); каолинит (5 масс-%), монтмориллонит (5,1 масс-%) [5]. Исходный состав щелочного фильтрата (моль/кг H₂O): Ca – 6,45·10⁻⁴; Na – 1,31·10⁻³; K – 7,70·10⁻⁸; Al – 2,98·10⁻⁵; Si – 2,84·10⁻⁴; SO₄ – 3,66·10⁻⁵; HCO₃ – 1,32·10⁻⁴. Период моделирования составляет 10 лет.

В моделировании реализуется условие непрерывного взаимодействия щелочного фильтрата (pH = 12,0) с суглинками [10]. Соотношение фильтрат-порода принято 10:1, что в природной системе может отражать процессы подтопления. Термодинамические данные, необходимые для расчетов (площадь реакционной поверхности, скорость растворения минералов) были взяты из базы данных Ливерморской национальной лаборатории (США) и из опубликованных источников [7, 9]. Предполагается, что в результате взаимодействия щелочного фильтрата с вмещающими породами будет происходить осаждение вторичных фаз, включая фазы кальцита, гидрата силиката кальция (CSH), мусковита и этрингита [8], что будет определять долгосрочное химическое равновесие и минералогический состав исследуемой системы. Так как в результате реакций образуется несколько составов вторичной фазы CSH и соотношение Ca:Si изменяется в процессе реализации модели, для упрощения состава системы использовался только минерал тоберморит [6].

Равновесно-кинетическое моделирование взаимодействия фильтрата с вмещающими породами ППЗРО выполнялось с использованием программы для ЭВМ PHREEQC [11]. Определено, что в течение первых двух лет модельного эксперимента в результате взаимодействия фильтрата с вмещающими породами pH резко снижается до 10,74, а к концу периода моделирования практически не меняется (pH=10,77). Окислительно-восстановительный потенциал фильтрата увеличивается до 0,45 мВ в течение первых пяти лет моделирования, а затем происходит резкая смена окислительной обстановки на восстановительную, значение Eh снижается до -0,37 мВ; затем практически не меняется с течением времени модельного эксперимента (рис. 1). Согласно расчетам по программе для ЭВМ PHREEQC редокс-условия контролируется парой SO₄²⁻/SO₃²⁻. Известно, что окислительная обстановка может способствовать интенсификации миграции урана в соединениях с карбонатами [2]. Восстановительные условия могут способствовать усиленной миграции цезия [1].

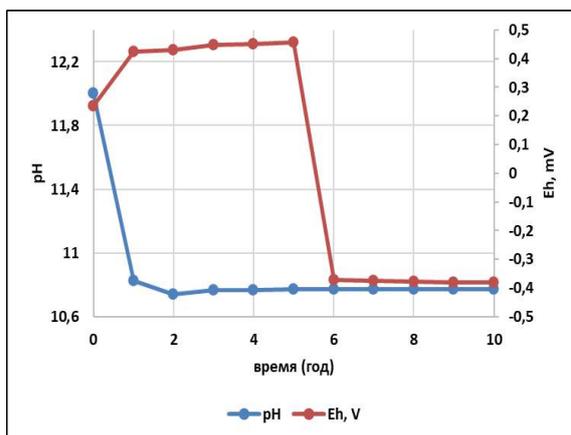


Рис. 1. Изменение значений pH и Eh раствора при взаимодействии с суглинками в течение периода моделирования

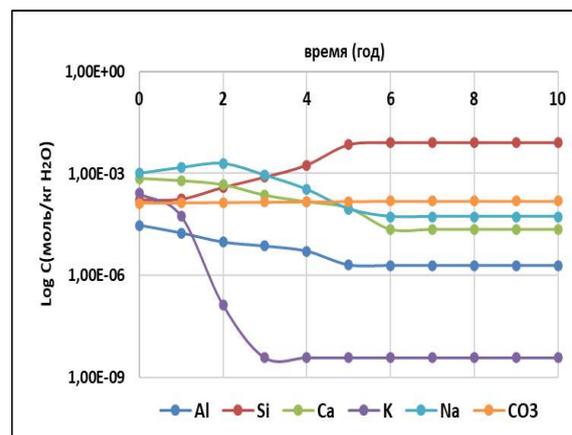


Рис. 2. Динамика концентраций ионов в растворе в течение периода моделирования

Динамика концентраций ионов в фильтрате изображена на рис. 2. Результаты расчетов указывают на значительное сокращение содержания калия в фильтрате в течение первых трех лет модельного эксперимента, затем концентрация элемента стабилизируется (3,85·10⁻⁹ моль/кг H₂O) и не изменяется до окончания моделирования. Подобное поведение калия, вероятно, обусловлено растворением мусковита. По данным рис. 3 растворение мусковита продолжается только в течение первых трех лет моделирования, затем фиксируется на значении (-1,05). Содержание кальция и алюминия в фильтрате снижается – можно предположить, что наличие катионов контролируется скоростью растворения этрингита, так как в первый год моделирования индекс насыщения

минерала снижается до значения -31,4, а начиная с 6-го года фиксируется на значении - 27,7. Согласно исследованиям [3], при взаимодействии уранила с этрингитом в щелочных условиях (pH = 11-12) происходит растворение минерала, а уран переходит в твердую фазу в виде включений в структуру кальцита. В модельном эксперименте в течение первых двух лет отмечается возрастание содержания ионов натрия в фильтрате, далее с третьего по шестой годы моделирования его концентрация снижается, затем не меняется и равна $2,30 \cdot 10^{-5}$ моль/кг H₂O. Согласно данным рис. 3 можно предположить, что изменение концентрации натрия в фильтрате является следствием процессов растворения/осаждения монтмориллонита.

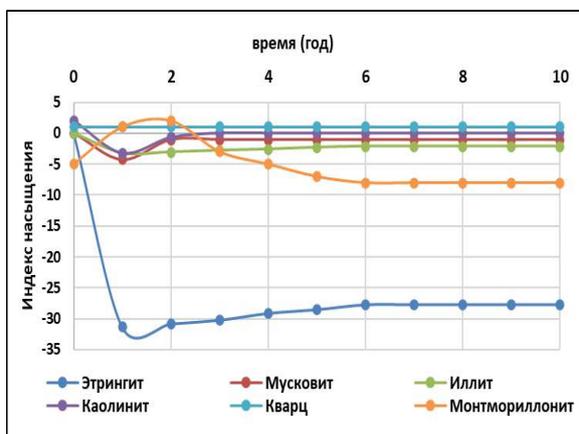


Рис. 3. Изменение индекса насыщения минералов в течение периода моделирования

Выполнена оценка геохимических процессов, происходящих на границе ППЗРО с вмещающими горными породами (покровными суглинками) в щелочных условиях, с целью прогноза изменения свойств системы с течением времени.

Установлено, что при взаимодействии щелочного фильтрата с суглинками, содержание глинистых минералов в которых составляет до 20 масс-%, процессы осаждения/растворения этрингита контролируют окислительно-восстановительные условия и концентрацию кальция и алюминия в фильтрате. Глинистые минералы при взаимодействии с щелочным раствором обеспечивают стабилизацию pH (10,7–10,8) и Eh в восстановительной зоне на конечном этапе моделирования. Формирование окислительных условий на начальной стадии моделирования (в первые года) может способствовать более интенсивной миграции урана, что требует более детальных исследований.

Литература

1. Богачев А.В. Миграция ¹³⁷Cs и калия в системе «почва-растение». Факты, закономерности, гипотезы. М.: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 1997. – 35 с.
2. Богуславский А.Е., Гаськова О.Л., Шемелина О.В. Миграция урана в грунтовых водах района шламохранилищ Ангарского электролизного химического комбината // Химия в интересах устойчивого развития, – 2012. – № 20. – с. 515–529.
3. Калмыков С.Н. Научные основы вывода из эксплуатации ядерно и радиационно опасных объектов, рекультивации загрязненных территорий и безопасного обращения с радиоактивными отходами. НИР, 2023. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://istina.msu.ru/projects/565964193/> (19.02.2024).
4. НП-069-14. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности.
5. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород. Пермь: Изд-ва ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009, – 132 с.
6. Braney M.C., Haworth A., Jefferies N.L., Smith A.C. A study of the effects of an alkaline plume from a cementitious repository on geological materials Journal of Contaminant Hydrology, – 1993. – № 13. – p. 379–402.
7. Brantley, S. Kinetics of Mineral Dissolution. In: Brantley, S., Kubicki, J., White, A. (eds) Kinetics of Water-Rock Interaction. Springer, New York, NY., 2008, – 210 p.
8. De Windt L., Marsal F., Tinseau E., Pellegrini D. Reactive transport of geochemical interactions at a concrete/argillite interface, Tournemire site (France) // Physics and chemistry of the Earth parts, – 2008. – № 33. – p. 295 – 305
9. Huertas F.J., Chou L., Wollast R. Mechanism of kaolinite dissolution at room temperature and pressure part II: Kinetic study – II. Dissolution of Fe(III) oxides // Geochimica et cosmochimica acta, – 1999. – Vol. 63. – № 19-290. – p. 3261 – 3275
10. Ochs M., Mallants D., Wang L. Radionuclide and metal sorption on cement and concrete. – Vol. 29, Publisher Springer, 2016. – 301 p.
11. Parkhurst D. L., Appelo C. Description of input and examples for PHREEQC version 3: a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations // US Geological Survey, 2013.
12. Soler J. M., Mader U. K. Interaction between hyperalkaline fluids and rocks hosting repositories for radioactive waste: reactive transport simulations // Nuclear science and engineering, – 2005. – № 151. – p. 128 – 133.

ПОВЫШЕННЫЕ СОДЕРЖАНИЯ FE И MN В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ ТЮМЕНИ УСИЛИВАЮТ РИСК РАЗВИТИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Беляновская А.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Концентрирование тяжелых металлов в слюне и дентине приводит к развитию кариозных заболеваний [18, 25]. Эти микроэлементы потенциально токсичны и сложно выводятся из организма человека [18-19]. Особенностью Тюменской области является повышенное содержание Mn и Fe в природных водах. В основном источнике воды области – реке Туре и в подземных водах содержание Fe, Mn достигают 5 ПДК [5, 9]. Столь высокие концентрации обусловлены природными факторами, процессами химического выветривания минералов,

разложением органических компонентов, болотным питанием Туры. Поступая в организм в ходе хозяйственной деятельности [4], Fe, Mn концентрируются в слюне [25], кальцифицированных тканях, вызывая заболевания полости рта. Учитывая высокий уровень заболеваемости кариесом [6], чья профилактика требует усиления работы [26] был проведен анализ уровня его распространения. Для выполнения анализа систематизировались опубликованные в системе РИНЦ литературные данные, включающие информацию о заболеваемости кариесом жителей Тюмени, в сравнении с другими географическими зонами – общее количество зубных единиц с кариесом и пломбами (индекс КПУ) и о составе водопроводной воды (концентрация Fe, Mn, ppm).

Материалы и методы. Для составления обзора использовались работы на русском и английском языках, опубликованные в открытых источниках ресурса E-library, рецензируемые в системе РИНЦ. Источники информации собирались самостоятельно автором. Для поиска использовались следующие ключевые слова: КПУ, здоровье полости рта, кариес. Отбирались публикации о заболеваемости жителей городов России с близкой численностью населения. Были выбраны данные на период с 1995 по 2019 г., демонстрирующие интенсивность кариеса постоянных зубов детей и подростков (до 18 лет) без диагностированных хронических заболеваний. Усреднение внутри групп проводилось методом расчета среднего арифметического содержания. Всего было отобрано 4 источника литературы [1, 3, 11, 21], анализируемая выборочная совокупность включила в себя 18 единиц, 411 историй болезни.

Результаты и обсуждения. Анализ усредненных данных из историй болезни позволяет обобщить накопленную информацию (рис.). В сравнении с другими городами, заболеваемость жителей Тюмени выше в 1.5-3 раза [38, 49–51].

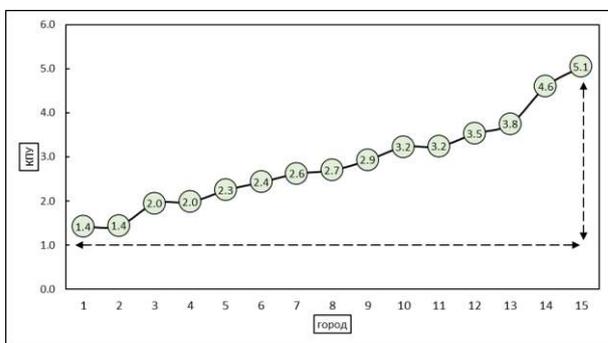


Рис. Интенсивность кариеса детей и подростков, проживающих в городах России с населением более 1 млн. чел.
Примечание: 1) Нижний Новгород, 2) Ростов-на-Дону, 3) Екатеринбург, 4) Самара, 5) Пермь, 6) Омск, 7) Москва, 8) Новосибирск, 9) Волгоград, 10) Челябинск, 11) Уфа, 12) Казань, 13) Санкт-Петербург, 14) Красноярск, 15) Тюмень;
индекс КПУ

КПУ жителей Тюмени составляет 5.1, что согласно типологии ВОЗ, определяется как высокое. В Тюмени в 3 раза превышены 1.5 КПУ, рекомендуемые в «Европейских целях стоматологического здоровья к 2020 г» [4]. По данным исследования 2019–2020 гг. стоматологические заболевания в Тюмени по количеству обращений выходят на третье место после расстройств пищеварительной и кровеносной системы [38].

Индекс КПУ жителей Тюмени может быть обусловлен составом местной воды [16, 22, 23]. При водопотреблении из реки Тура изменяется активность альфа амилазы в слюне, что связано с присутствием в воде тяжелых металлов [20]. Альфа-амилаза – пищеварительный фермент, способный гидролизовать большие молекулы нерастворимого крахмала до растворимых форм [12]. Снижение активности альфа амилазы может снижать pH и повышать

био пленкообразование на органах ротовой полости, и косвенно стимулировать кариозный процесс [24]. При этом природные воды Тюменской области отличаются повышенным содержанием Mn и Fe [2, 10]. В водах городской зоны содержится от 1.1 до 2.0 ПДК Mn, более 5 ПДК Fe. Повышенное содержание Fe обусловлено болотным питанием рек [14], в которых Fe находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот. Концентрации Mn связаны с повышенным уровнем его содержания в почвенном покрове Тюменского района [15]. Фиксируется зависимость между содержанием Fe, Mn в поверхностных и подземных природных водах и употребляемой населением водопроводной воде [2]. Известно, что состав слюны тесно связан с составом питьевой воды [16, 23], в нем отражается биохимический статус человека [17]. Таким образом, можно предположить роль водопользования в поступлении Fe, Mn в организм человека.

Закключение. Можно отметить, что показатели гигиены полости рта жителей г. Тюмени и доступность стоматологических услуг характеризуются как удовлетворительные [7–8], однако интенсивность заболевания кариесом жителей Тюмени считается высокой согласно классификации Всемирной организации здравоохранения. Поступление микроэлементов в организм человека отражается через изменение химического состава слюны, за счет которой происходит минерализация эмали. Анализ литературы позволяет выявить связь между концентрированием Fe, Mn в составе апатита и возникновением кариеса через изменение соотношений элементов и кислотности полости рта. Изучение состава водопроводной воды актуализирует вопрос оценки воздействия на здоровье человека. Стоматологические заболевания являются одним из индикаторов дисбаланса микроэлементов в окружающей среде. В качестве меры профилактики рекомендуется адаптировать с учетом эколого-геохимических особенностей региона.

Обзор и анализ литературных данных подготовлены в рамках реализации проекта РНФ № 23-77-01077

Литература

1. Дуж А.Н., Алямовский В.В. Влияние стоматологической грамотности родителей на стоматологический статус детей // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2019. (5).
2. Ермакова Н.А. Гидрохимическое состояние тюменских источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в весенне-летний период // Вестник Тюменского государственного университета (Экология). – 2014. (12). – С. 38–149.
3. Железный П. А., Базин А. К., Лопушинская А. А. Применение и анализ Significant Index of Caries у школьников Новосибирска // Клиническая стоматология. – 2010. – № 54 (2). – С. 22–24.
4. Жилияков Е.В. М. З. Н., Г. С. А. Анализ геоэкологической ситуации в водных объектах Тюменской области и города Тюмени // Успехи современного естествознания. 2019. (5). С. 47–52.
5. Жилияков Е.В., Монахова С.А., Гузеева С.А. Анализ геоэкологической ситуации в водных объектах Тюменской области и города Тюмени // Успехи современного естествознания. – 2019. (5). – С. 47–52.
6. Кайсина Т.Н. [и др.]. Сравнительная характеристика стоматологического статуса населения города Кирова и Российской Федерации в различных возрастных группах во временном аспекте // Вятский медицинский вестник. – 2023. – № 78 (2). – С. 85–87.
7. Копытов А. А. Клинико-функциональная характеристика кариесрезистентности и гомеостаза ротовой полости у студентов при адаптации к учебной деятельности и смене климатогеографических условий проживания // Медицинская наука и образование Урала. – 2014. – № 4(80) (15). – С. 16–20.
8. Копытов А.А., Брагин М.И. Распространенность и интенсивность кариеса зубов у студентов ВУЗов г. Тюмени, приехавших на учебу из разных климатических зон // Образовательный вестник «Сознание». – 2011. – № 13 (9).
9. Корниенкова А.А., Акатьева Т.Г. Качество воды рек иртышского бассейна в пределах Тюменской области Тюмень: Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, – 2023. – С. 233–128.
10. Корчина Т. Я., Брагин В. И., Лапенко В. В. Элементный статус женщин фертильного возраста, проживающих на севере Тюменской области // Trace Elements in Medicine (Moscow). – 2021. – № 2 (22). – С. 50–58.
11. Леус П.А. [и др.]. Федеральная государственная программа первичной профилактики наиболее распространенных стоматологических заболеваний кариеса зубов и болезней пародонта среди населения России.
12. Мозговая Л.А. [и др.]. Влияние некоторых ферментов слюны на биопленкообразующую активность условно патогенных микроорганизмов. Тверь, – 2018. – С. 264–268.
13. Нагаева М.О. [и др.]. Экспертный ситуационный анализ стоматологической заболеваемости населения Тюменской области - основа для разработки региональной программы первичной профилактики // Проблемы стоматологии. 2017. (4).
14. Никулин Д. А., Ламанова Т.В. Сравнение степени загрязнения водоёмов Тюменской области Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», – 2018. – С. 265–268.
15. Таирова А.Р., Мухамедьярова Л.Г., Козьяр Ю.В. Оценка экологического состояния реки Туры в условиях антропогенного воздействия // Вестник НЦ БЖД. – 2015. – № 26 (4). – С. 138–141.
16. Ходжаева М.Ю. Оценка биохимического состава смешанной слюны пожилых людей // Проблемы современной науки и образования. 2022. № 171 (2).
17. Arunkumar S. [и др.]. Developments in diagnostic applications of saliva in oral and systemic diseases– A comprehensive review // Journal of Scientific and Innovative Research. – 2014. – № 3 (3). – С. 372–387.
18. Asaduzzaman K. [и др.]. Heavy metals in human teeth dentine: A bio-indicator of metals exposure and environmental pollution // Chemosphere. – 2017. (176). – С. 221–230.
19. Crossgrove J., Zheng W. Manganese toxicity upon overexposure // NMR in Biomedicine. 2004. № 8 (17). С. 544–553.
20. Gureeva N. V. River water quality research within the city limits using some biochemical methods // Contemporary Problems of Ecology. – 2011. – № 1 (4). – С. 84–90.
21. Ismagilov O. [и др.]. Dental morbidity of school children // Actual problems in dentistry. 2020. № 4 (15). С. 140–148.
22. Lebedev S. N., Safonova A. V., Bragin A. V. The comparative characteristics of dental morbidity in urban and rural population living in the south of Tyumen region // Medical Science And Education Of Ural. 2022. № 2 (23). С. 138–141.
23. Mozgovaya L. [и др.]. Features of dental status in senior schoolchildren depending on mineral composition of drinking water // Пермский медицинский журнал 2021. № 2 (38).
24. Shulyatnikova O. [и др.]. Activity of saliv alpha amylases and level of oral cavity hygiene under different clinical conditions // Actual problems in dentistry. – 2021. – № 1 (17). – С. 172–176.
25. Watanabe K. [и др.]. Mn and Cu concentrations in mixed saliva of elementary school children in relation to sex, age, and dental caries // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2009. – № 2 (23). – С. 93–99.
26. Об утверждении перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года // Распоряжение Правительства РФ. – 2022.

**МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ИОНАМИ ФТОРА В РАЙОНЕ
РАСПОЛОЖЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ГОРНОДОБИВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Борисова Д.Д.

Научный руководитель заведующая кафедрой, профессор М.А. Пашкевич
**Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, Россия**

Единственное в России редкометальное Ловозерское месторождение лопаритовых руд расположено в центральной части Кольского полуострова в пределах массива щелочных сиенитов. В результате разработки месторождения на руднике, работы обогатительной фабрики ежегодно образуется более 500 тыс. тонн отходов, складываемых в хвостохранилище.

Принимая во внимание тот факт, что хранилища отходов обогащения негативно воздействуют на природную среду, проведение мониторинговых исследований в зоне их воздействия позволит определить пути миграции загрязняющих компонентов с территории хранилища и сформировать представления о возможных геоэкологических проблемах, связанных с объектами размещения отходов переработки лопаритовых руд. Особую актуальность подобные исследования приобретают в виду того, что наземные экосистемы Крайнего Севера характеризуются малой степенью устойчивости к воздействию антропогенных факторов [1]. Одним из приоритетных направлений негативного воздействия на окружающую среду хвостохранилищ является загрязнение подземных и поверхностных вод в результате инфильтрации стоков через тело дамбы в случае наличия несовершенств в гидроизоляции основания гидротехнического сооружения, а также при неполном водообороте в системе «обогащительная фабрика – хвостохранилище» [3]. Данные потоки могут быть представлены не только жидкой фазой хвостов, но и инфильтрующимися через тело техногенного массива атмосферными осадками. Дренажные воды содержат токсичные компоненты, недоизвлеченные элементы в концентрациях, значительно превышающих предельно допустимые.

В районе расположения хвостохранилища рассматриваемого предприятия существуют следующие водные объекты:

– река Сергевань: в реку осуществляется отвод сточных вод через два выпуска: выпуск №2 (шахтные воды рудника); выпуск №3с (излишний приток грунтовых и поверхностных вод, а также воды, поступающие с атмосферными осадками; стоки поступают из каскада чаш, в которых раньше производилась очистка части стоков с хвостохранилища, расположенных на склоне горы на месте отработанного карьера);

– озеро Ильма: сброс стоков в озеро не осуществляется, производится забор воды для обеспечения технологических нужд предприятия.

Река Сергевань и озеро Ильма являются рыбохозяйственными объектами высшей категории. Река Сергевань отведена по руслоотводящему каналу, построенному вдоль западного борта хвостохранилища.

С момента начала отработки Ловозерского месторождения предприятие сталкивается с проблемой многократного превышения предельно допустимых значений по содержанию фторидов в рассматриваемых водных объектах. Подобная ситуация обусловлена наличием в добываемой руде минерала виллиомита (NaF), являющегося легкорастворимым в холодной воде [2].

Для оценки качества воды в водных объектах, подвергающихся антропогенному воздействию со стороны предприятия, и установлению характера миграции исследуемого элемента, в полевой сезон был выполнен гидрохимический мониторинг: произведен отбор проб воды в 12 точках, логически охватывающих все технологические этапы использования воды на предприятии в ходе процесса обогащения руды. Расположение мест пробоотбора представлено на рисунке, где: 1 – Выпуск №3с: сброс осуществляется в бетонный желоб, протяженностью 600 м; 2 – Фильтрационный выход №1: неорганизованный сток из-под тела дамбы хвостохранилища; 3 – Общий каптаж: сброс большого объема стоков, фильтрующихся через хвостохранилище, на рельеф, стоки попадают во вторичный прудок-отстойник; 4 – Вторичный прудок-отстойник: входит в комплекс гидротехнических сооружений водостового хозяйства. Вода из прудка-отстойника перекачивается обратно на обогащительную фабрику; 5 – Фильтрационный выход №2: неорганизованный сток из-под тела дамбы хвостохранилища; 6 – Контрольный створ выпуска №3с: 500 м ниже выпуска №3с; 7 – 600 метров ниже выпуска №3с: после бетонного желоба стоки попадают в систему болот; 8 – р. Сергевань после руслоотводящего канала; 9 – р. Сергевань в руслоотводящем канале напротив хвостохранилища; 10 – р. Сергевань (фоновый створ); 11 – оз. Ильма; 12 – Очистные сооружения хозяйственно-питьевых нужд поступает вода из горного озера, находящегося на значительном удалении от промплощадки рудника, и не подвергающегося загрязнению.



Рис. Места отбора проб [составлено авторами]

Отобранные пробы были проанализированы в лаборатории Научного центра «Экосистема» Санкт-Петербургского горного университета на содержание фторидов потенциометрическим методом (согласно методике РД 52.24.360-2008). Результаты представлены в таблице.

Таблица

Содержание фторид-ионов в отобранных пробах, мг/дм³ [составлено авторами]

№ п\п	F ⁻
1	34,30±1,71
2	71,41±3,34
3	228,6±30,8
4	270,6±36,3
5	94,55±4,36
6	53,80±2,57
7	44,53±2,16
8	4,95±0,26
9	4,80±0,25
10	0,510±0,027
11	0,580±0,030
12	0,1200±0,0062
Предельно допустимая концентрация (р.х.) [4]	0,05+1,2*

Примечание: * – предельно допустимая концентрация для фторидов в водных объектах рыбохозяйственного значения устанавливается: +0,05 мг/дм³ к фоновому содержанию, но не выше 0,75 мг/дм³. На основании справки ФГБУ «Мурманского УГМС», фоновое содержание фторидов составляет 1,2 мг/дм³.

Несмотря на несоответствие измеренных в ходе исследования фоновых концентраций фторидов и справочных данных, в 9 точках пробоотбора наблюдаются значительные превышения как природных, так и нормативных значений по данному элементу в десятки и сотни раз. Наибольшие концентрации соответствуют пробам, отобранным в сбросе «Общий каптаж» и во вторичном прудке-отстойнике, что позволяет сделать вывод об основном источнике антропогенного поступления фтора в окружающую среду с территории хвостохранилища. Это обусловлено особенностями процесса обогащения, в ходе которого происходит измельчение руды до тонкодисперсного состояния с удалением полезных компонентов в результате чего происходит интенсификация процесса выщелачивания загрязняющих элементов из отходов.

Таким образом, несмотря на наличие системы замкнутого водооборота «Вторичный прудок-обогащительная фабрика», не все дренажные воды каптируются, и мониторинговые исследования показали наличие фильтрационных выходов и фактов сброса через «Общий каптаж» на рельеф, что приводит к загрязнению речных вод р. Сергевань. Проведённые исследования показали на необходимость разработки средозащитных мероприятий, заключающихся в улавливании и очистке дренажных вод от ионов фтора.

Работа выполнена в рамках государственного задания Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II (шифр № FSRW-2024-0005)

Литература

- Исаева Л.Г. Изучение и охрана наземных экосистем Мурманской области [Текст] / Л. Г. Исаева, Т. А. Сухарева, Е. А. Боровичев, Г. П. Урбанавичюс, Ю. Р. Химич, И. В. Зенкова, Н. А. Артемкина, Т. Т. Горбачева, В. В. Ершов, Ю. С. Мамонтов, Е. А. Иванова // Труды Кольского научного центра РАН. – 2018. – Т. 9. – № 9-6. – С. 6-63.
- Ключникова, Е. М. Эколого-экономический анализ региональной политики в сфере обращения с отходами (на примере Мурманской области) [Текст] / Е. М. Ключникова, В. А. Маслобоев // Вестник Мурманского Государственного технического университета (МГТУ). Труды Мурманского Государственного технического университета. – 2013. – Т. 16. – №2. – С. 233-241.
- Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552 (с изменениями на 22.08.2023). – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
- Сайт Каталог Минералов.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://catalogmineralov.ru/mineral/villiaumite.html> .

РТУТЬ В ПОЧВАХ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Буданова В.В.

Научный руководитель доцент Л.В. Жорняк

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Почва – один из важнейших компонентов природной среды. Химические элементы из почвы поступают в растения и далее вверх по пищевым цепям. В связи с тем, что ртуть является сильнотоксичным, подвижным и летучим металлом, вопросы изучения особенностей формирования и распространения этого тяжелого металла, являются очень важными [2]. На накопление и распределение ртути в почве могут влиять многие факторы. Они могут быть, как природными, так и техногенными. К природным могут относиться различные горные породы

и минералы (например, киноварь), которые со временем подвергаются выветриванию с последующей миграцией химических элементов. К техногенным относятся различные объекты промышленности, которые являются источником загрязнения всех компонентов природной среды. На исследуемой территории промышленность представлена предприятиями стройиндустрии, машиностроения, а также предприятиями добывающей промышленности (добыча бурого угля) и энергетики. Техногенным источником загрязнения ртути, в первую очередь, может являться уголь, его добыча, дальнейшая переработка и использование в качестве топлива.

Целью исследования является определение содержания ртути и особенностей ее распределения в почвах локальных территорий Забайкалья.

Отбор и подготовка проб почв выполнялись согласно ГОСТ Р 58595-2019. Для исследования было отобрано 33 пробы почвы.

Анализ ртути в пробах почв исследуемой территории проведен в лабораториях ТПУ. Для определения содержания ртути в почвах был использован метод атомно-абсорбционной спектрометрии. Он основан на восстановлении связанной ртути в исследуемых пробах с помощью пиролиза и последующего переноса образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету воздухом. Работа проводилась на анализаторе ртути «РА-915+» с приставкой «ПИРО-915+» (при консультации к.х.н., доцента ОГ ИШПР ТПУ Осиповой Н. А.). В качестве стандарта использовали стандартный образец почвы СДПС-3 с содержанием ртути 0,290 мг/г.

Для сравнения полученных значений использовали кларки, представленные в таблице.

Таблица

Кларки ртути в почвах мира и земной коре, мг/кг

Кларк по Н.А. Григорьеву	Кларк по А.П. Виноградову [1]	Кларк по А. Kabata-Pendias [5]	
В верхней части континентальной земной коры	В почве	В земной коре	В почве
0,065	0,05	0,07	0,07

Среднее содержание ртути в пробах почв на исследуемой территории составляет 0,085 мг/кг, что незначительно превышает приведенные в таблице значения (от 1,2 до 1,7 раз). Минимальное содержание ртути в почве среди всех проб составляет 0,012 мг/кг (проба 2241011). Это значение не превышает кларков ртути в почвах и земной коре. Максимальное содержание ртути в исследуемых пробах составило 1,24 мг/кг (проба 2223011). Это значение превышает кларк по Григорьеву в 19 раз, кларк в почве по Виноградову почти в 25 раз, а кларк ртути в земной коре и почвах мира почти в 18 раз. Данная проба была отобрана в пойме реки Большой Ильдиган. Некоторые исследователи отмечают зависимость содержания ртути в почвах от высоты над уровнем моря, типа ландшафта, типа почв. Ранее в почвах Алтая были также выявлены районы с максимальным содержанием ртути в грунтах и почвах в пойме реки Сумульта.

Среди всех проб в результате исследования в 8 случаях из 33 наблюдается незначительное превышение кларковых значений, а остальные находятся на уровне или ниже.

В ходе исследования определено содержание ртути в почвах Забайкалья и выявлено, что большинство значений находятся на уровне фона и не превышают кларковое содержание.

Работа выполнена по гранту РФ № 20-64-47021

Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах [Текст] / А. П. Виноградов. – М.: АН СССР, 1957. – 259 с.
2. Доронина В. Д. Содержание и особенности распространения ртути в почвах вблизи промышленных предприятий Октябрьского района города Томска [Текст] / Д.В. Доронина // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М. И. Кучина. – Томск, 2017. – С. 730-732.
3. Жеребцова Ю.О. Ртуть в почвах особо охраняемых природных территорий Приморского края [Текст] / Ю.О. Жеребцова // Проблемы геологии и освоения недр: статья в сборнике трудов конференции. – Томск, 2022.
4. Селюкова С.В. Тяжелые металлы в агроценозах [Текст] / С.В. Селюкова // Достижения науки и техники АПК: научная статья в журнале. – Белгород, 2020. – Т. 34. – №8. – С. 85–93.
5. Kabata-Pendias A., Boca Raton F. L. Trace elements in soils and plants. 4th ed [Text] / A. Kabata-Pendias, F. L. Boca Raton. – USA: CRC Press, 2011. – 505 p.

ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОВСА AVENA SATIVA В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА

Быкова Е.М.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Отходы, образующиеся в результате деятельности горно-обогатительных комбинатов, могут занимать огромные по площади территории. Хвостохранилища представляют собой объекты размещения отходов обогащения полезных ископаемых. Они оказывают негативное воздействие на компоненты окружающей среды. В настоящее время используют

различные экспериментальные методы для установления класса опасности отходов. Одним из таких методов является фитотестирование, которое применяется для оценки качества почв (в городской среде, в зоне размещения промышленных и сельскохозяйственных предприятий) и других компонентов природной среды. Фитотест является обязательным этапом при проведении экспериментальной оценки опасности отхода согласно СП 2.1.7.1386-03 [2].

Цель работы: оценить фитотоксичность пробы отходов Алтайского горно-обогатительного комбината с применением овса *Avena sativa* в качестве тест-объекта.

Методика исследования: МР 2.1.7.2297-07 Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.

В период функционирования Алтайского горно-обогатительного комбината (АГОКа) были сформированы два хвостохранилища, расположенные на северо-западе г. Горняк. Проба, исследуемая в работе, была отобрана методом прикопок на глубину до 15 см со старого хвостохранилища, эксплуатация которого продолжалась до 1968 года. Деятельность комбината была направлена на переработку полиметаллических руд и получение концентратов цветных металлов.

Хвостохранилища служат длительным источником поступления загрязняющих веществ в почву, подземные воды и атмосферу. Открытая поверхность хвостохранилищ сложена мелкодисперсным материалом, который содержит такие тяжелые металлы, как Cu, Pb, Zn, Ba и др. Дефляционные процессы, развитые в степной зоне, способствуют переносу и осаждению на прилегающих территориях элементов, содержащихся в отходах обогащения руд. Загрязнение объектов природной среды тяжелыми металлами происходит как аэрогенным путем, так и вследствие проникновения фильтратов отстойников в грунтовые воды [1].

Метод биотестирования основан на ответной реакции живых организмов на негативное воздействие фактора среды. Он способен оценить индивидуальное и комбинированное действие веществ, которое может быть сильнее (суммарное, или синергетическое действие) или, наоборот, слабее действия отдельных компонентов (нивелирование токсичности). Методы аналитической химии не способны выявить такие эффекты. Методы биотестирования также являются малозатратными и способны дать результат за небольшой промежуток времени [3].

В эксперименте в качестве тест-объекта взяты неповрежденные семена овса *Avena sativa* сорта Тогурчанин. Тест-параметры – длина корней проростков, всхожесть семян (%). С помощью фитотестирования оценивался эффект водной вытяжки отхода на прорастание семян и дальнейший рост проростков. Тест-объект был помещен в чашки Петри с бумагой для фильтрования, куда были внесены разведения водного экстракта отхода.

Фитоэффект определяется по формуле

$$Et = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \cdot 100\%$$

где L_k – средняя длина корней контрольных семян, $L_{оп}$ – средняя длина корней опытных семян [2].

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Результаты эксперимента по определению фитотоксичности отхода

Разведение экстракта отхода	1:1	1:2	1:5	1:10	1:50
Фитотоксический эффект, %	14,5	12,69	-7,89	-25,83	-8,25

Фитотоксическое действие является доказанным, если фитоэффект (он же эффект торможения) составляет 20 % и более. Угнетение роста зафиксировано в разведении 1:1 (22,45 %). Остальные же разведения не оказывают фитотоксического эффекта, большинство из них, наоборот, стимулирует рост растения, о чем свидетельствуют отрицательные значения фитоэффекта (1:5 – 7,89; 1:10 – 22,79; 1:50 – 7,84). Угнетения всхожести семян также не наблюдается.

Вывод: в состав отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината входят различные биогенные элементы, которые в определенной концентрации оказывают стимулирующее действие на рост корневой системы овса. Таким образом, отход пригоден для рекультивации нарушенных земель.

Литература

1. Азарова С.В. [и др.] Воздействие отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината на почвенный покров // Горный журнал. – 2019. – № 7. – С. 100–104.
2. Коннова Ю.А. Оценка фитотоксичности отходов горнодобывающих и нефтедобывающих предприятий // Проблемы геологии и освоения недр: Сборник научных трудов XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева и профессора К.В. Радугина. – Томск, 2019. – С. 586–588
3. Тишин А. С., Тишина Ю. Р. Методы и способы фитотестирования почв: обзор // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 11-2 (113). – С. 93–98.

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОРТОВЫХ ТЕРМИНАЛАХ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Варламова А.А.

Научный руководитель доцент Д.О. Нагорнов

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Россия

В современном мире, нефть и нефтепродукты играют ключевую роль в мировой энергетике, предоставляя основной источник топлива для различных секторов промышленности и обеспечивая жизненно важные производственные процессы [5]. Индустрия транспортировки и хранения нефти является очень сложной системой. Нефть транспортируется разными способами, но наибольшими по объёму транспортировки являются морской и трубопроводный [8].

Введенные в отношении России санкции со стороны США и стран Западной Европы ставят перед российскими компаниями, занимающимися экспортом нефти, нефтепродуктов и сжиженного природного газа, задачи по развитию новых путей и способов транспортировки сырья или совершенствования уже имеющихся логистических центров перевалки [4].

В существующих условиях единственным технически реализуемым и экономически возможным способом транспортировки сырой нефти и нефтепродуктов по морским путям является транспортировка с использованием морского транспорта, поэтому основная нагрузка ложится на инфраструктуру портов в регионах нашей страны, а именно на Балтийский, Азово-Черноморский, Каспийский Дальневосточный бассейны.

За последние три года объем нефти и нефтепродуктов, перевозимых на танкерах, в море значительно вырос по сравнению с 2020 годом, это объясняется тем, что существенно сокращаются поставки нефти по трубопроводу «Дружба», который до этого обеспечивал потребности европейских потребителей [3].

Процесс транспортировки нефти и газа влечет за собой ряд последствий, наносящих вред окружающей среде. В связи с увеличением нагрузки на инфраструктуру портов обостряются существующие и выявляются новые экологические проблемы [7]. Одной из них является выбросы в атмосферу летучих органических соединений при погрузке нефти. Если в последнее время сделано достаточно много для решения проблем с влиянием нефтяной промышленности на поверхностные и подземные воды, то проблема испарения летучих органических соединений остается нерешенной [6].

В настоящее время известны такие способы борьбы с выбросами летучих органических соединений при процессах перегрузки нефти, как сброс газовой смеси (далее ГВС) на свечу рассеивания, применение факельных установок, а также использование установок по рекуперации паров нефтепродуктов (далее УРП). В нашей стране чаще применяется сброс ГВС на свечу и на факел, хотя подобные способы утилизации вызывают загрязнение атмосферного воздуха. Известен тот факт, что горение факелов в течение многих лет приводит к формированию специфического биоценоза в радиусе двадцати км от места горения, а также опосредовано к повышению уровня заболеваемости среди животных и людей [7].

Применение УРП способствует сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также позволяет минимизировать потери товарного продукта при транспортировке. В порту Высоцк (Ленинградская область) была сдана в промышленную эксплуатацию первая на северо-западе опытная установка по улавливанию паров нефти при загрузке танкеров. На данный момент только два порта Балтийского бассейна оснащены установками рекуперации. Другие терминалы оборудованы либо свечами рассеивания, либо факельными установками [8].

Работа УРП основана на таких физических принципах, как абсорбция, адсорбция, конденсация. На нефтеналивных терминалах чаще применяют системы рекуперации паров углеводородов основанные на процессе адсорбции. Суть процесса состоит в извлечении углеводородов из ГВС, выделяющихся при наливке, за счёт контакта с твердым веществом, которое должно обладать высокой селективно поглощающей способностью. Наиболее часто для поглощения паров нефти или нефтепродуктов выбирают полимерные вещества и активированный уголь [6].

Процесс улавливания паров нефти во время налива в общем виде можно представить следующим образом. При заполнении танков судна нефтью вытесняемые пары поступают в адсорберы, заполненные активированным углем, за счёт высокой поглощающей способности он задерживает их на своей поверхности, затем запускается обратный процесс. Поток воздуха выносится из ёмкости за счёт работы вакуумных насосов, при этом пары нефти высвобождаются из пор угля и попадают в адсорбер, где и растворяются в жидком углеводороде, а очищенный от паров нефти воздух уходит в атмосферу [1].

Принцип работы УРП следующий. Пары углеводородов в составе ГВС через фильтр 5 поступают в адсорберы, обозначенные позициями 2 и 3. Начинается процесс по адсорбированию паров нефти на активированном угле, после этого очищенная ГВС подаётся на свечу рассеивания. Как только произошло насыщение активированного угля, адсорбер переключается в режим регенерации, и в процесс запускается второй адсорбер, находившийся на регенерации. Вакуум-насос 4 обеспечивает регенерацию активированного угля, за счёт подачи десорбированные углеводороды в адсорбционную колонну 1, там в противотоке они поглощаются абсорбентом (обычно той же жидкостью, пары которой улавливаются) [1].

Принципиальная схема адсорбционной УРП приведена на рисунке.

Сырьем для установки рекуперации паров является паровоздушная смесь легкой и тяжелой нефти с давлением насыщенных паров в диапазоне от 10,1 кПа (75,6 мм рт. ст) до 98 кПа (735,1 мм рт. ст), отсутствием воды, механических примесей, поступающая из танкера в процессе налива [2].

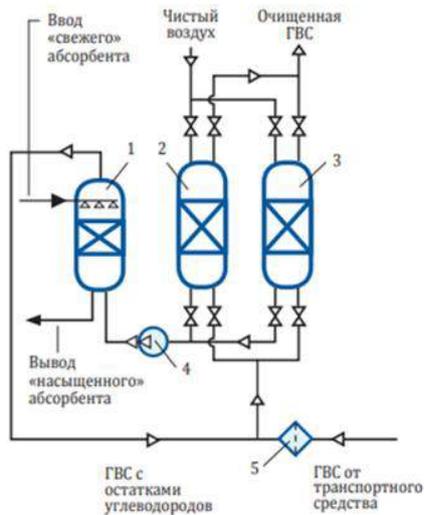


Рис. Схема адсорбционной УРП

1 – абсорбер; 2, 3 – адсорберы; 4 – блок вакуум-насосов; 5 – фильтр для сероочистки

При стремительном росте объема налива и перевозок нефти, а также развитию нефтеналивных терминалов экологические проблемы, связанные с выбросом в атмосферу загрязняющих веществ, усугубляются. Оборудование портовых терминалов установками рекуперации паров нефтепродуктов позволит не только снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, но и значительно сократить потери продукта. Адсорбционная УРП является универсальной для объектов нефтяной отрасли, благодаря высокой пропускной способности и степени очистки, независимости от погодных условий и непрерывности процесса очистки ГВС.

Наряду с достоинствами на сегодняшний день установки рекуперации паров нефтепродуктов обладают и недостатками, основными из которых являются:

- высокие капитальные затраты на их сооружение;
- существенные эксплуатационные затраты, связанные с заменой поглотителя;
- отсутствие типовых конструкций на отечественном рынке.

Поэтому исследования, проводимые в области проектирования установок рекуперации паров нефтепродуктов и оценки их эффективности, имеют существенное значение для экологии и экономики нашей страны [6].

Работа выполнена в рамках государственного задания Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II (шифр № FSRRW-2023-0002)

Литература

1. Архипова О.В., Иванова А.В., Безбородов Ю.Н. Методы и установки по рекуперации углеводородных паров при сливо-наливных операциях на нефтебазах и АЗС [Текст] / О.В. Архипова, А.В. Иванова, Ю.Н. Безбородов // X Всероссийская конференция «Молодежь и наука». - 2014.
2. Давыдова С.Л. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде [Текст] / С.Л. Давыдова // РУДН. - М., 2004. – С. 160–163.
3. Кузнецов А. Морские порты России: X издание справочника [Текст] / А. Кузнецов // Издательский дом Магистраль. – М., 2023. – С. 508.
4. Мастепанов А. Нефтяные рынки в годы великих трансформаций [Текст] / А. Мастепанов // Энергетическая политика. – М., 2023. - С. 18-32.
5. Овинникова К. Современное состояние нефтегазового комплекса России и его проблемы [Текст] / К. Овинникова // Известия Томского политехнического университета. – Томск, – 2013. – № 6. – С. 47-50.
6. Пшенин В.В. Повышение эффективности систем улавливания паров нефти при товарно-транспортных операциях на нефтеналивных терминалах [Текст] / В.В. Пшенин // Записки Горного института. – СПб, – 2023.
7. Тульская С.Г. Основные аспекты экологических проблем нефтегазовой отрасли [Текст] / С.Г. Тульская // Нефтяная столица: Четвертый Международный молодежный научно-практический форум «Нефтяная столица». – Ханты-Мансийск, 2021.
8. Golyzhnikova D. Yu. Logical aspects of oil and oil products transportation in the Russian transport system: current situation and prospects / D.Yu. Golyzhnikova // Problems of economics and management of oil and gas complex. – 2019.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ХРОНОЛОГИИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ РЕКИ ЕНИСЕЙ

Вахрушев В.И.^{1,2}

Научный руководитель заведующий лабораторией А.Я. Болсуновский¹

¹ Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия

² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Актуальной экологической проблемой является масштабное загрязнение реки Енисей. По результатам многолетних исследований поймы реки установлено [3], что основными источниками техногенных радионуклидов, обнаруженных в донных отложениях поймы на значительном расстоянии по течению реки, являются водные сбросы Горно-химического комбината Росатома и аэрозольные глобальные выпадения. По данным [3], в донные отложения реки Енисей ниже по течению зоны сбросов комбината поступал обширный перечень техногенных радионуклидов: изотопы европия, цезия, ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr и трансурановые элементы. Максимумы содержания ¹³⁷Cs регистрируются в вертикальном распределении техногенных радионуклидов в слоях кернов донных отложений по всей глубине. Обнаруженные максимумы могут быть обусловлены следствием переноса взвешенных частиц с радионуклидами, поступившими со сбросами комбината. Во время крупных паводков на р. Енисей, которые привели к затоплению

поймы реки [1, 3], перенесённая на большие расстояния взвесь сформировала радиоактивные донные отложения. Для полученных максимумов ^{137}Cs в донных отложениях требуется установить период их образования. Хронология поступления ^{137}Cs в донные отложения реки определяется по результатам расчёта скоростей осадконакопления. В зависимости от условий исследования применяются методы датирования донных отложений по природному неравновесному ^{210}Pb и по отношениям техногенных радионуклидов. Благодаря уникальному перечню техногенных радионуклидов в р. Енисей для расчёта скоростей осадконакопления нами впервые может быть использован комплекс методов на основе ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu . Поэтому целью настоящей работы является комплексное применение радиоизотопных методов на основе неравновесного ^{210}Pb и по отношениям техногенных радионуклидов для построения хронологии поступления ^{137}Cs в донные отложения р. Енисей.

Район отбора состоит из контрольного района, в который входят участки вблизи г. Красноярск и сёл Есаулово и Шивера, а также вблизи села Балчуг в 15-км зоне ниже по течению реки Енисей от Горно-химического комбината. Район отбора кернов донных отложений характеризуется пологой береговой линией с пойменными заводами. При отборе проб использовались цилиндрические стальные пробоотборники с лепестковыми затворами.

Керны донных отложений делились на слои по 2-4 см и анализировались на содержание техногенных радионуклидов ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu и природного ^{210}Pb на γ -спектрометре фирмы «Canberra» (США). Используя данные вертикальных распределений ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{154}Eu в донных отложениях р. Енисей нами рассчитаны скорости осадконакопления с помощью метода неравновесного ^{210}Pb и по отношениям радионуклидов ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$, $^{152}\text{Eu}/^{154}\text{Eu}$). Также в отдельных случаях применялся реперный метод на основе маркеров ^{60}Co и ^{137}Cs событий с известной датой. Примеры расчёта скоростей осадконакопления (V , см/год) приведены на рисунке 1. Рассчитанные методом неравновесного ^{210}Pb скорости осадконакопления для контрольного района были на уровне 0,5-1 см/год. Скорости, рассчитанные по отношению $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$, лежат в интервале 0,6-1,7 см/год, а по методу изотопного отношения $^{152}\text{Eu}/^{154}\text{Eu}$ – от 0,5 до 1,2 см/год. Скорости осадконакопления, полученные разными методами, для участка вблизи комбината (с. Балчуг) имеют диапазон 0,5-1,5 см/год, что пересекается с диапазоном скоростей, полученным для контрольного района 0,5-1 см/год.

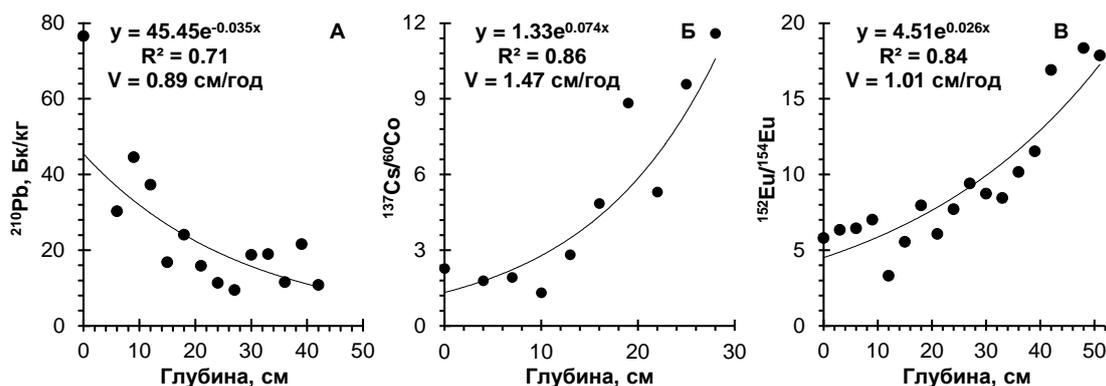


Рис. 1. Примеры расчёта скорости осадконакопления разными радиоизотопными методами: А) неравновесный ^{210}Pb ; Б) $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$; В) $^{152}\text{Eu}/^{154}\text{Eu}$

В зоне радиоактивного влияния комбината в кернах донных отложений нами обнаружены слои аномального содержания техногенных радионуклидов. Самыми высокоактивными являются слои с содержанием ^{137}Cs до 25 кБк/кг. Накопление высокорadioактивного осадка с участков вблизи комбината могло произойти в период экстремального паводка на р. Енисей в 1966 году. Слои донных отложений с аномальными максимумами ^{137}Cs могут служить реперными маркерами даты паводка 1966 года при определённых условиях [1]. К таким условиям относятся: схожие отношения радионуклидов ($^{137}\text{Cs}/^{152}\text{Eu}$ и $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) в пробах аномальных слоёв разных участков по течению реки от комбината; слои максимального содержания ^{137}Cs в кернах локализованы по глубине залегания вблизи слоёв фонового содержания ^{137}Cs .

После крупного паводка 2006 года на р. Енисей на ближнем участке вблизи села Балчуг нами обнаружены керны донных отложений с максимумами удельной активности ^{60}Co в верхних слоях. Поэтому помимо реперного маркера ^{137}Cs (1966 г.), в нашей работе применяется радионуклид ^{60}Co в качестве реперного маркера даты паводка 2006 года. Скорость осадконакопления, полученная методом маркера ^{60}Co (2006 г.), имела диапазон 0,4-0,9 см/год, а по методу маркера ^{137}Cs (1966 г.) диапазон составил 0,9-1,5 см/год. Диапазоны скоростей осадконакопления, рассчитанные для контрольного района и ближнего от комбината участка вблизи села Балчуг методами отношений радионуклидов и неравновесного ^{210}Pb перекрываются с диапазонами скоростей, полученных методами реперных маркеров ^{137}Cs (1966 г.) и ^{60}Co (2006 г.). В некоторых случаях для одного керна рассчитывали скорости осадконакопления методами неравновесного ^{210}Pb и отношения $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$.

Используя полученные скорости осадконакопления, можно определить хронологию поступления ^{137}Cs в донные отложения р. Енисей. В качестве примера на рисунке 2 приведена хронология поступления ^{137}Cs в донные отложения, отобранные в период с 2020 по 2022 г. на разных участках вблизи села Балчуг. Датировка логично демонстрирует, что максимумы ^{137}Cs с активностями 2200 Бк/кг (рис. 2А) и 2300 Бк/кг (рис. 2Б) в нижних слоях разных кернов действительно сформированы в паводковые периоды 1966 и 1988 г., соответственно. В отдельных

кернах также присутствовали максимумы ^{137}Cs , которые не относятся к известным паводкам и требуют дополнительного анализа. В исследуемых кернах донных отложений на разных участках вблизи села Балчуг помимо максимумов ^{137}Cs нами обнаружены максимумы ^{60}Co . Датировка слоёв донных отложений с максимумами ^{60}Co в верхней части керна показала, что они сформированы в период крупного паводка 2006 г. [2].

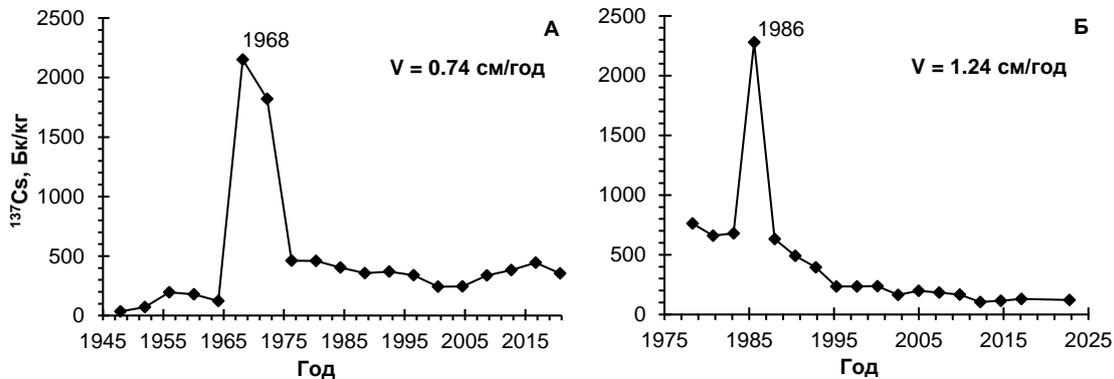


Рис. 2. Примеры хронологии поступления ^{137}Cs в донные отложения разных участков вблизи села Балчуг, относящиеся к паводку 1966 года (А) и паводку 1988 года (Б)

В результате работы нами впервые применён комплекс радиоизотопных методов датирования донных отложений р. Енисей на основе неравновесного ^{210}Pb , отношений техногенных радионуклидов $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$, $^{152}\text{Eu}/^{154}\text{Eu}$ и радионуклидов ^{137}Cs , ^{60}Co в качестве реперных маркеров. Скорости осадконакопления, полученные разными методами, пересекались и имели скорости в диапазоне от 0,4 до 1,7 см/год. Датировка слоёв донных отложений р. Енисей позволила нам установить принадлежность максимумов ^{137}Cs и ^{60}Co к крупным паводкам 1966, 1988 и 2006 гг. Комплексное использование радиоизотопных методов для хронологии поступления ^{137}Cs в донные отложения реки Енисей позволит ретроспективно оценить масштаб радиоактивного загрязнения реки в разные периоды времени и прогнозировать в будущем возможный перенос донных отложений по течению реки после новых экстремальных паводков.

Литература

1. Болсуновский А.Я. Масштабный перенос техногенных радионуклидов по течению реки Енисей во время экстремального паводка 1966 г. / Болсуновский А.Я., Дементьев Д.В., Вахрушев В.И. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2021. – Т. 498. – № 2. – С. 189-194.
2. Вахрушев В.И., Болсуновский А.Я., Дементьев Д.В. Использование радиоизотопных методов для хронологии поступления Cs в донные отложения реки Енисей // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2023. – Т. 33. – № 2. – С. 178–190.
3. Сухоруков, Ф.В., Дегерменджи А.Г., Белопицкий В.М. и др. Закономерности распределения и миграции радионуклидов в долине реки Енисей. Новосибирск: Изд-во СО РАН; Новосибирск: Гео, 2004. – 287 с.

АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ОТВАЛА ЛЁВИХИНСКОГО РУДНИКА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Галин А.Н.

Научный руководитель главный научный сотрудник Л.С. Рыбникова
Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук,
г. Екатеринбург, Россия

В процессе горной добычи образуются различные технические минеральные образования, которые являются результатом деятельности человека: отвалы вскрышных пород, забалансовые руды и т. д. В силу своего химического состава медноколчеданные месторождения являются объектами, негативное воздействие которых на состояние окружающей среды наиболее заметно.

Лёвихинское месторождение в Свердловской области стало основным источником экологических проблем в регионе. Ещё в 1927 году на этой площадке начали складировать пустые породы, окисленные и забалансовые сульфидные руды, что привело к серьёзным последствиям для окружающей среды.

Комплекс месторождений «Лёвихинская» расположен в западной части Щучинско-Тагильского палеовулканического пояса, расположенного на территории Среднего Урала. Рудоносные вулканы – это базальтовые известняковые формы, такие как Оз-С1. Рудоносный слой сформировался из-за незначительного вулканического воздействия [1].

Критерии обнаружения рудных тел обычно оставались одинаковыми. Линзовидные месторождения твердых и вкрапленных руд, а также связанные с ними метасоматиты обнаруживались в областях высокой

фациальной изменчивости пород. Кроме того, метасоматиты подвергались сдвигу и трансформации в кварц-серицитовые и серицит-кварцевые сланцы [1].

Рудосодержащие породы представлены слоистыми вулканогенно-осадочными и осадочными породами. Из четырех горизонтов большинство месторождений тесно связано с тремя. Деятельность вулканов на этих горизонтах фиксируется с перерывами. На уровне этих горизонтов, либо несколько ниже расположены рудные тела. Все это свидетельствует о том, что Лёвихинское месторождение имеет многоярусное строение и тесно связано с процессами, влекущими за собой формирование рудовмещающих пород и последующей деформацией [1].

В состав отвала Лёвихинского рудника на момент окончания его эксплуатации входили рудные (диабазы (5 %), альбитофиры (10 %), порфириты (10 %), кварц-серицитовые и кварц-хлоритовые сланцы (75 %)) и породообразующие (плагноклаз, альбит, хлорит, серицит и кварц) минералы [2, 3].

12 проб отвальной породы были отобраны для детального анализа состава пород Лёвихинского рудника в настоящее время. Опробование выполнялось в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84.

Среднее содержание минералов в материале проб: кварц – 36 %, глинистые минералы – 32 %, полевые шпаты – 9 %, пирит – 7 %, кальцит и бассанит – по 5 %, остальные 6 % представлены гипсом, сильвинном и карналлитом (рис. 1).

Псевдоморфозы различного древесного состава и охристые образования являются основными среди техногенных компонентов, выделенных из рыхлого материала отвала. Морфологически псевдоморфозы в древесине представлены пластинчатыми или игольчатыми фрагментами с четко выраженной волокнистой структурой (рис. 2).

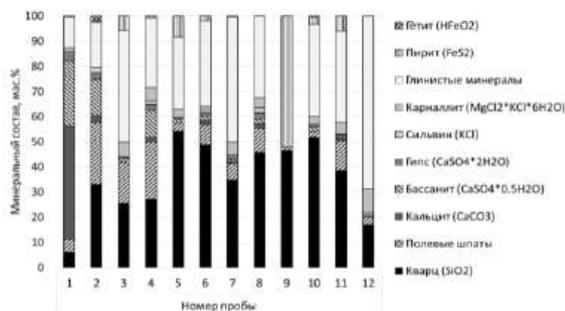


Рис. 1. Минеральный состав проб отвала Лёвихинского рудника, мас. %

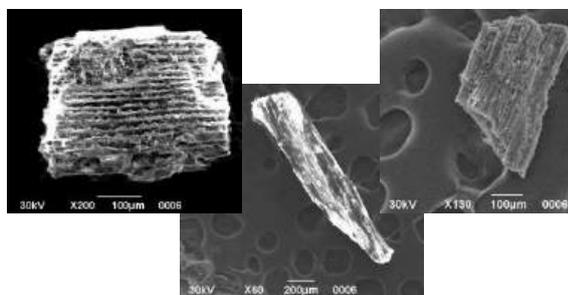


Рис. 2. Псевдоморфозы по древесине

Их химический состав достаточно однороден, он представлен сочетанием алюмосиликатных и сульфидных веществ в разных пропорциях, но обычно с преобладанием сульфида. Постоянное присутствие фосфора характерно как показатель преимущественно древесного происхождения обломков. Из металлических загрязняющих элементов наиболее распространены медь, цинк и свинец. Составным компонентом является также углерод, который был приблизительно оценен с учетом полученной суммы других компонентов.

Характерными компонентами отвала являются богатая железом охра и охристо-глиноземные новообразования (рис. 3). Они также содержат фосфор и серу. К металлическим примесям относятся медь, мышьяк и сурьма.

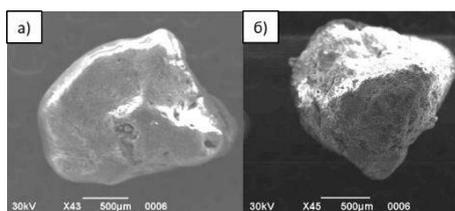


Рис. 3. Охра (а) и охристые образования (б)

Сульфиды широко распространены в отвале и представлены преимущественно монокристаллами, а также агрегатами мелких кристаллов пирита (рис. 4). Их химический состав имеет значительные отклонения от стехиометрии по соотношению серы и железа. Обычно в нем меньше серы и больше железа. Причиной может быть окисление части железа и появление на поверхности гидроксидов железа.

Пирротин встречается в меньших количествах (рис. 4). Увеличивается количество примесных элементов в его составе (медь, цинк, свинец, селен).

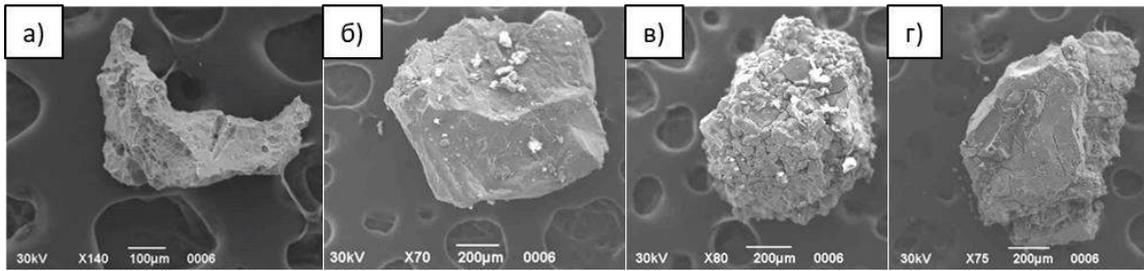


Рис. 4. Зерно пирротина (а), кристалл пирита (б), агрегат микрокристаллов (в), сросток кристаллов пирита (г)

Деградация плодородных почв, накопление пыли и аэротехническое загрязнение, а также загрязнение водных объектов подотвальными стоками – основные экологические проблемы, вызванные деятельностью медноколчеданных месторождений. Минералы, содержащиеся в породе отвала, выщелачиваются в течении всего времени существования отвала, что приводит к тому, что все водные объекты, подверженные кислой подотвальной водой, становятся сильно загрязнёнными.

Подотвальные воды Лёвихинского рудника характеризуются высокой кислотностью (рН до 1,92) и минерализацией (от 13 до 52 г/л). К тому же они представляют собой сульфатно-магний-алюминиево-железный тип воды. По отношению к установленным нормативам предельно допустимых концентраций воды рыбохозяйственного назначения с повышенным содержанием меди (до 332200 мг/кг), цинка (до 30370 мг/кг), марганца (до 13460 мг/кг) и кобальта (до 260 мг/кг).

Отвалы Лёвихинского рудного поля существуют уже почти сто лет. Ежегодно с отвала в окружающую среду выносятся более тонны соединений таких химических элементов, как сера, железо, алюминий, медь, цинк и марганец. Чтобы предотвратить дальнейшее загрязнение окружающей среды, особенно гидросферы, необходима рекультивация поверхности отвала.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГД УрО РАН № 075-00412-22 ПР. Тема 2. Разработка геоинформационных технологий оценки защищенности горнопромышленных территорий и прогноза развития негативных процессов в недропользовании (FUWE-2022-0002), рег. № 1021062010532-7-1.5.1

Литература

1. Контарь Е. С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013.
2. Мормиль С.И., Сальников В.И., Амосов Л.А. и др.; под ред. Ю. А. Боровкова. Техногенные месторождения Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. – Екатеринбург: НИА-Природа, ДПР по Уральскому региону, ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ, 2002. – 206 с.
3. Рыбникова Л. С. Закономерности формирования качества подземных вод на отработанных медноколчеданных рудниках Лёвихинского рудного поля (Средний Урал, Россия) [Текст] / Л.С. Рыбникова, П.А. Рыбников // Геохимия. – 2019. – Т. 64. – № 3. – С. 282-299.

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ МЫРГЭНШЕНО

Гарипова Е.Р.

Научный руководитель заведующий лабораторией А.М. Плюснин
 Геологический институт им. Н.Л. Дobreцова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

По данным анализа результатов многолетнего наблюдения за состоянием водных объектов установлено, что в отдельных малых реках Российской Федерации сохраняется высокий уровень загрязненности воды [1]. Значительно ухудшилось состояние поверхностных вод в горнорудных районах.

При разработке месторождений формируются природно-техногенные системы, которые включают в себя территории обогатительных фабрик, карьеры, разведочные штольни, хвостохранилища и отвалы добычи, которые можно отнести к основному источнику поступления тяжелых металлов в поверхностные воды. Загрязнение поверхностных вод тяжелыми металлами и токсичными элементами является актуальной проблемой.

Настоящая работа направлена на выявление влияния отходов добычи Джидинского вольфрамо-молибденового комбината на состояние поверхностных вод реки Мыргэншено.

Река Мыргэншено является правым притоком реки Джиды. Длина ее водотока составляет 16 км. Ширина ее поймы в интервале 2,3-12,5 км от устья реки колеблется от 350 до 500 м, а в интервале 12,5-16,0 км сужается до 80–100 м. Основные крупные притоки р. Мыргэншено – ручьи Ивановский, Гуджирский, Доржейкин, Салева [2]. Площадь водосбора приходится на Джидинское вольфрамо-молибденовое месторождение. Оно отработывалось в период 1937-1997 гг., после его закрытия остались десятки млн. тонн отходов. Отходы добычи складированы в приводораздельной части водосбора рек Мыргэншено и Модонкуль. Они представлены крупно глыбовым материалом с вкраплениями пирита, флюорита и других рудных минералов [3].

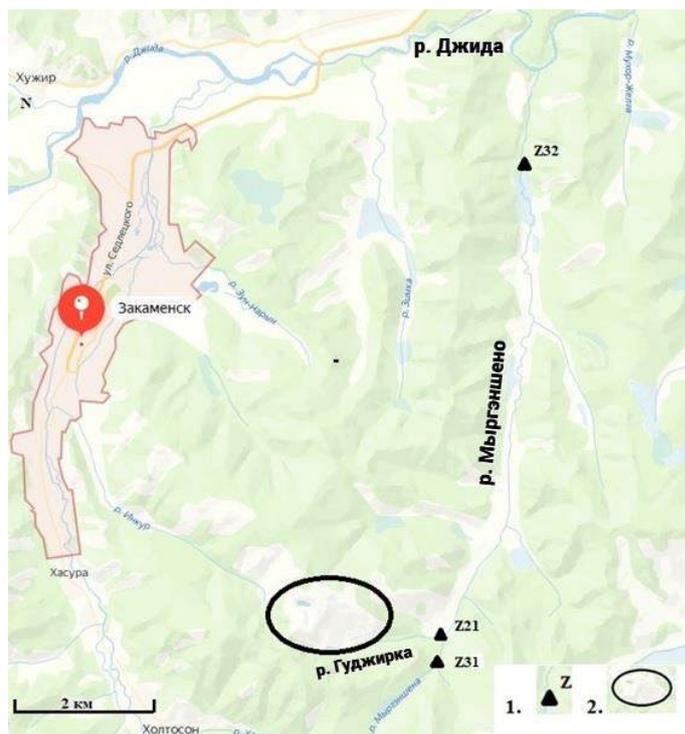


Рис. Карта схема отбора проб поверхностных вод реки Мыргэншено
Условные обозначения: 1 – места отбора проб воды, 2 – отходы добычи

Для выявления влияния отходов добычи на состояние поверхностных вод реки Мыргэншено нами произведен отбор пробы воды в трех точках: 1 – до впадения в ручей Гуджирка, фон (проба Z31); 2 – после слияния ручья Гуджирка с р. Мыргэншено (проба Z21); 3 – в двух км до впадения р. Мыргэншено в реку Джида (проба Z 32). Схема опробования приведена на рисунке.

Отбор проб воды проводился в августе 2023 года в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 [4].

В таблице 1 приведены значения макрокомпонентного состава поверхностных вод реки Мыргэншено.

Установлено, что фоновые воды р. Мыргэншено гидрокарбонатные кальциево-магниевые, минерализация составляет 288 мг/л. Вода имеет слабощелочную реакцию (рН – 7,87). Смена макрокомпонентного состава воды на сульфатно-магниевый увеличение минерализации (1440 мг/л) и снижение рН (4,84) наблюдается в пробе, отобранной после слияния с ручьем Гуджирка, так как поверхностные воды ручья, дренирующие отвалы добычи смешиваются с водами реки Мыргэншено. В поверхностных водах, отобранных в 2 км до впадения в реку Джида, установлено, что в анионном составе преобладают сульфаты, в катионном доминирует кальций. Значение рН составляет 7,87, устанавливается нейтральная реакция.

Таблица 1

Макрокомпонентный состав воды в реке Мыргэншено, мкг/л

Точки отбора проб	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃	Формула Курлова
Фон (Z31)	3,00	0,31	18,24	50,10	50,16	35,46	126,31	M _{0,288} HCO ₃ 50SO ₄ 26 Cl ₂₄ pH _{7,87} Ca60 Mg36
до впадения в р. Джида, (Z32)	14,13	1,33	36,48	65,73	247,00	35,46	48,81	M _{0,460} SO ₄ 74 Cl ₁₁₄ HCO ₃ 12 pH _{6,38} Ca47 Mg43
после слияния с р. Гуджиркой (Z21)	11,15	1,6	206,72	111,22	995,07	63,82	30,51	M _{1,44} SO ₄ 90 Cl 8 pH _{4,84} Mg73 Ca25

В таблице 2 представлены значения концентраций токсичных элементов, содержащихся в отобранных пробах воды.

Таблица 2

Содержание токсичных элементов в поверхностных водах, мкг/л

	Be	Al	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Tl	Pb
П.О.	0,001	0,4	0,02	1,00	0,001	0,3	0,03	0,1	0,0007	0,02	0,0003	0,002
Байкал	0,0014	4,6	0,118	4,7	0,05	0,9	1,32	16,7	0,003	0,06	0,001	0,078
ПДК [5]	0,3	40	10	100	10	10	1,0	10	5	0,01	-	6
Фон Z31	0,007	13,2	10,3	50	0,2	1,8	3	4,3	0,042	0,11	0,0025	1,14
Проба Z32	24	18600	2000	34	98	74	680	1620	38	0,14	0,047	1,41
Проба Z21	129	230000	13000	1240	680	370	11100	10300	230	0,29	0,32	6,5

Примечание: П.О. – предел обнаружения, Байкал – содержание элементов в стандарте Байкальской воды

В пробе Z21, отобранной после слияния с руч. Гуджирка, концентрации токсичных элементов превышают предельно допустимые нормы для вод рыбохозяйственного значения от 1000 до 1300 раз по марганцу, меди и цинку, в 430 раз по бериллию, в 29 раз по ртути.

В пробе Z32 до впадения в реку Джиди наблюдается снижение концентраций токсичных элементов за счет разбавления подземными водами. Вместе с тем их содержания превышают предельно допустимые нормы для вод рыбохозяйственного значения от 200 до 600 раз по марганцу, меди и цинку, в 80 раз по бериллию, в 14 раз по ртути. В исследуемых пробах обнаружен таллий с превышением фоновой концентрации в 18 и 128 раз.

В отобранных пробах поверхностных вод в реке Мыргэншено после слияния с ручьем Гуджирка и далее по течению до ее впадения в реку Джиди выявлены высокие содержания токсичных элементов. В составе воды обнаружены микроэлементы, принадлежащие к группе рудных компонентов и примесей Джидинского месторождения. Это связано с тем, что поверхностные воды подвержены техногенным процессам, протекающих в зоне хранения отходов добычи. При окислительном разложении пирита образуется серная кислота. В поровых водах устанавливается кислая среда, и они начинают активно взаимодействовать с породообразующими минералами. В кислой среде миграционная способность тяжелых металлов увеличивается [3].

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что река Мыргэншено подвержена влиянию отходов добычи. Это проявляется в изменении химического состава, где происходит формирование высокоминерализованных вод сульфатного состава, установление кислой реакции среды и высокие концентрации токсичных элементов, относящихся к первой и второй группе токсичности, таких как таллий, бериллий, ртуть, свинец.

Работа выполнена в рамках проекта ААА-А21-121011890033-1. Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока, частично с использованием средств проекта РНФ-313

Литература

1. Воронина Ю. С. Влияние отходов горнодобывающей промышленности на окружающую среду [текст] / Ю. С. Воронина // Безопасность – 2021: Всероссийская научно-практическая конференция, Чита, 12 – 13 мая 2021 года. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2021. – С. 38-41.
2. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [текст]: Приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 № 552.
3. Сайт Бизнес портал NedraDV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nedradv.ru/nedradv/ru/>.
4. Трофимчук М.М. Качество поверхностных вод Российской Федерации // Ежегодник 2022. – Ростов-на-Дону, 2023. – С. 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gidrohim.com/>
5. ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб [текст]. Дата введения 2022-06-01. Введен 01.06.2022 г. – М.: Российский институт стандартизации, – 2022. – 70 с.

СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОБМЕЛЕВШЕГО ПРУДА В САРАТОВЕ Герасимов О.А.

Научный руководитель доцент А.С. Шешнёв

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия

Донные осадки искусственных водных объектов (прудов) на территории города Саратова практически не исследованы, хотя служат важным индикатором состояния использующихся в разных целях водоемов. Исследование посвящено анализу содержания выделяемых в качестве приоритетных при литогеохимических съемках территории Саратова четырех тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Pb) в донных осадках пруда Сазоновский, расположенного на территории Заводского района Саратова.

Участки опробования донных осадков расположены равномерно по акватории пруда. Всего отобрано 10 проб и проведена батиметрическая съемка. Определение содержания кислоторастворимых форм металлов (вытяжки 1Н раствором HNO₃) выполнено на спектрофотометре «Квант-2АТ» в лаборатории геоэкологии геологического факультета Саратовского государственного университета.

Пруд Сазоновский создан местными жителями не позже конца XIX века и в настоящее время окружен селитебной застройкой частного сектора. Пруд образован созданием грунтовой дамбы в русле Токмаковского оврага с временным водотоком. Имеет типичную форму долинного пруда: длина 160 м, ширина – до 45 м.

На участке на поверхность выходят верхнемеловые отложения сеноманского яруса, представленные мелкозернистыми песками. Разгрузка сеноманского водоносного горизонта родниками образует ручей в Токмаковском овраге, за счет которого осуществляется питание пруда. В летнее время расход воды в ручье резко уменьшается из-за падения дебита родников вплоть до полного пересыхания. Деградации ручья способствует засыпка верховьев оврага.

Пруд проточный, из него по железобетонным трубам осуществляется переток воды далее по Токмаковскому оврагу. Из пруда местными жителями производится забор воды для полива приусадебных участков. По сообщениям местных жителей, пруд заилился и обмелел в 1990-е – начале 2000-х годов. Судя по морфологии оврага на соседних участках, изначальная глубина пруда была до 3-5 м.

Батиметрическая съемка и отбор проб донных осадков выполнены в сентябре 2023 г. Максимальная установленная глубина пруда составляет лишь 0,5 м (рис.), что говорит о высокой скорости седиментации материала

в ложе водоема в течение нескольких десятилетий. Донные осадки во влажном состоянии серого цвета, с выдержанными черными прослойками.



Рис. Схема отбора проб донных осадков и результаты батиметрической съемки пруда

Высокая скорость осадконакопления и фактически полное заилиение пруда и связаны с группой факторов: 1) неотлаженной системой вывоза мусора и складированием отходов в русле оврага; 2) отсутствием управления эксплуатацией пруда и гидротехнических сооружений; 3) отсутствием мероприятий по благоустройству и дноуглублению пруда.

Поскольку отсутствуют федеральные и региональные для Саратовской области нормативы содержания загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов, для сравнения с обнаруженным содержанием металлов использованы данные о местном фоновом содержании кислоторастворимых форм металлов в почвах [1], в балочном аллювии [2] и содержание металлов в балочном аллювии в русле Токмаковского оврага выше пруда. Результаты определения содержания металлов в донных осадках приведены в таблице.

Таблица

Содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов в донных осадках пруда Сазоновский, мг/кг

№ проб	Cu	Pb	Zn	Ni
1	13,98	28,91	99,62	9,07
2	0,64	7,53	41,93	4,09
3	0,79	3,65	35,79	3,57
4	0,65	2,99	17,94	1,96
5	0,71	2,88	32,59	3,06
6	0,27	2,51	10,13	1,55
7	0,32	2,71	18,99	2,3
8	0,56	2,96	14,17	1,83
9	0,7	0,34	18,2	1,84
10	0,75	2,62	15,7	1,11
11	0,6	2,9	14,31	1,08
12	0,38	2,76	14,93	1,03
13	0,5	2,88	18,46	1,49
Среднее содержание в осадках пруда	1,6	5,05	27,14	2,61
Содержание в балочном аллювии до пруда	44,56	30,74	124,69	11,79
Фон почв г. Саратов [1]	12,05	8,8	34,2	15,2
Фон балочного аллювия г. Саратов [2]	3,4	2,87	10,97	7,84

В балочном аллювии, отобранном в русле временного водотока в Токмаковском овраге до впадения в пруд, содержание металлов значительно выше, чем в донных осадках искусственного водоема. Это связано с накоплением выносимых наносов из временных водотоков преимущественно в прибрежной части пруда, что отражается в повышенном содержании элементов на участках отбора проб № 1-3 и 5.

По сравнению с местным (для территории Саратова) фоновым содержанием металлов в балочном аллювии по большинству проб наблюдается близкое к фоновому содержание Pb, повышенное содержание Zn и пониженное – Ni и Cu. По сравнению с почвенным фоном для большинства проб характерно уменьшение содержания элементов. Среди всех образцов выделяется содержание элементов в пробах № 1-3 и 5, расположенных около устьев временных водотоков, где происходит седиментация поступающего с водосбора материала.

Общая закономерность распространения определенных в исследовании тяжелых металлов в донных осадках связана с их поступлением с водосбора по временным водотокам, что приводит к повышенному содержанию Ni, Zn и Pb в западной и северо-западной частях пруда. Среднее содержание Ni, Zn и Pb уменьшается от мелководья к наиболее глубоким участкам пруда; по Cu наблюдается обратная картина – повышенное среднее содержание характерно для наиболее глубоких участков пруда. По всем элементам аномально высоким содержанием выделяется проба № 1, расположенная у устья временного водотока в условиях мелководья, зарастающего водной растительностью.

Литература

1. Балашова С. П., Кононов В. А., Молоствовский Э. А. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах города Саратова и природоохранные решения – Саратов: Научная книга, 2001. – 56 с.
2. Шешнёв, А. С. Сезонные изменения содержания загрязняющих веществ в наносах овражно-балочных комплексов на территории Саратова [Текст] / А. С. Шешнёв, Д. С. Маджид // Метеорология и гидрология. – 2022. – № 9. – С. 108-113.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ГОРНОГО АЛТАЯ

Герасимова М.А.

Научный руководитель доцент Н.А. Осипова

Национально исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ртуть (Hg) является одним из загрязнителей окружающей среды, который заслуживает особого внимания благодаря высокой летучести, способности к миграции на большие расстояния, токсичности, стойкости и биоаккумуляции в различных средах [1].

Ртуть может довольно долго находиться в состоянии подвижного равновесия между поверхностной средой и атмосферой и поэтому присутствует в поверхностном слое почвы. Постоянное удаление антропогенной ртути из биологически активной части окружающей среды произойдет только после ее захоронения в минеральных почвах. В почвах ртуть накапливается, причем этот процесс определяется типом почв и формой, в которой элемент присутствует в почвенно-природных комплексах [2].

В настоящей работе содержание ртути определялось в пробах почв на территории Алтайского государственного биосферного заповедника. Изучение почв заповедных территорий дает неоценимую информацию и может служить источником данных по составу так называемых эталонных проб. Но при этом необходимо учесть и тот факт, что на территории Республики Алтай присутствуют ртутные аномалии. Даже находясь в отдалении от изучаемой территории, они могут оказывать влияние и на характеристики заповедной территории, опять-таки вследствие проявлений ртути, сопровождающихся формированием лито- и биогеохимических ореолов ее рассеяния. Также на Алтае много лет ртуть широко применялась для амальгирования и в других производственных процессах. Многолетняя отработка ртутного Акташского месторождения также может сказываться на содержании ртути в наземных экосистемах [3-4].

Таким образом, пробы почв были отобраны в береговой части Телецкого озера и в приустьевой части р. Чулышман, а также в верховьях Чулышмана, в районе пос. Язула, в количестве 51 штук, с восьми территорий Республики Алтай (п. Язула, р. Сумульта, кордоны на оз. Телецкое: Беле, Кокши, Чири, Карасу) маршрутным методом в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017, ГОСТ 17.4.4.02-2017 [5] летом 2021 г. коллективом ученых Тихоокеанского института геологии ДВО РАН, Дальневосточного геологического института ДВО РАН (г. Владивосток) – д.б.н. Паничев А.М., к.б.н. Середкин И.В., м.н.с. Попов Н.Ю. – и сотрудниками Томского политехнического университета (г. Томск) – д.б.н. Барановская Н.В., к.г.-м.н. Соктоев Б.Р.

Пробы были просушены при комнатной температуре, из общей массы были удалены крупные посторонние частички, просеяны с помощью сита до 1 мм фракции.

Определение ртути выполнено методом атомной абсорбции с помощью анализатора ртути «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+» путём восстановления связанной ртути из атомизатора в аналитическую кювету воздухом без предварительного озоления. В качестве стандарта использовали образец почвы СДПС-3 с содержанием ртути 290 мкг/кг.

Содержание ртути в пробах почв приведено в таблице. В порядке увеличения среднего содержания ртути в почве изученные территории образуют следующий ряд (мкг/кг): Чири (16,2±11,6), Беле (26,1±31,2), Кокши (31,4±8,4), Карасу (32,6±18,1), Язула (35,7±26,8), Сумульта (59,0±14,4).

Таблица

Содержание ртути в пробах почв горных территорий Республики Алтай, мкг/кг

Показатель	Территория					
	р. Сумульта	п. Язула	Кордоны			
			Чири	Карасу	Беле	Кокши
n	4	26	6	7	6	4
C макс – C мин	72,6 – 40,3	96,5 – 5,3	36,6 – 5,0	59,5 – 11,8	88,3 – 3,5	41,5 – 21
C ср.	59,0	35,7	16,2	32,6	26,1	31,4
C _{мед}	61,45	24,6	15,85	29,9	17	31,5
S	14,4	26,8	11,6	18,1	31,2	8,4
δ _m	7,2	4,2	4,8	12,7	6,8	5,3
V, %	24	75	72	55	120	27
X _{геом}	57,5	26,3	12,9	28,2	16,1	30,5

Примечание: n – объём выборки, C_{мин} – минимум, C_{макс} – максимум, C_{ср} – среднее арифметическое, C_{мед} – медиана, S – стандартное отклонение, δ_m – стандартная ошибка, V – коэффициент вариации, X_{геом} – среднее геометрическое

Распределение ртути в почвах долины р. Сумульта и кордона Кокши носит равномерный характер (коэффициенты вариации 24 и 27 %, соответственно). В группу с неравномерным характером распределения ртути в почвах вошли почвы кордонов Карасу (55 %), Чири (72 %) и п. Язула (75 %). При этом крайне неравномерное распределение (коэффициент вариации – 120 %) установлено для почв кордона Беле (таблица).

Содержание ртути меняется достаточно в широком диапазоне от 3,5 (кордон Беле) до 96,5 мкг/кг (поселок Язула) (рис). Сравнение с литературными данными показывает, что полученные значения в целом ниже среднего фоновое значения, но выше кларка ртути в почвах мира (10 мкг/кг) [7]. Действительно, согласно литературным данным [3-4, 6] фоновые содержания ртути в почвах Республики Алтай лежат в диапазоне 10-270 мкг/кг, при среднем значении – 110 мкг/кг, который принято считать региональным фоном. Минимальные содержания отмечены на уровне 5-10 мкг/кг.

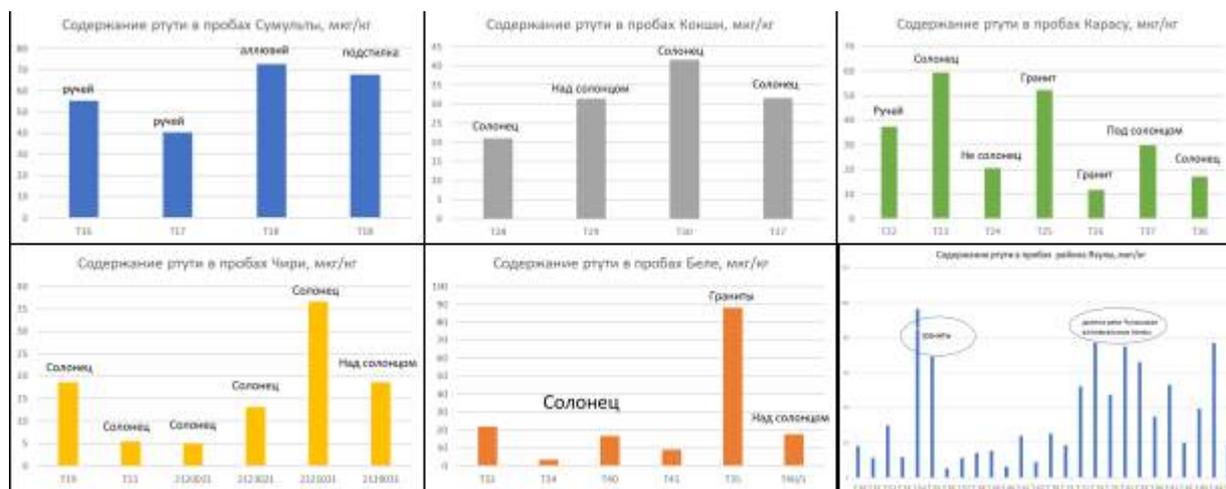


Рис. Содержание ртути в почвах изученных территорий

Поскольку пробы отбирались на разных высотах над уровнем моря и на территориях с различным ландшафтом, представляет интерес проследить некоторые закономерности в изменении содержания ртути. Удалось выявить зависимость содержания ртути в почвах от высоты над уровнем моря, типа ландшафта, типа почв. В почвах солончаков содержания ртути выше средних в 1,8 раза, возможно, потому что почвообразующими породами солончаков служат озерно-аллювиальные отложения, как правило, обогащенные микроэлементами, в том числе ртутью. Районом с максимальным содержанием ртути в грунтах и почвах является пойма реки Сумульта. Максимальное содержание ртути характерно для проб, отобранных в районах солонцов и гранитов, а также в аллювиальных почвах (рис.). На фоне повышенных содержаний ртути в почвах установлено увеличение накопление этого элемента некоторыми растениями. Соединения ртути, особенно органические, из растений легко усваиваются млекопитающими, что может влиять на элементный состав их организмов [8, 9].

Работа выполнена по гранту РНФ № 20-64-47021. Авторы также выражают благодарность директору Алтайского государственного биосферного заповедника Калмыкову И.В., директору дирекции ООПТ Республики Алтай Ойношеву А.П. за помощь в проведении экспедиционных работ.

Литература

1. Гордеева О.Н., Белоголова Г.А., Андрулайтис Л.Д. Биогеохимические особенности миграции ртути в системе «Почва - растение» Южного Прибайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Сер. «Биология. Экология». – 2012. – № 3.
2. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения – М. Госстандарт. – 1983.
3. Густайтис М.А., Мягкая И.Н. Особенности распределения ртути в волосах жителей поселка Акташ (Республика Алтай) // Почвы и окружающая среда. – 2022. – Том 5. – № 1. – е165.
4. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского ун-та. Сер. 5: «География». – 2015. – № 2.
5. Мешкинова С.С., Пузанов А. В., Мешков Н.А. Ртуть в черноземных и каштановых почвах долины Средней Катунь // Мир науки, культуры, образования. – 2007. – № 5. – Р. 70.
6. Ракитский В.Н., Сеницкая Т.А., Скупневский С.В. Современные проблемы загрязнения ртутью окружающей среды (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2020. – № 5.
7. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Пузанов А.В. Ртуть в компонентах природной среды Республики Алтай // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 3. – С. 158-167.
8. Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Юсупов Д.В., Ляпина Е.Е., Осипова Н.А. Формы нахождения и переноса ртути в компонентах экосистем Горного Алтая // Химия в интересах устойчивого развития. – 2018. – № 2. – С. 185–192.
9. Gworek B., Dmichowski W., Waczevska-Dąbrowska, A.H. Mercury in the terrestrial environment: a review // Environ Sci Eur 32. – 2020. – № 128.

СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ НА ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

Герберт С.А., Шеф А.С.

Научный руководитель преподаватель И.В. Федоренко
Томский политехнический техникум, г. Томск, Россия

Нефть и газ являются важнейшим топливно-энергетическим ресурсом. Для его получения необходим целый комплекс последовательных работ. Сначала находят месторождение, бурят скважины, создают инфраструктуру, добывают, подготавливают нефть и газ до товарных кондиций и только потом получают нефтепродукты в виде бензина, керосина, горюче-смазочных материалов. Все эти технологические процессы неразрывно связаны с воздействием на природные объекты, причем это взаимодействие не всегда безопасно для окружающей среды. Краткая характеристика такого взаимодействия представлена в таблице.

Таблица

Характеристика технологических процессов и их влияния на окружающую среду

Этап	Виды работ	Влияние на природные объекты
Поиски месторождений нефти и газа	Совокупность геологических исследований, геофизические методы поисков и разведки месторождений: сейсмическая разведка, гравиметрическая разведка	Использование взрывных работ для проходки геолого-разведочных канав вызывает ухудшение состояния биологической продукции почвы, возникновение полостей и природных отвалов, загрязнение подземных вод
Бурение скважин	Разрушение горных пород с выносом керна и шлама на поверхность; циркуляция буровых растворов в скважине; складирование шлама в шламовых амбарах, крепление скважины обсадными трубами, цементирование	Уплотнение и загрязнение почвенного слоя промывочными, тампонажными растворами и буровым шламом; внедрение углеводородных соединений в почву; использование химических реагентов высокого класса токсичности, большинство которых растворимы в воде, неконтролируемые выбросы природного газа, сероводорода в атмосферу, утечки и выбросы промывочной жидкости, бурового, тампонажного раствора, нефти
Обустройство месторождения	Строительство инфраструктуры месторождения; кустовых площадок; установок подготовки нефти, воды, газа; площадок хранения материалов и реагентов, оборудования	Механическое нарушение почвы, истребление растительности на больших территориях, изменение ландшафта, захламенение территории строительным мусором
Эксплуатация скважин	В результате добычи нефти и газа пластовое давление падает, что приводит к необходимости применять методы интенсификации притока (гидроразрыв пласта, очистка призабойной зоны с помощью соляной	Засорение водных источников и почв; изменение строения недр; тепловое загрязнение в связи с сжиганием попутного газа в факелах и работах в скважинах; истощение сырьевых ресурсов недр; утечки нефти в скважинах на поверхности вследствие неисправности оборудования,

	кислоты, вытеснение нефти под воздействием пара); утечки газа и нефти в системах добычи и сбора скважинной продукции	нарушения технологии работ, неконтролируемых выбросах [3]
Транспортировка сырой и товарной продукции	Движение скважинной продукции по трубопроводам; ввод реагентов для улучшения процесса сбора и транспортировки	Нарушение почвенного покрова в процессе разработки траншей для прокладки трубопроводов, загрязнение почв и воды при погрузочных-разгрузочных работах, высокая агрессивность перекачиваемой среды способствует аварийным ситуациям на трубопроводах

Все из перечисленных этапов оставляют за собой отходы различного класса опасности. Наиболее негативное воздействие на природные объекты оказывает бурение скважин, так как в результате образуется буровой шлам, содержащий обломки выбуренных пород и химические реагенты. Согласно опубликованным данным [1] по крупным нефтегазовым компаниям России образование бурового шлама в 2018 году составило более шестидесяти процентов от общего объема всех образованных отходов.

Буровой шлам содержит частицы диспергированной горной породы, грунта и бурового раствора, включает в свой состав различного рода эмульгаторы, соли и минеральные добавки. В буровых шламах наблюдается значительная степень содержания элементов I и II класса опасности (As, Cr, Cd, Pb, Hg), скопление которых во много раз превышает предельно допустимые концентрации в почве [2]. Присутствие углеводородов и потенциально токсичных элементов представляет угрозу, так как тяжелые металлы не подвергаются биологическим процессам распада и внедряются в окружающую среду. Буровой шлам при попадании в водные среды провоцирует местные изменения химико-биологических свойств экосистем; снижает прозрачность воды; ухудшает тепловой режим водной среды; увеличивает в воде содержания растворенных форм металлов; изменяет pH; соленость.

Для отходов бурения сооружаются специализированные земляные емкости – шламовые амбары, но они не гарантируют эффективного предотвращения загрязнения природной среды. В большинстве случаев в обращении с буровым шламом используется захоронение, которое сопровождается загрязнением грунтовых вод и почв.

В качестве решения проблемы переработки буровых отходов предлагается система разделения нефтешламов (OSS), разработанная промышленной группой «Генерация» [4]. Установка OSS представляет собой комбинированную техническую систему, в которой в бескислородной среде перегретый пар расщепляет нефтяные шламы на несколько компонентов, отделяя углеводороды, воду и механические примеси (твёрдый остаток). Сверхзвуковая скорость (2300 км/ч) и высокая температура (более 500 °С) вводимого пара воспроизводит ударные волны, которые мгновенно дробят буровой шлам. В результате нефть и вода отделяется от твёрдых остатков (рис.).

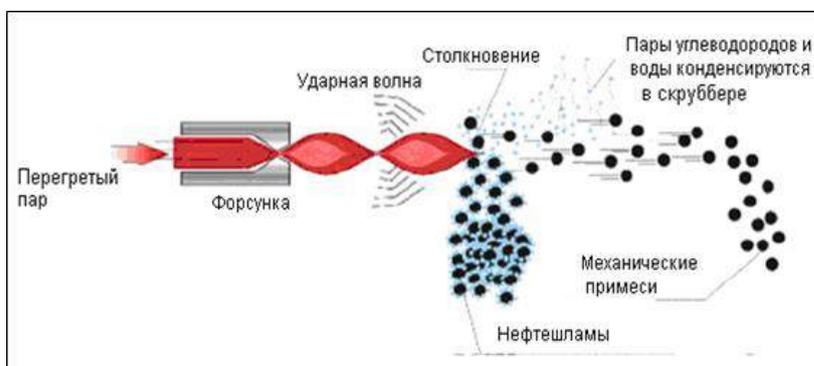


Рис. Термодесорбция буровых отходов

Преимущества технологии: экологическая безопасность; максимальное извлечение нефтепродукта из нефтешламов; снижение объема отходов; извлечённые нефть и нефтепродукты не содержат тяжёлых металлов и очищены на 80 % от серосодержащих соединений; технологическая простота конструкции и высокая ремонтпригодность.

Заключение. Влияние буровых шламов является актуальной экологической проблемой, требующая комплексного и профессионального подхода. Необходимо строго соблюдать экологические нормы и стандарты при проектировании и обустройстве месторождений. В настоящее время важна разработка и внедрение инновационных технологий для снижения негативного воздействия на окружающую среду. Только так можно обеспечить дальнейшее развитие нефтегазовой отрасли и сохранение экологического порядка для будущих поколений.

Литература

1. Власов, А. С. Геоэкологическое обоснование использования бурового шлама в производстве асфальтобетона. [Текст] / А. С. Власов // Геоэкология – П., 2022. – С. 1-7, 15.

2. Климова, А.А. Минералого-химическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов Томской области. [Текст] / А. А. Климова, Е. Г. Языков, И. Р. Шайхиев // Инжиниринг георесурсов – 2020. – Т. 331. - № 2. – С. 2–7.
3. Шевелева, А. В. Комплексный стратегический подход к анализу негативного воздействия на окружающую среду предприятий нефтегазового комплекса. [Текст] / А. В. Шевелева // Управление внешнеэкономической деятельностью. – М., 2013. – С. 3-5.
4. Официальный сайт «Сибпромэнерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibpromenergo.ru/producer/generation.html>.

ОЦЕНКА РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УФА, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)

Гончаров Г.А.

Научный руководитель доцент Б.Р. Соктоев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Тяжелые металлы благодаря своим физическим свойствам и разнообразным источникам их поступления в естественные среды привлекают повышенное внимание для изучения в качестве загрязнителей окружающей среды. Почвы на урбанизированных территориях выступают в роли резервуаров тяжелых металлов и других токсикантов [1]. Геологическое выветривание, эрозия, выбросы автотранспорта, нефтехимическая и металлообрабатывающая деятельность, а также городская инфраструктура (включая объекты энергетики) представляют собой разнообразные источники накопления металлов в почвах. В результате ухудшения качества почвы и увеличения восприимчивости биосферы к тяжелым металлам поднимается актуальный вопрос о необходимости эффективного управления экологическими рисками.

Загрязнение тяжелыми металлами вызывает все более серьезную озабоченность в связи с их потенциальным воздействием на здоровье человека и экосистем [9]. Агентство по охране окружающей среды США (USEPA) выделило ряд металлов и металлоидов, включая Co, Zn, Ni, Cr, As, Cu, Hg и Pb, как вещества, представляющие серьезную опасность для окружающей среды [3]. Для проведения количественной оценки неканцерогенных рисков как для детей, так и для взрослых были вычислены среднесуточные поступления изучаемых металлов ингаляционным, пероральным и кожным способами. Оценка риска осуществлялась путем расчета коэффициентов опасности (HI) для указанных металлов с использованием сумм трех путей воздействия от почвы, включая проглатывание (ADD_{ing}), вдыхание (ADD_{inh}) и контакт с кожей (ADD_{derm}) и референтных доз (RFD) на основе данных и методик расчета USEPA, соответственно.

$$HQ = \frac{ADD_i}{RfD} \quad (1)$$

$$HI = \sum HQ_i \quad (2)$$

В рамках работы проводилось исследование урбанизированной территории города Уфы, представляющего собой город-миллионер, расположенный в Приволжском федеральном округе и отличающийся развитой промышленностью нефтехимии и металлообработки [4]. Пробы почвенного покрова (51 ед.), отобранные в августе 2021 и 2022 гг. по равномерной площадной сети, были проанализированы с использованием метода инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) (Co, Zn, Pb, Cr, As) 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), метода атомно-абсорбционной спектроскопии на ртутном анализаторе «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+» (Hg) (при консультации к.х.н., доцента ОГ ТПУ Осиповой Н.А.) и рентгенофлуоресцентным методом (Ni, Cu) на кристалл-дифракционном спектрометре ARL Perform'X 4200 (Швейцария) в ЦКП «Геоспектр» Геологического института им. Н.Л. Добреева СО РАН (г. Улан-Удэ).

Проведенные исследования выявили значительное загрязнение почвы изученными тяжелыми металлами (табл.). Наибольшее внимание привлекли Hg, Cr и Ni, содержание которых превышает фоновые показатели в 6,8, 5,4 и 3,4 раз, соответственно. Анализируя технологические процессы, применяемые на предприятиях моторостроительной деятельности и комплексов по переработке углеводородного сырья, можно предположить об их вкладе в повышенные содержания исследуемых элементов на изучаемой территории. Эти выводы подчеркивают важность мониторинга экологических параметров на данной территории для разработки эффективных стратегий управления по развитию промышленных комплексов [2].

Таблица

Средние концентрации тяжелых металлов в почвенном покрове на территории г. Уфа, мг/кг

Элемент	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Медианное значение	326	18,5	98,7	42,1	106	6,24	0,48	22,0
Средние мировые показатели [6]	59,5	11,3	29	38,9	70	6,83	0,07	27

Результаты количественной оценки риска для здоровья населения (рис.) свидетельствуют о существенном превышении коэффициента опасности (HI) для Cr по сравнению с другими тяжелыми металлами, вызванного более высокой концентрацией данного элемента в почве исследуемого региона. Исследования о токсикологическом

влиянии хрома на организм человека указывают на его канцерогенные свойства, которые проявляются в возможном развитии легочных заболеваний и рака дыхательных путей при длительном воздействии [8]. Кроме того, хром может оказывать гепатотоксическое воздействие, оказывая влияние на печень и вызывая нарушения ее функций. Негативные воздействия хрома на нервную систему, эндокринные функции и репродуктивное здоровье также отмечаются в литературе [5]. Механизмы токсического воздействия включают в себя формирование свободных радикалов, нарушение ДНК и белковых структур, а также взаимодействие с мембранными компонентами.

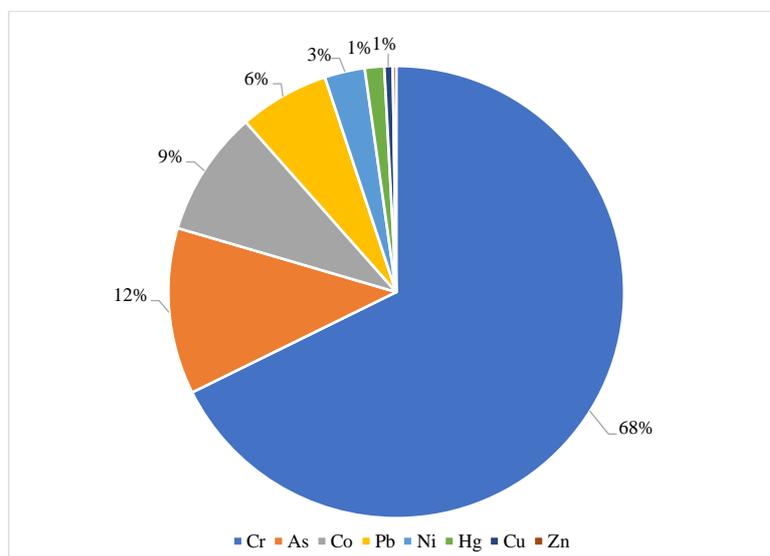


Рис. Круговая диаграмма оценки риска для здоровья населения от тяжелых металлов в почвенном покрове на территории г. Уфа

При этом значения индекса опасности также были повышены для As, Co, Ni и Pb. Средние значения превышали установленное пороговое значение $1 \cdot 10^{-4}$, который служит критическим уровнем и после которого организм человека труднее справляется с токсическим воздействием. Однако, в отношении детей неканцерогенные риски данных показателей могут оказывать более заметное воздействие на их здоровье [7]. Это позволяет предположить, что здоровье детей может подвергаться более серьезным воздействиям при тех же оценках, связанных с наличием тяжелых металлов в городских почвах. Из перечня проанализированных нами элементов можно сказать, что наибольшее влияние оказывает хром с вкладом в 68 %. Значения опасности в поверхностном слое почвенного покрова соответствуют обобщенному порядку убывания $Cr > As > Co > Pb > Ni > Hg > Cu > Zn$.

Таким образом, исследование содержания тяжелых металлов в почвенном покрове городов имеет важное значение для понимания экологической обстановки, в которой проживает население. Предполагаемые источники выбросов данных тяжелых металлов в городской среде, связанные с промышленными процессами и городской деятельностью, могут оказывать значительное воздействие на здоровье населения.

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

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Гончаров Г. А., Соктоев Б. Р., Фархутдинов И. М. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова на территории города Уфы // Известия Томского политехнического университета. – 2023. – Т. 334. – № 11. – С. 61–79.
3. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с
4. Официальный сайт Правительства Республики Башкортостан [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://pravitelstvorb.ru/>.
5. Переломов Л. В., Переломова И. В., Венёвцева Ю. Л. Токсическое влияние микроэлементов на репродуктивное здоровье мужчин // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 4. – С. 120-129.
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants, Fourth Edition- CRC Press, 2010. – 548 p.
7. Li D. et al. Characteristics of soil heavy metal pollution and health risk assessment in urban parks at a megacity of Central China // Toxics. – 2023. – Т. 11. – № 3. – С. 257.
8. Preisser A. M. et al. Long-Term Clinical and Toxicological Follow-up of Severe Cobalt and Chromium Intoxication—a Case Report // SN Comprehensive Clinical Medicine. – 2023. – Т. 5. – № 1. – С. 58.
9. Risk assessment guidance for superfund. V. 1. Human health evaluation manual. Interim final. – Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1989. – 192 p. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf

**МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

Демчук Е.В., Кочарян Г.А.

Научный руководитель доцент Е.Н. Кулик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия

Переход человечества к использованию альтернативных источников энергии идет стремительными темпами, но даже, несмотря на развитие новых технологий в энергетике, использование нефти и нефтепродуктов по-прежнему занимает важное место в жизнедеятельности человека. Из года в год при добыче, переработке и транспортировке водная поверхность подвергается загрязнениям нефтью, которые оказывают негативное влияние не только на окружающую среду, но и на промышленную и туристическую деятельность.

Мониторинг позволяет обнаруживать не только давно образовавшиеся утечки и анализировать сложившуюся ситуацию, но и оперативно выявлять новые с целью минимизации ущерба. Даже сравнительно небольшая утечка способна покрыть тонкой пленкой большую акваторию за короткий промежуток времени: 1 тонна нефти за 10 минут покрывает радиус более 50 км [1]. Поэтому обнаружить разлив на ранней стадии и предпринять меры по его локализации является важной задачей.

В данной статье рассмотрены методы выявления разливов при помощи пассивной и активной съемки, а также проведен анализ выявленных разливов на территории Сахалинской области.

Выявление разливов с использованием мультиспектральных снимков основано на анализе особенностей отражения в разных зонах спектра. Водная поверхность обладает сильной поглощающей способностью в ближней инфракрасной зоне спектра. Различные примеси в водной среде имеют значительный коэффициент отражения в видимых зонах спектра. Совокупность этих особенностей позволяет определить разливы и другие промышленные загрязнения водоемов. Основываясь на спектральных яркостях для анализа территорий, формируются индексные изображения. Для выявления примеси железа использовалось индексное преобразование снимков AMWI (Acid Mine Water Index), для нахождения уменьшения прозрачности вследствие органических и неорганических примесей NDTI (Normalized Difference Thermal Index), у берегов наличие разлива можно определить по состоянию растительности, используя индекс NDVI (Normalized Difference Vegetable Index). Наличие съемки в тепловом инфракрасном диапазоне также способствует выявлению разливов нефти, так как созданная пленка задерживает тепло лучше, чем окружающая поверхность воды без пленки, что хорошо просматривается в теплые ранние вечера [5].

Активные методы дистанционного зондирования позволяют получать информацию круглосуточно, вне зависимости от облачной погоды, что дает преимущество по сравнению с пассивными методами. Однако, при сильном поверхностном ветре загрязнения на поверхности воды будут неразличимы [3].

К активным методам получения данных дистанционного зондирования относятся радиолокационные и лидарные съемочные системы.

Метод с использованием радиолокационных снимков основан на регистрации испускаемого съемочной системой излучения. На местах разлива образуются нефтяные пленки, которые сглаживают поверхность воды и приводят к снижению резонансной способности волн. Таким образом, на этих участках изменяется отражательная способность поверхности, что позволяет обнаружить данные участки на радиолокационных снимках. Дальнейшая обработка радиолокационных снимков выполняется в программном продукте Sentinel Application Platform (SNAP).

Еще одним методом использования активных сенсоров является лидарная съемка. Данный метод используется не только для выявления участков загрязнения, но и для последующей оценки объемов утечки [6]. Процесс включает в себя направление лазерного луча на поверхность воды и измерение времени, затраченного на его отражение. Путем сканирования области с помощью лидарной съемки можно создать точную трехмерную модель загрязнения, что обеспечивает информацию о его размерах и объеме.

Точность выявления разливов при использовании активных методов зависит от скорости ветра, а также от типа и количества нефтепродуктов [2]. При дешифрировании снимков с целью выявления загрязнений нужно учитывать, что разливы нефти, в основном, имеют правильную геометрическую форму.

Стоит отметить, что совместное использование активных и пассивных методов дистанционного зондирования способствует повышению точности при выявлении нефтяных загрязнений на поверхности воды [2]. По полученным данным можно провести анализ площади загрязнения, определить приближенный состав нефтяного пятна, спрогнозировать направление его распространения.

Рассмотренные методы выявления разливов нефти имеют свои преимущества и недостатки, зависящие от таких факторов как: время суток, облачность, особенности мелководья и др. Учитывая эти факторы, можно сделать вывод, что данные дистанционного зондирования способны покрывать всю информационную потребность для общего анализа утечек.

Литература

1. Авагимян А.В. Оперативный мониторинг утечек и разливов нефти в морских акваториях. // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных с использованием современных геоинформационных технологий: материалы III Международной научной конференции (МАЙкоп 11–14 мая 2015 г.). – Майкоп: Майкопский технический государственный университет, 2015. – С. 16–22.
2. Гордиенко А.С. Перспективные методы мониторинга последствий разливов нефтепродуктов по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. – Новосибирск, 2021. – С. 239–245.

3. Гордиенко А.С., Ткач А.В. Комплексный подход к выявлению влияния разливов нефти на состояние водных объектов по данным дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. – Новосибирск, 2022. – С. 211 – 215.
4. Зулин К.А., Кулик Е.Н. Использование данных дистанционного зондирования SENTINEL-2B для мониторинга последствий разливов нефти // Вестник СГУГиТ. – Новосибирск, 2023. – С. 60–66.
5. Митягина, О.Ю. Лаврова, Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12. – № 5. – С. 130–149.
6. Наздрачев П.И., Чермошенцев А.Ю. Применение методов активного дистанционного зондирования для обнаружения разливов нефти // Интерэкспо Гео-Сибирь. – Новосибирск, 2021. – С. 213–218.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА АЭРОЗОЛЕЙ ОТ ХРАНИЛИЩА ОКИСЛЕННЫХ РУД ОЗЕРНОГО ГОКА

Дубенко К.А.

Научный руководитель заведующий лабораторией А.М. Плюснин
Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Основными источниками воздействия на окружающую природную среду при разработке рудных месторождений являются – карьеры, вскрышные породы, склады руды и т.д. С их поверхности выбрасываются в атмосферу вредные вещества в виде газов, твердых веществ, жидких аэрозолей. Проблема аэрозольного загрязнения атмосферного воздуха очень актуальна. Деятельность горнодобывающих предприятий приводит к нарушению естественного залегания горных пород на большой территории и складированию отходов добычи и переработки руд на длительное время. При хранении отходов увеличивается геохимическая подвижность токсичных химических элементов в водной и воздушной среде и возрастает негативное воздействие на экологическое состояние территорий.

Месторождение Озерное находится в Западном Забайкалье на Витимском плоскогорье. Территория характеризуется среднегорным рельефом. Абсолютные отметки высот на месторождении от 1100 до 1335 м. Относительные превышения над обширными плоскими котловинами составляют 250-300 м. На территории распространена многолетняя мерзлота. На юго-востоке плоскогорья расположены озера Большое Еравное, Малое Еравное, Сосновое, Гунда и Исинга, имеющие большое рыбохозяйственное значение. Разработка месторождения может нанести непоправимый вред за счет выбросов жидких и твердых аэрозолей в атмосферу от мест складирования вскрышных пород, окисленных руд, карьера и других отходов горнодобывающего производства. В 2004 году началось освоение месторождения открытым способом. Были проведены вскрышные работы, залегающие с поверхности окисленные руды удалены из карьера и складированы в хранилище. В настоящее время сформировано два хранилища отходов разработки месторождения – вскрышные породы и склад окисленных руд.

Настоящая работа направлена на выявление влияния склада окисленных руд на загрязнение приземной атмосферы. Для исследования аэрозолей выделяющихся из толщи отходов была применена новая методика их сбора. Была изготовлена установка из полимерного материала, которая состоит из кольца площадью 1 м² и натянутой на него полиэтиленовой пленки. Конденсат жидких аэрозолей собирался с внутренней стороны пленки. Сборники конденсата устанавливались в точке наблюдения вечером и снимались утром. Использованный режим отбора проб позволил собрать конденсат без использования холодильников, так как в летний период разница температуры ночью и днем в исследуемом районе достигает двадцати и более градусов. Пески за день прогреваются, заключенные в них поровые воды начинают передвигаться к поверхности. Ночью полиэтиленовая пленка охлаждается, испаряющаяся из песков влага конденсируется на ее внутренней поверхности. Конденсат с поверхности пленки собирался в контейнер и проходил подготовку для проведения анализов [2]. Химический состав вод проанализирован методом индуктивно связанной плазмы, результаты представлены в таблице.

Объем конденсационных вод составляет 30-50 мл, их количество зависит от пористости складированных отходов. Общая минерализация конденсационных вод достигает значений 110-130 мг/л, в среднем – 118 мг/дм³. В конденсационных водах содержатся очень высокие содержания токсичных элементов, таких как ртуть, свинец, цинк, медь. Они поступают в поровый раствор хранилищ при окислительном разложении сфалерита, галенита, халькопирита, пирита. Затем эти химические элементы вместе с испаряющейся водой формируют ореол загрязнения приземной атмосферы над хвостохранилищами. Обнаруженные в конденсате высокие содержания марганца, железа, алюминия связаны с кислотным разложением порообразующих минералов.

Таким образом, в пределах складирования окисленных руд происходит загрязнение атмосферы токсичными элементами. Жидкие аэрозоли выделяются из издробленных при разработке месторождения пород. Необходимо отметить, что собранные в пределах склада окисленных руд атмосферные осадки также содержат очень высокие концентрации марганца, цинка, свинца. Содержание ртути, которая относится к первой группе токсичных элементов, в выпавшем на этой территории дожде превышает предельно допустимые концентрации для вод рыбохозяйственного назначения в 16-35 раз.

Таблица

Микроэлементный состав конденсационных вод на Озерном ГОКе, мкг/дм³

Элемент	Предел обнаружения	ПДК рыб.хоз. назначения	Байкал	Конденсационные воды		
				Склад окисленных руд		
				OZ-7	OZ-9	OZ-10
Be	0.001	0.3	0.0014	0.009	0.0027	0.0019
B	0.08	100	5.8	26	4.7	2
Al	0.4	40	4.6	107	33	16
P	5	50	19	250	41	40
Ti	0.03	60	0.26	7.3	0.81	1.05
V	0.002	1	0.39	0.63	0.11	0.073
Cr	0.03	70	1.26	5.9	1.26	3.2
Mn	0.02	10	0.118	152	560	99
Fe	1	100	4.7	230	71	55
Co	0.001	10	0.05	1.62	0.99	1.25
Ni	0.3	10	<0.3	24	2.6	1.78
Cu	0.03	1.0	1.32	59	6.4	1.89
Zn	0.1	10	16.7	159	111	52
Br	0.3	1350	8.8	34	11.8	7.5
Rb	0.001	100	0.61	7.3	1.31	2.1
Ag	0.0009		0.0011	0.095	0.086	0.23
Cd	0.0007	5	0.003	0.86	2	2.1
Sn	0.005	112	<0.005	3	0.118	0.061
Cs	0.0005	1000	0.0011	0.036	0.05	0.145
Ba	0.004	740	10.4	70	68	92
W	0.0004	0.8	0.051	0.31	0.083	0.083
Au	0.0004		<0.0004	0.012	0.0026	0.002
Hg	0.02	0.01	<0.02	0.36	0.44	12.9
Tl	0.0003		0.001	0.2	1.8	2.7
Pb	0.002	6.0	0.078	67	67	90

Примечание: красным цветом выделены значения, превышающие ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения

Заключение. При разработке Озерного полиметаллического месторождения активизируется миграция токсичных химических элементов в воздушной среде. Потоками воздуха аэрозоли, выделяющиеся из отходов добычи руд, могут переноситься на большие расстояния, токсичные элементы могут нанести вред уникальным экологическим системам Еравнинских озер. Для исключения негативного воздействия окисленных руд необходима их своевременная рекультивация с перекрытием непроницаемым для воды материалом. Для улучшения экологической обстановки в районах разработки месторождений необходимо оборудовать места хранения отходов дренажными системами, которые понизят уровень залегания грунтовых вод и уменьшат испарение растворенных компонентов с их зеркала, или перекрывать отходы непроницаемым для воды экраном. Необходимо предусмотреть использование индивидуальных средств защиты для персонала.

Работа выполнена с использованием средств проекта РНФ № 24-27-20077

Литература

1. Кислов Е. В., Плюснин А. М. Экологические проблемы освоения свинцово-цинкового месторождения Озерное (Западное Забайкалье) // География и природ. ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 37-43.
2. Плюснин А.М. Загрязнение атмосферы от хранилищ отходов добычи и переработки вольфрам-молибденовых руд / Плюснин А.М., Воронина Ю.С., Украинцев А.В., Чернявский М.К., Перязева Е.Г., Чебыкин Е.П. // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 12. – С. 1295-1311.

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОМСКОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАВОДА

Евсеев М. В., Земляков А.И.

Научный руководитель профессор Е.Г. Язиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Группа компаний «Томский инструмент» – инструментальный завод, который располагается в г. Томск и под логотипом «ТИЗ» производит широкий спектр режущего инструмента, в основном металлорежущего (свёрла,

метчики, плашки, фрезы). Данное предприятие в 1941 году было эвакуировано из Москвы и в советское время занимало 8,5 га (городской квартал между улицами Нахимова, Вершинина, Учебной и Кулёва). В 2008 году за долги «ТИЗ» был закрыт и производство перенесли в деревню Лоскутово (Кировский район г. Томск). В настоящее время на территории бывшего инструментального завода располагается крупный торговый центр «Лето» и ряд других коммерческих предприятий [1].

Целью исследования являлась оценка остаточного загрязнения дорожной пыли (смета) и почво-грунтов тяжелыми металлами группы железа на территории бывшего ТИЗ. Отбор проб на территории проводился на основе разреженной сети с учетом возможности отбора на территории промышленной и санитарно-защитной зон, а также ранее полученных навыков [2, 3]. Все исследования были проведены на площади в осенний период (сентябрь - октябрь) 2023 года. Всего было отобрано 30 проб, из них 15 проб дорожной пыли (С) и 15 проб почво-грунтов (П), расположение которых приведено на схеме отбора проб (рис). Пробы помещались в плотные полиэтиленовые пакеты, просушивались при комнатной температуре и просеивались через сито с диаметром ячеек 1 мм для удаления улично-бытового мусора. Определение магнитной восприимчивости проводилось капаметром КМ-5 с использованием методики, защищенной патентом РФ № 2133487 [4]. Для того чтобы определить магнитную восприимчивость проб, дорожная пыль засыпалась в кювету из немагнитного материала, в нашем случае это были одинаковые пластиковые стаканчики, в которые были засыпаны пробы на высоту 1,5 см. Для более точной оценки магнитной восприимчивости дорожной пыли каждая проба измерялась по три раза и из этих измерений рассчитывалось среднее значение для каждой пробы. Параллельно этому велось измерение магнитной восприимчивости проб почвы по той же методике. Полученные значения и места отбора проб были вынесены на схему (рис) [1].

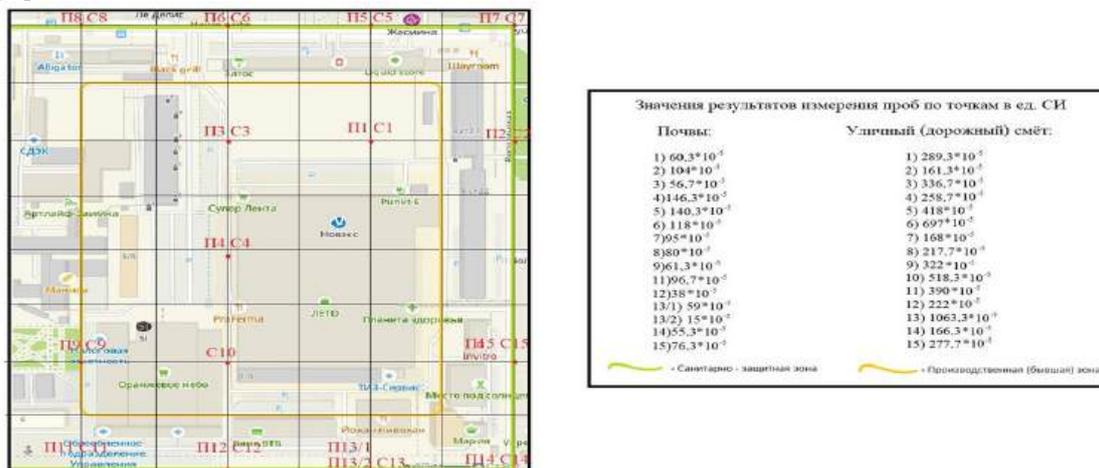


Рис. Схема отбора проб почво-грунтов и дорожной пыли на территории бывшего Томского инструментального завода

В ходе анализа результатов установлено, что величина объемной магнитной восприимчивости дорожной пыли ($367,1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ) территории ТИЗ резко отличается от значений для почво-грунтов ($80,1 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ). Все средние значения, а также минимальные и максимальные представлены в таблице (таблица).

Таблица

Объемная магнитная восприимчивость ($n \times 10^{-5}$ ед. СИ) дорожной пыли и почво-грунтов на территории ТИЗ

Природный компонент	ТИЗ	ПЗ	СЗЗ	СС	ЮС
Число проб	15	5	10	3	2
Дорожная пыль	367,1/161,3-1063,3	345/289,3-518,3	378,1/161,3-1063,3	294,9/258,7-336,7	420,2/322-518,3
Число проб	15	4	11	3	1
Почво-грунты	80,1/15-146,3	81,5/56,7-146,3	79,8/15-140,3	87,7/56,7-146,3	61,3/61,3

Примечание: ПЗ – промышленная зона, СЗЗ – санитарно-защитная зона, СС – северный сектор, ЮС – южный сектор промышленной зоны, среднее/минимум-максимум

Полученные результаты характерны как для промышленной зоны, так и санитарно-защитной, а также северного и южного секторов. Детальный анализ индивидуальных точек показывает интересные результаты. Так, для санитарно-защитной зоны получены следующие средние значения магнитной восприимчивости: ул. Учебная (пробы почвы и дорожной пыли – 5-8) – почва – $108,3 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль – $375,17 \cdot 10^{-5}$ СИ; ул. Вершинина (пробы почвы и дорожной пыли – 2, 14-15) – почва – $78,5 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль – $201,8 \cdot 10^{-5}$ СИ; ул. Нахимова (пробы почв – 11-12, 13/1, 13/2; пробы дорожной пыли – 11-13) – почва – $52,17 \cdot 10^{-5}$ СИ; дорожная пыль – $558,4 \cdot 10^{-5}$ СИ. Среднее значение магнитной восприимчивости для санитарно-защитной зоны: почвы – $79,8 \cdot 10^{-5}$ СИ; дорожная пыль – $378,1 \cdot 10^{-5}$ СИ.

Для торгового центра «ЛЕТО» были получены следующие средние значения магнитной восприимчивости: северная часть (пробы почвы и дорожной пыли – 1, 3) – почва – $58,5 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль $313 \cdot 10^{-5}$ СИ; южная

часть (пробы почвы – 4, 9; пробы дорожной пыли – 4, 9-10) – почва – $103,8 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль – $183,17 \cdot 10^{-5}$ СИ; восточная часть (проба почвы – 1, проба дорожной пыли – 1) – почва – $60,3 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль – $289,3 \cdot 10^{-5}$ СИ; западная часть (пробы почвы – 3, 4, 9; пробы дорожной пыли – 3-4, 9-10) – почва – $87,9 \cdot 10^{-5}$ СИ, дорожная пыль – $358,93 \cdot 10^{-5}$ СИ. Среднее значение магнитной восприимчивости для всей территории торгового центра «ЛЕТО»: почва – $81,15 \cdot 10^{-5}$ СИ; дорожная пыль – $345 \cdot 10^{-5}$ СИ.

По проведенным исследованиям можно сделать вывод, что дорожная пыль является наиболее информативным индикатором загрязнения территории в зоне воздействия Томского инструментального завода. Подобные исследования расширяют возможности использования магнитной восприимчивости для экспрессной оценки загрязнения территорий в комплексе с дорожной пылью для других территорий города.

Литература

1. Томский инструмент. Википедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82>
2. Способ определения техногенной загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель): Пат. 2133487. Россия, МПК6, G 01 V 9/00. Язиков Е.Г., Миков О.А.; Томский политехн. Ун-т. № 98100689; Заявл. 08.01.98; Опубл. 20.07.99
3. Язиков Е.Г., Осипова Н.А., Таловская А.В., Осипова К.Ю. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения в зоне угледобычи // Оптика атмосферы и океана. – 34. – № 6 (2021). – С. 435-439.
4. Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В., Минералогия техногенных образований, учеб. пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 53 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Егоров Е.К.

Научный руководитель профессор Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в связи с активной разработкой нефтяных месторождений остро стоит вопрос об охране окружающей среды от нефтезагрязнений. Согласно Федеральному закону № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает прямое или косвенное негативное воздействие на окружающую среду, должны проводиться мероприятия по охране окружающей среды, включающие в себя рекультивацию нарушенных земель. Правила проведения работ по рекультивации земель и разработке проектов рекультивации регламентируются постановлением Правительства № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (далее – Постановление № 800). В соответствии с Постановлением № 800 проекты рекультивации разрабатываются на основании результатов полевого обследования земель, проводимого в рамках работ по инвентаризации нефтезагрязненных земель.

Применяемые методы выполнения инвентаризации нефтезагрязненных земель несут в себе ряд сложностей, с которыми сталкиваются исполнители этих работ.

Часто встречающаяся проблема в рамках инвентаризации – низкий процент верного определения потенциально загрязненных земель посредством дешифрирования космоснимков (в некоторых случаях процент верного определения составляет 40 %). Зачастую водные объекты, обводненные участки и другие объекты ошибочно определяются как потенциально загрязненные земли. Методические, временные и финансовые издержки низкой эффективности дешифрирования космоснимков являются актуальной проблемой отрасли. Вопрос повышения эффективности работы с данными дистанционного зондирования, полученными из космоса, является актуальным для научного сообщества. Учитывая практический опыт исполнителей работ и научные работы из области дистанционных методов исследования, можно сделать вывод, что существующие методы пассивной и активной спутниковой космической съемки не позволяют достоверно идентифицировать загрязненные нефтью земли [1-4].

В рамках полевого обследования существует ряд проблем, осложняющих или подвергающих риску срыв работ. К осложняющим факторам определения границ нефтезагрязненных земель во время установления координат на местности можно отнести следующие проблемы: непроходимость местности пешим ходом или наземным транспортом; вероятность встречи с крупными дикими животными, такими как медведи, лоси и т.д.

С целью повышения эффективности проведения природоохранных работ и снижения рисков срыва работ предлагается рассмотреть возможность использования беспилотных летательных средств, оснащенных специальным оборудованием для воздушного лазерного сканирования и цифровой фотокамерой для высококачественной аэрофотосъемки.

В связи с имеющимися данными о высокой информативности метода [6] и опытом эксплуатации в инженерно-строительных изысканиях рассматривается возможность использования технологии воздушного лазерного сканирования на этапе поиска нефтезагрязненных земель. Опыт показал, что данные воздушного лазерного сканирования несут в себе высокоточную информацию о рельефе земной поверхности и объектов, находящихся на ней. Практически выяснилось, что лучи воздушного лазерного сканирования не отражаются от водной поверхности (рис. 1). Данный факт дает основание полагать, что такая особенность может решить

проблему с ошибочным определением нефтезагрязнений. Необходимо изучить вопрос оптических свойств нефти при взаимодействии с лазерными лучами, а также провести опытно-промышленные исследования. Ранее исследования на предмет обнаружения лазером воздушного сканирования нефтезагрязнений не проводились.



Рис. 1. Обработанные данные воздушного лазерного сканирования

Также предлагается использовать в качестве данных дистанционного зондирования Земли аэрофотосъемку вместо космосъемки ввиду установленной разницы в оперативности получения данных, в разрешении (качестве) (рис. 2) и дороговизны. Более того, известно, что сочетание воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки высокоинформативно и эффективно в обследовании земной поверхности [5].



Рис.2. Сравнение космоснимка с аэрофотоснимком

Для установления границ нефтезагрязнений и рекогносцировки местности на этапе обследования загрязненного участка предлагается использовать беспилотный летательный аппарат и аэрофотосъемку. Данный метод направлен на исключение рисков срыва работ по причине непроходимости местности и высокой вероятности встречи с крупными дикими животными. Опытно-производственные исследования показали высокую эффективность применения беспилотников при обследовании нефтезагрязнённых участков (рис. 3).



Рис. 3. Аэрофотоснимок, сделанный с БПЛА, в рамках обследования нефтезагрязнённого участка

С учетом предлагаемых технологий был составлен алгоритм действий, который включает в себя применение аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования в инвентаризации и применении

аэрофотосъемки в паспортизации. Алгоритм применения методов, предлагаемых автором, направлен на повышение эффективности природоохранных работ и решение существующих методологических проблем.

По результатам выполнения экономических расчётов стоимости применения предлагаемых методов можно сделать вывод, что со второго года цена работ снизится в 2 раза по сравнению с ценой существующих методов использования космосъемки во время поиска нефтезагрязнений на начальном этапе инвентаризации и не использования беспилотных средств при полевом обследовании потенциально загрязнённых участков. Экономическая эффективность обуславливается исключением погрешности при поиске нефтезагрязненных земель и повышением эффективности выполнения полевых обследований, исключив вероятность срыва работ.

Литература

1. Алексеева М.Н., Яценко И.Г. Спутниковый мониторинг состояния окружающей природной среды в зоне воздействия нефтегазового комплекса Томской области // Материалы сборника «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 158–169.
2. Гордиенко А.С., Кулик Е.С. Данные дистанционного зондирования земли при оценке эколого-экономического ущерба от загрязнений окружающей среды нефтью // Вестник СГУГиТ. Т.26. 2021. № 2. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-2-37-46
3. Кенжегариев С.Е. Влияние нефтезагрязнений на восстановление экологических систем // Журнал ВЕСТНИК МАНЭБ. – 2018 г. – 23-2. – С.86-88.
4. Кочетова Ж.Ю. Экомониторинг нефти и нефтепродуктов в объектах окружающей среды. Воронеж: Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2016. – 204 с.
5. Рыльский И.А., Калинин И.В. Сравнение пригодности данных воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки с БПЛА для обеспечения проектных работ // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». – 2017. – Т23. – №3. – DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-31-46
6. Старовойтов А.В., Фаттахов А.В., Оценка объемов вырубки леса с использованием данных дистанционного зондирования земли // «Ученые записки казанского университета. серия естественные науки». – 2021. – Т. 163. – С. 591–602.
7. Постановление правительства РФ от 10.07.2018 № 800 О проведении рекультивации и консервации земель (с изменениями на 07.03.2019 года)
8. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
9. ГОСТ 17.4.4.02-2017 Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
10. ГОСТ Р59060-2020 Национальный стандарт РФ. Классификация нарушенных земель в целях рекультивации.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ МАТЕРИАЛА ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Зезюн К.А.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Актуальность. Токсичность материала отходов хвостохранилищ может оказать негативное влияние, как на экосистемы, так и на здоровье человека. Биотестирование является одним из эффективных методов оценки влияния загрязняющих веществ на организм.

Цель работы: оценить токсичность материала отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината с применением *Drosophila melanogaster* в качестве тест-объекта.

Задачи: провести литературный обзор на тему применения в качестве тест-объекта плодовой мушки *Drosophila melanogaster*, оценить токсичность проб материала отходов хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината с применением *Drosophila melanogaster* в качестве тест-объекта.

Плодовая мушка *Drosophila melanogaster* – это универсальный модельный организм, который на протяжении многих лет используется в биомедицинских исследованиях для изучения широкого спектра явлений и позволяет проводить крупномасштабные исследования при низких затратах [1].

В последнее время плодовые мушки все чаще используются в качестве тест-объектов для определения влияния на живые организмы различных веществ и химических соединений, например, таких как тяжелые металлы и их комбинации [2], аэрозоли, а также полиамидные микропластики [3]. В одном из последних масштабных экспериментов, где в качестве биоиндикаторов выступали *Drosophila melanogaster*, было установлено, что соединения титана, которые применяются для производства упаковок для молока, являются опасными для организма [4].

Методика. Пробы были отобраны с хвостохранилища Алтайского горно-обогатительного комбината, расположенного на северо-западной окраине города Горняк.

Для проведения оценки токсичности были взяты линии дрозофил *yellow* и *singed*. В каждую пробирку помещали 3 самца линии *singed* и 3 виргинных самки линии *yellow*. После скрещивания были получены гибриды.

Для эксперимента была приготовлена специальная питательная среда, состоящая из смеси дистиллированной воды, агар-агара, дрожжей, манной крупы, сахара и пропионовой кислоты. Затем истертые до пудры пробы были помещены в съедобную среду, концентрация составляла 0,2%.

При определении воздействия материала отходов хвостохранилищ учитывались следующие показатели: морфозы, сроки развития и высота подъема куколок над средой.

Результаты исследования:

В исследуемых пробах отмечались следующие морфозы: загнутые, удвоенные, надломленные и укороченные щетинки.

Для подтверждения токсического проводится расчет показателя χ^2 (Хи-квадрат). Он рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

где O – фактически наблюдаемое значение параметра, E – теоретически ожидаемое значение параметра.

Теоретическое значение χ^2 в данной работе равно 3,84, так как число степеней свободы равно 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Номер пробы	Контроль	Опыт	Всего
С морфозами	10	23	33
Без морфоз	212	277	489
Всего	222	300	522

Расчет теоретического количества мушек с морфозами и без был выполнен по следующей формуле:

$$N = \frac{\sum i \times \sum j}{\sum k}$$

где $\sum i$ – общее количество мушек в определенном эксперименте (контроль / опыт), $\sum j$ – количество мушек с морфозами в обоих экспериментах, $\sum k$ – общее количество мушек в обоих экспериментах (контроль + опыт, самцы + самки).

Таблица 2

Результаты расчета теоретического количества мушек с морфозами и без

	Контроль	Опыт
С морфозами	14	19
Без морфоз	208	281

Используя формулу 1, было рассчитано значение χ^2 равное 1,97.

Максимальная высота подъема куколок над средой в контроле – 5,3 мм, в пробе – 15,4 мм. Любые отклонения от нормы, в данном случае от контроля, свидетельствуют о возможном воздействии проб отходов на живые организмы.

Сроки развития в контрольной среде и среде с пробой были одинаковыми.

Вывод. Материал отходов хвостохранилища Алтайского горно-обогатительного комбината не оказал токсического воздействия на плодовых мушек *Drosophila melanogaster*.

Литература

1. Климова А. А., Язиков Е. Г., Шайхив И. Р. Минералого-геохимическая специфика буровых шламов нефтяных месторождений на примере объектов Томской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 2. – С. 102-114.
2. Genotoxicity responses of single and mixed exposure to heavy metals (cadmium, silver, and copper) as environmental pollutants in *Drosophila melanogaster* / E. Demir, F. Turna Demir // Environmental Toxicology and Pharmacology. – 2024. V. 106. – Art. 104390
3. Intake of polyamide microplastics affects the behavior and metabolism of *Drosophila* [Text] / L. Zhong, H. Jin, H. Tang, Y. Xu, X. Liu // Chemosphere. – 2022. – V. 308. – P. 3
4. Titanium-doped PET nanoplastics, from opaque milk bottle degradation, as a model of environmental true-to-life nanoplastics. Hazardous effects on *Drosophila* [Text] / M. Alaraby, A. Villacorta, D. Abass, A. Hernández, R. Marcos // Environmental Pollution. – 2024. – V. 341. – Art. 122968

АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ЧАСТИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА В ПРОГРАММЕ «1С: ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

Казакова А.О.¹, Черноштан А.В.²

Научный руководитель доцент Д.В. Наркович¹

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

²ООО «Производственная безопасность и экология», г. Томск, Россия

Побочная продукция является неотъемлемой частью производственного процесса во многих отраслях промышленности. В связи с этим происходящие изменения в природоохранных требованиях к обращению с побочными продуктами производства являются важным аспектом экологической политики и требуют системного

подхода к их реализации. На всех этапах своего жизненного цикла побочная продукция может приводить к негативному воздействию на окружающую среду, если не принимать меры по ее хранению и/или использованию. В целях минимизации негативного воздействия и извлечения выгоды от образования побочных продуктов производства для предприятия производятся изменения на законодательном уровне. Появляются новые правовые нормы, направленные на повышение ответственности производителей. Согласно действующим нормативно-техническим документам образование побочных продуктов производства должно сопровождаться обработкой/использованием либо в рамках самого производства, либо при передаче контрагенту [3–5].

С 01.03.2023 г. вступили в силу требования по обращению с побочными продуктами производства и вторичным сырьем. Согласно действующим нормативным актам побочными продуктами производства являются вещества или предметы, образующиеся в процессе производства основной продукции, независимо от того, были ли они сформированы в ходе основной или вспомогательной работы, если при этом, согласно п. 3 ст. 51.1 Закона № 7-ФЗ, эти вещества или предметы пригодны в качестве сырья в последующем производстве или же для потребления в качестве готовой продукции [3].

Отличие побочного продукта производства от вторичного ресурса в том, что вторичный ресурс – это *отход*, который может быть использован для получения вторсырья и /или готовой продукции. Граждане могут складировать вторичные ресурсы в местах накопления отходов или напрямую сдавать их заготовителям. Юридические лица могут утилизировать вторичные ресурсы самостоятельно или передать другим организациям. Побочный продукт производства не является отходом изначально, и его нельзя передать для целей утилизации, можно продавать или передавать только как сырье или продукцию для производственных и вспомогательных процессов.

При обращении с побочными продуктами производства существуют риски, которые могут привести к негативным последствиям. Один из рисков заключается в том, что, если контрагент не выкупит побочную продукцию за три года, она будет признана отходом, и плату придется внести с повышающим коэффициентом. В Декларации о плате за негативное воздействие на окружающую среду предусмотрен раздел 3.2 «Расчет суммы платы за размещение, в том числе складирование, побочных продуктов производства, признанных отходами», а также зафиксировано обязательство образователя побочных продуктов о внесении платы за негативное воздействие в случае признания побочных продуктов производства отходами. При этом необходимо принимать во внимание, что при переводе побочных продуктов производства в отход и отражение его в учете по обращению с отходами имеется риск превышения нормативов образования и лимитов на размещение отходов либо отсутствия такого отхода в нормативе. Другой риск связан с безвозмездной передачей побочной продукции, которая может быть невыгодной, так как даже безвозмездная передача продукции облагается налогом на добавленную стоимость (НДС). Третий риск заключается в том, что при продаже или передаче побочной продукции на переработку невозможно получить акт об утилизации, что делает невозможным выполнение нормативов утилизации через работу с побочной продукцией. Кроме того, неправильное обращение с побочными продуктами производства может привести к негативному воздействию на окружающую среду, например, в случае образования ядовитых веществ при разложении побочной продукции. В качестве минимизации негативного воздействия действует Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2022 года № 4249-р, согласно которому к побочным продуктам производства нельзя отнести вещества и предметы из установленного перечня [2].

Для упрощения учета и работы с побочной продукцией одним из инструментов, где автоматизирован функционал, является программный продукт «1С: Экология. Охрана окружающей среды. КОРП», разрабатываемый компанией ООО «Производственная безопасность и экология». Продукт нацелен на автоматизацию процессов экологического учета предприятия, включая блоки учета по охране атмосферного воздуха, охране водных объектов, производственный экологический контроль и учет по обращению с отходами. В программе реализован учет сведений о побочной продукции, журналы учета обращения с отходами, аналитическая и регламентированная отчетность по экологической безопасности и охране окружающей среды. В связи с изменениями в природоохранном законодательстве, вступившими в силу в 2023 году, продукт также редактируется и дорабатывается в части учета побочных продуктов.

Так, на текущий момент в блоке по учету обращения с отходами реализован учет образования и передачи побочных продуктов производства. Системой предусмотрена идентификация побочных продуктов животноводства, так как для побочных продуктов животноводства действуют иные правила по обращению [4]. Помимо обращения побочных продуктов производства предусмотрен также перевод побочных продуктов в отходы с привязкой уже к учету обращения отходов системы и отражения данных отходов в регламентированной отчетности: статистическая форма «2-ТП отходы» и отчетность по приказу № 1028.

Отражение учета побочных продуктов производства реализовано в документе «Программа производственного экологического контроля», а также в разделе 3.2 в отчете «Декларация о плате за негативное воздействие на окружающую среду» (далее – ДПНВОС), являющимся обязательным к подаче в личном кабинете природопользователя. В пункте 4 статьи 51.1 Федерального закона от 14 июля 2022 г. № 268-ФЗ указывается необходимость отражения учета побочных продуктов производства в программе производственного экологического контроля и в отчете об организации, а также результатов осуществления производственного экологического контроля [5]. Согласно проекту приказа, носщему на текущий момент информативный характер, в форме отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля предполагается дополнительный раздел результатов учета побочных продуктов производства [1].

Преимущество использования продукта «1С:Экология. Охрана окружающей среды. КОРП» в том, что учет побочных продуктов производства максимально интегрирован в систему учета, а также реализован аналогично имеющемуся учету обращения с отходами, что облегчает работу пользователя, уже знакомого с функционалом подсистемы «Отходы». Также в программном продукте реализован контроль остатков, прихода и ухода побочных продуктов производства, что делает прозрачным весь учет от образования до конечной реализации / передачи контрагенту. Дополнительно к реализованным функциям учета есть возможность вести контроль сроков образования и хранения побочных продуктов производства. Немаловажен и тот факт, что значительная часть регламентированной отчетности в части предоставляется в исполнительные органы власти (Росприроднадзор, Росстат) в электронном виде, а «1С: Экология. Охрана окружающей среды. КОРП» имеет функционал выгрузки регламентированной отчетности установленного формата для ее дальнейшей подачи в Личном кабинете природопользователя / сайте Росстата, что значительно упрощает сам процесс подготовки и сдачи.

Несмотря на то, что приказ на момент написания статьи не был утвержден, можно с уверенностью говорить, что природоохранное законодательство будет уточняться и дополняться в части учета побочных продуктов производства новыми нормативно-правовыми актами. А для таких программных продуктов по автоматизации отчетности, как «1С: Экология. Охрана окружающей среды. КОРП» эти изменения и возможности внедрения нового функционала для пользователей не останутся без внимания.

Литература

1. Проект приказа Минприроды России «Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля», [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regulation.gov.ru/Regulation/Npa/PublicView?npaID=140469>
2. Распоряжение Правительства РФ от 27 декабря 2022 года N 4249-р «О прилагаемом перечне веществ и (или) предметов, образуемых в результате хозяйственной и (или) иной деятельности юридических лиц, индивидуальных предпринимателей и не являющихся продукцией производства, которые не могут быть отнесены к побочным продуктам производства».
3. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об охране окружающей среды».
4. Федеральный закон от 14.07.2022 № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
5. Федеральный закон от 14.07.2022 № 268-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления».

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ. ВЕРШИНО-ДАРАСУНСКИЙ)

Казакова А.А., Вершкова Е.М.

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

С начала XVIII века на территории Забайкальского края ведется непрерывная добыча полезных ископаемых. По этой причине на территории субъекта имеется огромное количество нерекультивированных отвалов и хвостохранилищ. В ходе распространения химических элементов от хвостохранилищ образуются геохимические аномалии [2]. Нарушение баланса химических элементов в окружающей среде может негативно влиять на живые организмы, включая человека. По этой причине возникает необходимость мониторинга экологической обстановки отдельных населенных пунктов и территорий.

Цель данной работы – установить биогеохимическую спецификацию волос населения пгт. Вершино-Дарасунский. В качестве биомаркера были выбраны волосы, поскольку они накапливают химические элементы в высоких концентрациях.

Анализ образцов проводился методом инструментально нейтронно активационного анализа (ИНАА) на базе Национального исследовательского Томского политехнического университета. Всего в процессе исследования было проанализировано 29 проб волос из пгт. Вершино-Дарасунский на содержание следующих элементов: Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Au, Th, U.

Пгт. Вершино-Дарасунский является одним из старейших золотодобывающих поселений Забайкальского края, в 1865 году поселение было основано вблизи месторождения рассыпного золота Узур-Малахай [3]. На данный момент вблизи поселка разрабатывается Дарасунский рудник, который находится в пределах Шилка-Олекминского Au-Мо рудного поля. В центре поселка функционирует золотоизвлекательная фабрика. По предварительным подсчетам в хвостохранилище сконцентрировано 1920 тыс. т хвостов флотации на площади 32 га. Хвосты содержат кроме сульфатов, сульфидов, оксидов и гидроксидов свинца, железа, меди и цинка, большое количество различных цианидов: As(CN)₃, S(CN)₂, CuCN, AgCN [1]. Поэтому хвостохранилища оказывают воздействие на атмосферный воздух, почву и подземные воды.

Для построения геохимического ряда был использован коэффициент концентрации (КК):

$$KK = \frac{Ca}{Me},$$

где C_a – среднее содержание элемента; M_e – медиана по выборке для всего Забайкальского края

В результате расчетов был построен следующий геохимический ряд: $Ag_{43,6} - Au_{36,7} - As_{19,1} - Cs_{8,2} - Hf_{7,6} - Sr_{7,6} - Lu_5 - Sb_{4,6} - La_{3,2} - Eu_{3,1} - Ba_{2,7} - Ca_{2,7} - Ce_{2,6} - Na_{2,5} - Cr_{2,5} - Rb_{2,5} - Nd_{2,1} - Fe_{1,8} - Th_{1,7} - Sc_{1,5} - Br_{1,5} - Tl_{1,5} - Yb_{1,5} - U_{1,4} - Sm_{1,4} - Ta_{1,3} - Co_{0,9} - Zn_{0,9}$.

В начало геохимического ряда выходят элементы специфичные для изучаемого района, в данном случае этими элементами являются серебро, золото, мышьяк, цезий, гафний, стронций и редкоземельные элементы. Распределение золота в земной коре связано с особенностями этого региона, где преобладают месторождения золото-серебро-полиметаллических руд. Эти особенности можно проследить в элементном составе волос местного населения.

В данном исследовании можно отметить, что элементный состав волос отражает уникальные характеристики конкретного месторождения, и это подтверждает ценность волос в качестве индикатора экологической обстановки и возможность использования их для этой цели.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РНФ № 20-67-47005 и № 20-67-47021. Авторы выражают искреннюю благодарность сотруднику Читинской государственной медицинской академии Михайловой Ларисе Альфредасовне за помощь при отборе проб.

Литература

1. Кочев Д.В. Применение спектральных водных индексов на хвостовом хозяйстве Дарасунского рудника по данным дистанционного зондирования Земли программы Landsat [Текст] / Д.В. Кочев, Л.В. Шумилова // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2023. – № 2. – С. 45–60.
2. Крупская Л.Т. Проблемы организации горно-экологического мониторинга экосистем зоны влияния хвостохранилищ с токсичными отходами переработки оловорудного сырья [Текст] / Л.Т. Крупская, М.Б. Бубнова, А.Г. Новороцкая // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 1. – С. 192–199.
3. Энциклопедия Забайкалья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://encycl.chita.ru/encycl/person/?id=183>

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ РЯДОМ С КРУПНОЙ АВТОМАГИСТРАЛЬЮ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМ ЗАВОДОМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЧИНСК МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

Капинос Л.Ю.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация: Произведена оценка экологического состояния почвогрунтов промышленных, расположенных рядом с крупной автомагистралью и нефтеперерабатывающим заводом методом фитотестирования, основанном на использовании растительных организмов в качестве тест-объектов.

Цель: Оценка экологического состояния почвогрунтов, расположенных вдоль крупных автомагистралей на территории города Ачинск методом фитотестирования.

Задачи: рассмотреть влияние техногенных объектов на морфометрические показатели растений гороха и пшеницы, определить хроническую фитотоксичность почвы.

В современном мире промышленные предприятия оказывают значительное влияние на окружающую среду, в частности, на состояние почв прилегающих территорий. От состояния почв зависит качество и безопасность жизни человека, а также возможность использования этих территорий для различных видов деятельности. Одним из эффективных методов оценки состояния почв является фитотестирование, которое позволяет оперативно и сравнительно недорого оценить интегральное токсикологическое состояние среды.

Фитотестирование – это метод биологической оценки состояния окружающей среды, основанный на использовании растений в качестве индикаторов ее качества. Оно довольно широко используется в традиционном экологическом мониторинге для экотоксикологической оценки почв и вод, а также как весьма распространенный прием оценки токсичности или биоактивности различных материалов, химикатов, отходов и продуктов традиционных и новых технологий [4].

Методики фитотестирования:

Расчет витальных (всхожесть/фитотоксичность) и морфометрических (индекс толерантности (ИТ), индекс массы (ИМ)) параметров тест-культур (табл. 1, 2) проводился по ГОСТ Р ИСО 18763-2019 [5]. Хроническая фитотоксичность почвы в отношении высших растений определялась по ГОСТ Р ИСО 22030-2009 [6].

Пробы почв были отобраны по стандартной методике методом «конверта» сотрудниками отделения геологии ИШПР ТПУ в окрестностях Ачинского НПЗ. АО «Ачинский НПЗ ВНК» является единственным крупным нефтеперерабатывающим предприятием в Красноярском крае, а также играет важную роль на рынке нефтепродуктов прилегающих регионов. Экологический контроль осуществляется в пределах санитарно-защитной зоны завода, за ее пределами, а также в рядом расположенных населенных районах заводом [2].

По результатам исследования ростков целиком, наземной части и корня семян были получены следующие значения (рис.).

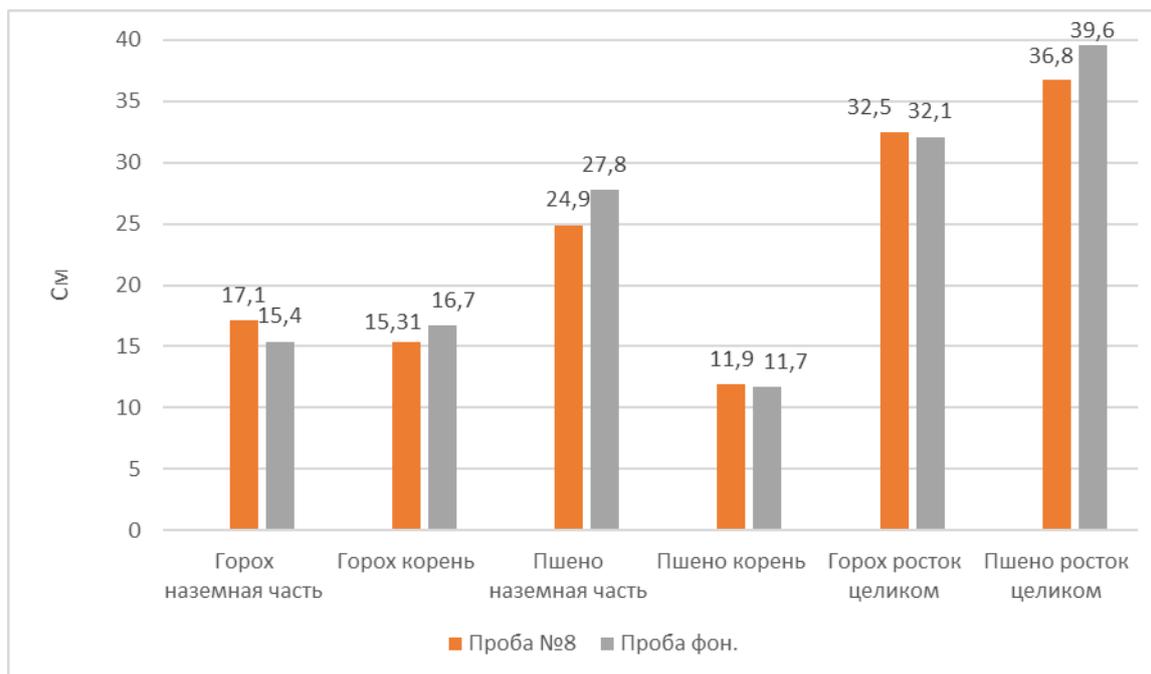


Рис. Результаты измерения наземной части, подземной части (корень), целиком

Формулы для расчета:

$$\text{ИФ} = (L_k + L_p) / (L_{kf} + L_{pf}),$$

где L_k – длина корня исследуемой пробы; L_p – длина ростка исследуемой пробы; L_{kf} – длина корня в фоновой пробе; L_{pf} – длина ростка в фоновой пробе

$$\Phi = N_{п.с} - N_{п.} * 100\%,$$

где $N_{п.с}$ – количество посаженных семян; $N_{п.}$ – количество проросших семян

$$\text{ИТ} = L_i / L_f * 100\%,$$

где L_i – длина растения исследуемой пробы; L_f – длина растения фоновой пробы

$$\text{ИМ} = M_i / M_f * 100\%,$$

где M_i – масса сухого вещества в исследуемой пробе; M_f – масса сухого вещества в фоновой пробе

Таблица 1

Биометрические параметры проростков гороха

№ пробы	Всхожесть	ИФ	Φ	ИТ	ИМ	Класс токсичности
8	9	1	1	1,01	0,7	Норма
Фон.	9	-	-	-	-	-

Таблица 2

Биометрические параметры проростков пшеницы

№ пробы	Всхожесть	ИФ	Φ	ИТ	ИМ	Класс токсичности
8	5	0,94	5	0,92	0,4	Норма
Фон.	9	-	-	-	-	-

Исходя из этого, можно сделать вывод, что почва рядом с Ачинским нефтеперерабатывающим заводом в целом не оказывает сильного негативного влияния на прорастание растений и длину их наземной и подземной части. Для получения более точных результатов необходимо провести дополнительные исследования с использованием разных видов растений и большим количеством проб почв.

Литература

1. Бойцова Л.В. Экологическая оценка почвогрунтов и сложных компостов методом биотестирования / Л.В. Бойцова, Е.Г. Зинчук, К.Г. Моисеев и др. // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. материалов V Международ. науч. эколог. конф., посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. – Краснодар, 2017. – С. 332–335.

2. Воронина Л.П. Экология и природопользование [Электронный ресурс]: учеб. пособие / сост. Л. П. Воронина, В. А. Терехова, Е. В. Морачевская. – Москва: Изд-во МГУ, 2020.
3. Тишин А.С. Методы и способы фитотестирования почв: обзор [Текст] / Тишин А.С., Тишина Ю.Р. // Международный научно-исследовательский журнал – 2021. – № 11-2 (113). – С.93–98.
4. Шахова Т.С. Влияние нефтеперерабатывающих заводов на экологическую обстановку прилегающих территорий по данным изучения снегового покрова (на примере гг. Омск, Ачинск, Павлодар) [Текст]: дис. ... к.г.-м.н. / Шахова Татьяна Сергеевна. – Томск, 2018. – 162 с.
5. ГОСТ Р ИСО 18763-2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/120016692>
6. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200077669>

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ УРАНА В ГОДОВЫЕ КОЛЬЦА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ Крачнакова М.Г.

Научные руководители профессор Н.В. Барановская., старший научный сотрудник Е.Е. Ляпина
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящий момент благодаря совершенствованию лабораторно-аналитической базы стало возможным датировать процессы и события и реконструировать параметры внешней среды с помощью годичных колец деревьев. Наиболее важное значение приобретает индикация антропогенных воздействий, которые вызывают изменения состояния окружающей среды [4].

Для оценки динамики накопления радионуклидов в окружающей среде необходимо иметь достоверные данные об их поступлении не только в настоящем, но и в прошлом [1]. Нами были изучены особенности концентрирования урана в кольцах деревьев на территории Республики Алтай, как одного из элементов, изменения содержания которого может свидетельствовать об особенностях влияния техногенеза на окружающую среду данной территории.

Уран (U) – это встречающийся в природе радиоактивный элемент с атомным номером 92, относится к числу довольно распространенных в земной коре элементов. Как и любой другой элемент, уран имеет несколько разновидностей – изотопов. Одними из самых известных изотопов урана являются U^{234} , U^{235} и U^{238} . Более 99 % из всех трёх изотопов U, естественным образом присутствующих на нашей планете, приходится на U^{238} . Уран широко используется в ядерной энергетике в виде топлива для ядерного реактора или в ядерном оружии [3, 8].

Территория Республики Алтай (РА) является свободной от влияния локальных источников техногенного радиоактивного загрязнения окружающей среды. Однако, учеными были зафиксированы трансграничные ореолы переноса загрязняющих компонентов с территории Республики Казахстан, а именно с Семипалатинского испытательного полигона (СИП) [5, 6]. Ранее проведенными исследованиями установлено, что в период наземных и воздушных испытаний ядерных устройств на СИП через территорию РА прошли радиоактивные следы 22-40 взрывов [5].

Так как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) широко распространена на территории России, древесина именно данного вида деревьев была выбрана для изучения. Отбор проб проводился на территории Республики Алтай в августе 2021 г. Были отобраны керны в трёх точках: в районе Телецкого озера (далее оз. Телецкое); в долине р. Чулышман в районе населенного пункта Язула (далее р. Чулышман) и в районе р. Большая Сумульта (р. Сумульта).

На участке выбирались прямостоящие, неповрежденные деревья. Керны отбирались с использованием возрастного бурава Naglof согласно методике [2]. После пробоотбора керны образцы высушивались при комнатной температуре, выполнялась маркировка и датировка колец. Для проведения анализа керн разделялся по периодам: 1936-1944, 1945-1962, 1963-1979, 1980-2011, 2012-2021 гг. Данные промежутки времени были выбраны как условные этапы изменения биосферы под влиянием техногенеза (доядерный, ядерный, постядерный и современный периоды (с 1980 г. по настоящее время, соответственно). Аналитические измерения содержания U были проведены методом ИСП-МС в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ (зав. лабораторией – к.г.-м.н. Хвощевская А.А., аналитик Куровская В.В.) по аттестованным методикам. Всего было проанализировано 15 проб.

Средние значения содержания U для керны «оз. Телецкое» и «р. Чулышман» составляют, соответственно, 0,0013 мг/кг и 0,0008 мг/кг по всему временному периоду. Поскольку у керны «р. Сумульта» имеется небольшой временной ряд, была проведена оценка среднего значения U за последние два периода, которое составляет 0,0038 мг/кг, также для «оз. Телецкого» и «р. Чулышман» – 0,0016 мг/кг. Для иллюстрации полученных значений была построена диаграмма, демонстрирующая периоды накопления U деревьями в трёх точках исследования (рис.).

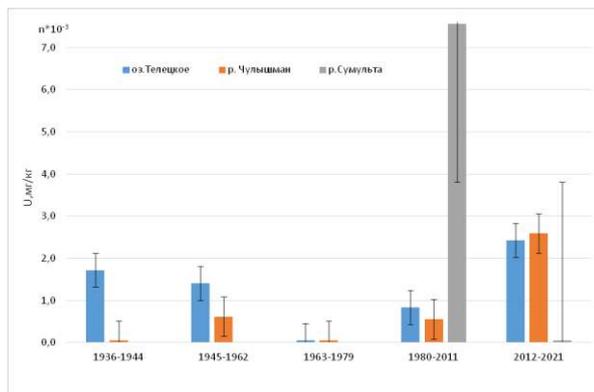


Рис. Диаграмма содержания U по периодам и точкам исследования

Характер накопления U отличается в зависимости от точки опробования. Так, в керне дерева в точке «оз. Телецкое» наблюдается явное разделение концентрации U по доядерному и ядерному периодам, содержание уменьшается до минимального за весь временной ряд (85 лет) и наибольшие значения соответствуют окончанию современного периода. В точке «р. Чулышман» в доядерный и постядерный периоды также наблюдаются минимальные концентрации. В ядерный период содержание U ниже, чем в точке «оз. Телецкое», однако в современные периоды содержание также увеличивается с наибольшими значениями в 2012-2021 гг. В точке «р. Сумульта» отмечается наибольшее значение за всю выборку в 1980-2011 гг. и резкое уменьшение к окончанию современного периода. Для южной части Горного Алтая в период 1970-1980-х гг. характерно увеличение содержания радиоактивных элементов в биологических депонирующих объектах (древесины лиственницы) вследствие проведения взрывных ядерных испытаний на полигоне Лобнор (КНР) [7].

В результате проведенного корреляционного анализа выявлена тесная взаимосвязь между всеми точками. Наиболее сильные связи характерны для точек «оз. Телецкое» и «р. Чулышман», так как на протяжении всего временного ряда наблюдается схожая динамика накопления U. Корреляция положительная: $r = 0,72$ при $P = 0,05$. При этом накопление U древесиной сосны в точке «р. Сумульта» обратно пропорционально ($r = 1$ при $P = 0,05$) по сравнению с остальными точками.

Для сравнения полученных результатов рассмотрим ранее проведенные исследования на территории РА. Средние содержания U в керне лиственницы в Западном Алтае равны 0,001 мг/кг (1936-1944, 1945-1962 гг.), 0,0011 мг/кг (1963-1979), 0,0007 мг/кг (1980-2011) [6]. Исследованные нами пробы имеют близкие по значению содержания U, однако динамика накопления элемента отличается.

Западная часть Горного Алтая на протяжении длительного времени подвергается загрязнению вследствие трансграничного переноса техногенных радионуклидов и тяжелых металлов, главным образом, с территории Восточного Казахстана, а также Китайской народной республики (КНР) в период массовых ядерных взрывов на полигоне оз. Лобнор. Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность использования метода дендрогеохимии в изучении динамики биосферных изменений территорий, подверженных техногенному воздействию.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 20-67-47005 и № 20-67-47021. Автор выражает искреннюю благодарность директору и сотрудникам Алтайского государственного биосферного заповедника за помощь в организации экспедиции по отбору проб.

Литература

1. Замятина, Ю. Л. Изучение истории поступления радионуклидов в окружающую среду на основе F-радиографического анализа годичных колец деревьев (на примере Красноярского края и Центральной Европы) [Текст]: дис. ... к. г – м.н / Замятина Юлия Леонидовна. – Томск, 2008. – 166 с
2. Матвеев С.М. Дендрохронология [Текст]: учеб. пособие / Воронежская гос. лесотехническая академия (ВГЛТА); сост. С. М. Матвеев, Д. Е. Румянцев. – Воронеж: 2013. – 139 с.
3. Международное агентство по атомной энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/chto-predstavlyaet-soboy-uran>.
4. Мельникович, Е. А. Применение методов дендрохроноиндикации для изучения состояния окружающей среды [Текст] / Е.А. Мельникович // 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, 2016. – С. 183-184.
5. Рихванов, Л.П. Дендрорадиография как метод ретроспективной оценки радиоэкологической ситуации. [Текст] монография/ Л. П. Рихванов, Т. А. Архангельская, Ю. Л. Замятина // – Томск: Дельтаплан, 2015. – 148 с.
6. Робертус, Ю. В. Дендрогеохимическая индикация трансграничных переносов экотоксикантов на территорию Алтая [Текст] / Ю. В. Робертус, Л. П. Рихванов, Р. В. Любимов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 173-177.

7. Робертус, Ю. В. Некоторые особенности радиоактивного загрязнения территории Горного Алтая [Текст] / Ю. В. Робертус, Л. П. Рихванов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы II Международной конференции. – 2004. – С. 769-771.
8. Ian Hore-Lacy. Uranium for Nuclear Power: Resources, Mining and Transformation to Fuel [Text] / Ian Hore-Lacy. – Woodhead Publishing, 2016. – 488 p.

СОСТАВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ДРУГИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГОРОДА ТЮМЕНИ, ФОРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ

Крестьянникова Е.В.^{1,2}

Научный руководитель доцент Н.В.Барановская²

¹Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Человеческие волосы являются надежным и удобным биологическим индикатором загрязнения окружающей среды. Анализ волос человека используется для изучения воздействия окружающей среды и на производстве, а также для оценки состояния питания и организма в отношении нескольких металлов – незаменимых (Ca, Cr, Cu, K, Mg, Mn, Na и Zn) и токсичных (Ag, Al, Cd, Ni и Pb). Элементный состав волос (в отличие от крови или мочи) отражает длительное воздействие этих металлов, поскольку волосы являются индикатором прошлых изменений в метаболизме и воздействия окружающей среды. Использование этого индикатора позволило ввести такой метод оценки воздействия химических веществ на человека путем измерения их биомаркеров (исходного соединения или его метаболитов) в биологических матрицах (моча, кровь, пот, волосы, амниотическая жидкость, ткань плаценты и т.д.), как биомониторинг человека [1].

Материалы и методы. При отборе проб волос использовалась стандартная методика, рекомендованная МАГАТЭ (1980). При отборе фиксировался возраст, пол, полное имя, адрес проживания и место рождения, а также наличие патологий и хронических заболеваний. Пробоподготовка проводилась на кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Определено 28 химических элементов высокочувствительным инструментальным методом – нейтроноактивационным анализом с помощью Исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

Результаты и обсуждения. По результатам проведенного факторного (рис.1) и кластерного (рис.2) анализа определено несколько групп совместного переноса элементов. Область 1: Группа Sc-Cr-Fe демонстрирует совместный перенос данных элементов, источником которого может служить в первую очередь пыление почв. Область 2: в свою очередь кластерный анализ продемонстрировал проявляющуюся связь между группой 1 и редкоземельных элементов Yb и Th. Область 3: группа биогенных элементов в волосах Rb-Na имеет совместное распространение в организме вместе с амфотерными металлами Co и Sb, особенно подтвержденную корреляцию имеет Sb и Rb согласно кластерному анализу.

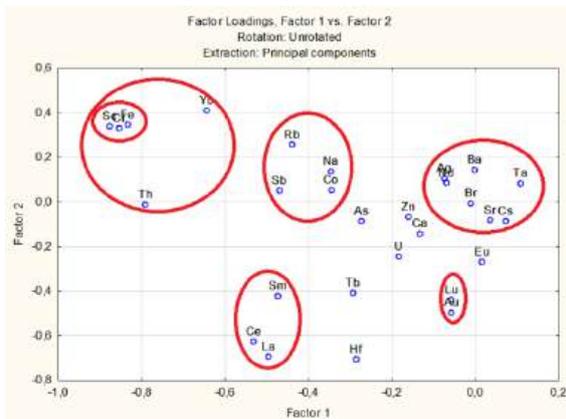


Рис. 1. Факторный анализ распределения накопленных элементов

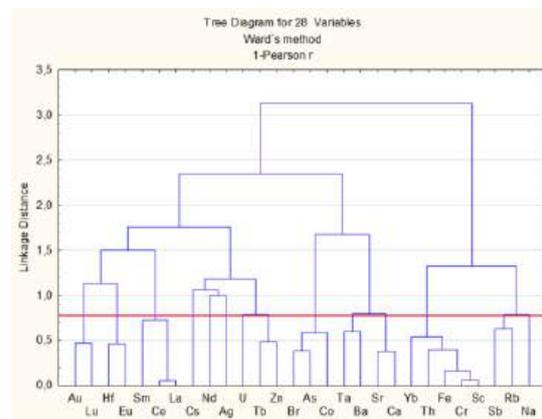


Рис. 2. Кластерный анализ совместного накопления элементов

Закономерности проявленные в областях 2 и 3 описываются предыдущими исследованиями почв Тюмени, проведенные Боевым [2], в работах которых геохимический ряд урбанизированных почв состоит из следующих элементов Cr>Th>Fe>Co>V>Na>Sc. Область 4: отдельные представители группы редкоземельных элементов Ce-La-Sm показывают связанное накопление и согласно коэффициенту соотношения $La/Ce_{мед} = 0,58$ ($La/Ce_{ср} = 0,30$) < 1 [3] носят природный характер.

Для волос характерен, комбинированный путь поступления элементов, но в большей степени волосы отражают пылеаэрозольное поступление. И так как область 4 при факторном анализе отделена от области 5 Ca-Zn-Ag-Nd-Ba-Br-Sr-Cs-Ta, которая связана с водным поступлением в организм щелочных и щелочноземельных металлов, с другой стороны присутствие макроэлемента Zn является типичным для этих ассоциаций. Попадание брома по дендроанализу в зависимость с мышьяком и кобальтом является отличительным признаком биосубстратов

в нефтегазоносных регионах [4]. Особый интерес представляет концентрирования золота и лотетция в городах с техногенным загрязнением, связанным с нефтепереработкой. Их миграция подтверждается факторным и кластерным анализом – область 6.

В водах городской зоны содержится от 1.1 до 2.0 ПДК Mn, более 5 ПДК Fe. Повышенное содержание Fe обусловлено болотным питанием рек [5], в которых Fe находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот. Концентрации Mn связаны с повышенным уровнем его содержания в почвенном покрове Тюменского района [6]. Фиксируется зависимость между содержанием Fe, Mn в поверхностных и подземных природных водах и употребляемой населением водопроводной воде [7]. Для оценки влияния питьевого режима на формирование элементного статуса волос был проведен сравнительный корреляционный анализ средних содержаний общего железа в водопроводной воде города Тюмени в 24 точках, которые соотносились с местами проживания респондентов. Результаты содержаний компонентов были разделены по типам источников водоснабжения: централизованное и скважинное (колодезное) (табл.).

Содержание гидрохимических показателей вод Тюмени, используемых для питьевого и хозяйственного назначения

	Ca+Mg, мг/л		Fe общее, мг/л		Mn, мг/л		pH	
	скважины	центр	скважины	центр	скважины	центр	скважины	центр
Медиана	4,88	0,83	2,53	0,129	0,45	0,067	7,10	7,1
Ср. ариф	7,96	2,29	7,08	0,136	0,74	0,13	7,11	7,1
Мин	3,56	0,05	0,34	0,025	0,067	0,054	6,70	7,1
Макс	19,40	7,90	20,00	0,234	2,54	0,60	7,60	7,1
Станд. отклон	5,40	3,11	7,85	0,071	0,75	0,18	0,30	-

Исследование [8] демонстрирует, что влияние состава питьевой воды на концентрирование железа в волосах и ногтях человека наблюдается при содержании железа в водах при 300 мкг/л (0,3 мг/л). Однако концентрация железа в водах поступающих через централизованное водоснабжение Тюмени отличается от данного предела в 1,3 и более раз. Содержание железа в скважинных пробах безусловно превышает 300 мкг/л, но ввиду прохождения дополнительных водоподготовок, эта концентрация снижается к уровням проб централизованного водоснабжения. В связи с чем достоверных корреляций между содержанием железа в волосах и питьевой воде установлено не было, что может свидетельствовать о барьерных способностях жидкости ротовой полости для растворенного железа [9]. Значимые связи накопленного железа выявлены с кобальтом (0,46), торием (0,43), хромом (0,37) и лантаном (0,32), которые не мигрируют в растворенном виде.

Заключение. Поступление микроэлементов в организм человека отражается через изменение химического состава слюны. Анализ литературы позволяет выявить связь между концентрированием Fe в адсорбированной форме на зубной эмали и возникновением кариеса через изменение соотношений элементов и кислотности полости рта, но при этом практические данные анализа состава вод и биосубстратов не выявили взаимосвязи накопления, что свидетельствует о возможных барьерных биохимических свойствах ротовой полости и иных способах поступления железа в организм человека.

Финансирование. Обзор и анализ литературных данных подготовлены в рамках реализации проекта Российского научного фонда № 23-77-01077.

Литература

- Ioanna Katsikantami, Manolis N. Tzatzarakis, Vasiliki Karzi, Athina Stavroulaki, Pelagia Xezonaki, Elena Vakonaki, Athanasios K. Alegakis, Stavros Sifakis, Apostolos K. Rizos, Aristidis M. Tsatsakis, Biomonitoring of bisphenols A and S and phthalate metabolites in hair from pregnant women in Crete, Science of The Total Environment, Volume 712. – 2020.
- Боев В. В. Геоэкологическая оценка территории влияния Антипинского нефтеперерабатывающего завода с применением условного фона (Тюменский федеральный заказник) : диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук : спец. 25.00.36 / В. В. Боев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет ; науч. рук. Н. В. Барановская. – Томск. – 2020.
- Коваль Е.В. Изучение индикаторного значения La/Ce соотношения (на примере природных сред и живых организмов территории Томской области) // Наука и современность. – № 44. – 2016
- Барановская Н.В., Перминова Т.А., Ларатт Б., Наркович Д.В., Денисова О.А. Биогеохимические особенности накопления брома в организме человека (на примере жителей Томской области) // Вестник ОмГАУ. – № 3 (23). – 2016.
- Никулин Д. А., Ламанова Т.В. Сравнение степени загрязнения водоёмов Тюменской области Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2018. – С. 265–268.
- Таирова А.Р., Мухамедьярова Л.Г., Козяр Ю.В. Оценка экологического состояния реки Туры в условиях антропогенного воздействия // Вестник НЦ БЖД. 2015. – № 26 (4). – С. 138–141.
- Ермакова Н.А. Гидрохимическое состояние тюменских источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в весенне-летний период // Вестник Тюменского государственного университета (Экология). 2014. – № (12). – С. 38–149.
- Chaturvedi, Richa et al. "High iron accumulation in hair and nail of people living in iron affected areas of Assam, India." Ecotoxicology and environmental safety 110 (2014): 216-20.

9. Кочконян Т. С., Гаспарян А. Ф., Ладутько А. А., Быков И. М., Шалаева Г. В., Быкова Н. И. Процессы перекисного окисления липидов и состояние антиоксидантной системы ротовой жидкости при различных степенях вторичной адентии // Кубанский научный медицинский вестник. 2010. – № 2.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ГОДОВЫЕ КОЛЬЦА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Ле Т.Х.Ш

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Депонирующие среды играют большую роль в воспроизведении динамики загрязнения за длительные временные периоды [4]. Одним из примеров такой среды являются годовые кольца деревьев. Деревья широко распространены для отбора проб, а кольца деревьев относительно легко датировать. Они подходят для изучения пространственно-временного распределения атмосферных загрязнителей с целью реконструкции истории процессов геохимического преобразования биосферы.

Оценка динамики изменения содержания радиоактивных элементов (тория и урана) с использованием метода дендрогеохимии позволяет проследить изменения радиоэкологического состояния территорий [1]. Нами были изучены особенности концентрирования урана и тория в кольцах деревьев на территории Иркутской области, в пунктах, расположенных в заповедной зоне Прибайкальского национального парка. Цель исследования – определить динамику изменения концентрации радиоактивных элементов (урана и тория) в годовых кольцах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (далее «сосны») на территории Прибайкальского национального парка.

В качестве объекта исследования выбрана сосна, имеющая обширные ареалы распространения. Сосна имеет наиболее обширный ареал на Евразийском материке: от Атлантического океана на западе до Тихого океана на востоке, от Заполярья на севере до Черноморского побережья на юге. В России сосна обыкновенная распространена на всей территории, включая Сибирь и Дальний Восток. Отбор проб проводился в июне 2022 г. в трех точках: кордоны Харгино, Хатка и остров Ольхон. Всего отобрано 6 кернов.

На участке выбирались прямостоящие, неповрежденные деревья. Керны отбирались с использованием возрастного бурава Haglof согласно методике [2]. После пробоотбора керны образцы высушивались при комнатной температуре, выполнялась маркировка и датировка колец. Для проведения анализа керн разделялся по периодам: до 1944, 1945-1962, 1963-1979, 1980-2012, 2013-2022 гг. Данные промежутки времени были выбраны как условные этапы изменения биосферы под влиянием техногенеза (доядерный, ядерный, постядерный и современный периоды соответственно) [3]. Аналитические измерения содержания элементов были проведены методом ИСП-МС в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ (зав. лабораторией – к.г.-м.н. Хвощевская А.А., аналитик Куровская В.В.), по аттестованным методикам. Всего было проанализировано 15 проб.

Для иллюстрации полученных значений была построена диаграмма, демонстрирующая периоды накопления U и Th деревьями в трёх точках исследования (рис.).

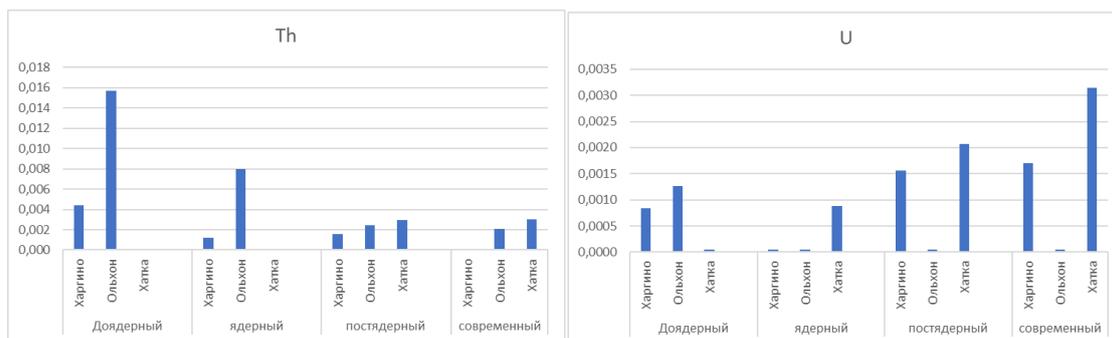


Рис. Динамика изменения содержания радиоактивных элементов (U и Th) по периодам и точкам исследования

Характер накопления U отличается от накопления Th. Для урана характерным является увеличение концентрации от доядерного к современному периоду практически вне зависимости от точки отбора. По всей видимости, данный элемент является индикатором радиоэкологической обстановки региона. Для тория более характерным является накопление в кольцах деревьев острова Ольхон в доядерный и ядерный период. Этот феномен нам объяснить сложно.

Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность использования метода дендрогеохимии в изучении динамики биосферных изменений территорий, подверженных техногенному воздействию.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФ № 20-67-47005 и № 20-67-47021. Автор выражает искреннюю благодарность директору и сотрудникам Прибайкальского национального парка за помощь в организации экспедиции по отбору проб.

Литература

1. Замятина, Ю. Л. Изучение истории поступления радионуклидов в окружающую среду на основе F-радиографического анализа годовых колец деревьев (на примере Красноярского края и Центральной Европы) [Текст]: дис. ...к. г – м.н / Замятина Юлия Леонидовна. – Томск, 2008. – 166 с
2. Матвеев С.М. Дендрохронология [Текст]: учеб. пособие / Воронежская гос. лесотехническая академия (ВГЛТА); сост. С. М. Матвеев, Д. Е. Румянцев. – Воронеж. – 2013. – 139 с.
3. Черненькая, Е.В. Плутоний в некоторых типах травянистой и кустарничковой растительности юга Западной Сибири / Е.В. Черненькая, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-5. – С. 984-991.
4. Eyrikh S.S. Mercury in paleoarchives as a proxy of environmental and climate changes // Limnology and Freshwater Biology. – 2022. – № 3 (SI: Mercury 2022), – pp. 1355-1358. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-3-1355> (РИНЦ).

ПЕРВЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА Г. ТАШТАГОЛ МЕТОДОМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Леухин И.В.

Научный руководитель профессор Е.Г. Языков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В статье обобщаются первые результаты изучения элементного состава почвенного покрова г. Таштагол методом нейтронно-активационного анализа.

Цель: определить факторы, влияющие на содержание химических элементов в почвах Таштагола. Задачи: подготовить пробы почвы к анализу методом нейтронной активации; обработать полученные результаты; выделить факторы, влияющие на содержание и распределение элементов в почве исследуемой территории.

Объект исследования: гумуссированный слой почвенного покрова г. Таштагол. Предмет исследования: закономерности содержания химических элементов в верхнем слое почвенного покрова города Таштагол.

В Кемеровской области ранее проводились подобные исследования на примере г. Междуреченск [5]. Таштагол в свою очередь находится значительно южнее и отличается от ранее исследованной территории. Климат в Таштагольском районе резко-континентальный. Сумма активных температур около 1600 °С, среднегодовое количество осадков колеблется от 700 до 900 мм [1, 2]. По сведениям из почвенно-географической базы данных России [6] западная и центральная часть Таштагола сложена дерново-подзолистыми поверхностно-глееватыми почвами. В северо-восточной части отмечается переход к бурозёмам кислым. Почвы маломощные, в некоторых точках отбора проб каменистые, начиная с поверхности. Геология г. Таштагол весьма разнообразна. По данным базы данных Госгеолкарт [3], приведённых на рисунке 1, почвообразующие породы Таштагола имеют следующее строение: западная и центральная часть – сланцы различного генезиса, мраморы, доломиты, известняки; центральная и юго-восточная часть – нижнедевонские свиты; сиениты; на юго-восточной окраине имеются скарновые зоны с телами магнетита; западная часть в пойме р. Шалым – кембрийские субвулканические профириты и габбро-профириты. Важное значение в распределении веществ играет рельеф. Высоты над уровнем моря колеблются от 300 до 900 м, город лежит в пойме рек Кондома и Шалым.

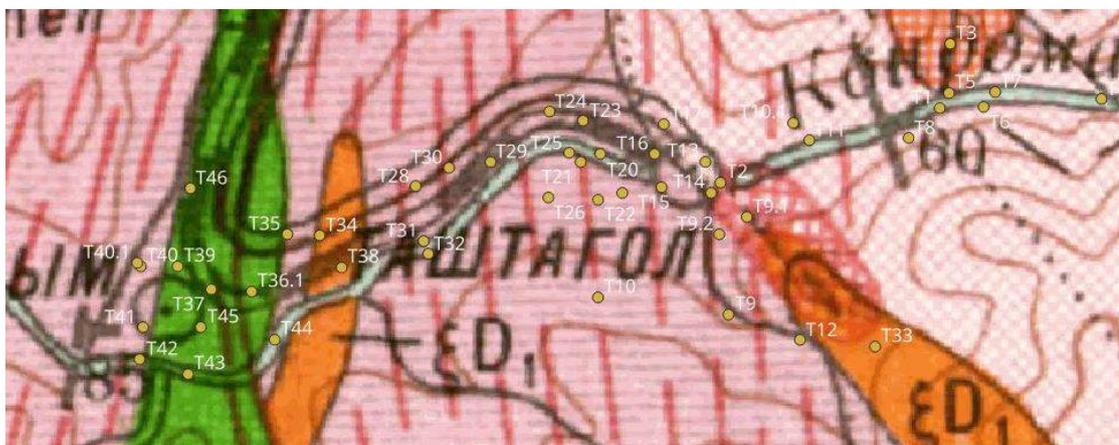


Рис. 1. Схема геологического строения почвообразующих пород г. Таштагол

Отбор и подготовка проб почвенного покрова проведены в соответствии с межгосударственным стандартом «Охрана природы (СООП) Почвы. Общие требования к отбору проб» [4]. Взятие образцов проводилось

в несколько этапов с октября 2020 по октябрь 2022 г. Всего отобрано 46 образцов по сети опробования 250*250 м. Пробы высушены до воздушно-сухого состояния, просеяны до фракции <1 мм, выделены навески по 100 мг, пробы истёрты в агатовой ступке до состояния пудры и упакованы в конверты из алюминиевой фольги. В таком виде образцы направлены на нейтронно-активационный анализ; внутренний контроль измерения составил 5 случайных проб из массива.

Всего проанализировано содержание 28 химических элементов. Статистически значимые результаты показали 25: Sm, Ce, Ca, Lu, U, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, As, Br, Cs, Tb, Sc, Rb, Fe, Zn, Ta, Co, Na, Eu, La. Серебро (Ag) и золото (Au) имеют значения ниже порога обнаружения, сурьма (Sb) обладает крайне высоким коэффициентом вариации (232). Аномалии по максимальному содержанию некоторых элементов были отмечены в точке T15, T7, T8, T32 и были исключены из дальнейшей статистической обработки по тау-критерию. Аномалии выявлены в T15 по следующим химическим элементам: Ce, Lu, U, Th, Yb, Fe, Co, Eu, La; T 32 – Zn, T8 – Ba, Sr; T7 – Ta. Перечисленные точки находятся в пойме р. Кондома, что указывает на влияние рельефа как фактора повышенного содержания некоторых химических элементов.

Математически взаимосвязь распределения элементов в выборке отражена в итогах кластерного анализа методом расчёта Евклидова расстояния, представленного на рисунке 2.

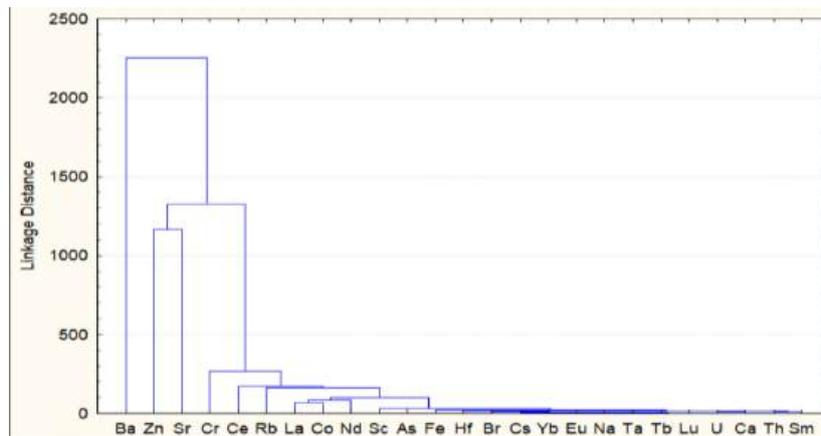


Рис. 2. Результаты кластерного анализа

Особняком выделяется распределение бария, цинка и стронция – двухвалентных металлов, обладающих схожими химическими свойствами.

Говоря о факторах, влияющих на распределение и содержание химических элементов в изучаемом почвенном субстрате, следует выделить неоднородность почвообразующих пород и сложность рельефа. В пользу первого говорит тесная взаимосвязь редкоземельных элементов, в пользу значимости рельефа – наличие аномально высоких содержаний в пойме р. Кондомы, где скапливаются отложения с надпойменных террас.

Абсолютные содержания, моделирование их распределения на территории города, выбор фоновых значений требует более развёрнутого осмысления, которое станет предметом дальнейших научных изысканий.

Литература

1. Администрация Таштагольского района: официальный сайт. – Таштагол, 2024 г. – URL: <http://atr42.ru/index/klimat/0-31> (дата обращения: 27.02.2024 г.)
2. Архив погоды РП 5. – Таштагол, 2024 г. – URL: <https://rp5.md/> (дата обращения: 27.02.2024 г.)
3. Всероссийский геологический институт им. Карпинского – Москва, 2024. – URL: <https://webmapget.vsegei.ru/> (дата обращения: 27.02.2024 г.)
4. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – М.: Стандартинформ, 2008.
5. Кудрявцева М.Г. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова в зоне влияния угледобывающих предприятий на примере г. Междуреченск (Кемеровская область): магистерская диссертация 05.04.06 / Кудрявцева М.Г., науч. рук. Осипова Н.А.; ТПУ – Томск, 2020. – 114 с.
6. Почвенно-географическая базы данных России. – Москва, 2024 – URL: <https://soil-db.ru/> (дата обращения: 27.02.2024 г.)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПОСЁЛКА САГАН-НУР (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Ливента Д.С.

Научный руководитель доцент Н.А. Осипова

Научный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уголь играет важную роль в мировой энергетике. Одним из лидеров по добыче угля в Восточной Сибири является предприятие ОАО «Разрез Тугтунский» («СУЭК»). Однако, уголь не только один из основных источников

топлива для производства электроэнергии, но и мощнейший загрязнитель окружающей среды, особенно при сжигании. Проводить мониторинг почв, находящихся под воздействием угольных месторождений, необходимо для эффективного управления природными ресурсами и минимизации негативного воздействия на окружающую среду [2].

Добыча и использование угля отражается на состоянии окружающей среды, так как воздействие на нее происходит на всех стадиях добычи угля, начиная со снятия плодородного слоя и заканчивая выбросами в атмосферный воздух загрязняющих веществ при сжигании угля [3]. В связи с тем, что уголь содержит большое количество химических элементов, в том числе токсичных и радиоактивных, территории, находящиеся вблизи угольнодобывающих предприятий, находятся в зоне техногенного воздействия. При этом почва долгое время сохраняет в себе продукты техногенеза [4].

Целью данной работы является исследование состава почв посёлка Саган-Нур в Республике Бурятия.

Объектом исследования являются пробы почв, отобранные на территории поселка Саган-Нур Мухоршибирского района Республики Бурятия. Близость расположения населенного пункта и направление ветров свидетельствуют о том, что почвы находятся в зоне влияния Олонь-Шибирского угольного месторождения, и, следовательно, их элементный состав и геохимические характеристики могут меняться под воздействием этого фактора.

В процессе исследования проб был изучен их элементный состав с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа, который является одним из основных методов определения элементного состава вещества. Анализ проб почв был выполнен в ядерно-геохимической лаборатории на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Также были определены физико-химические характеристики водных вытяжек почв – pH и электропроводность.

По результатам инструментального нейтронно-активационного анализа мы выявили геохимическую специализацию почв. На основе содержания элементов в конкретной пробе был рассчитан кларк концентрации, с помощью которого выявили химические элементы, накапливающиеся в конкретной пробе. Результаты представлены на рисунке 1. При сравнении среднего содержания элемента в почвах с кларком земной коры видно повышенное содержание следующих элементов: Ce, Ca, U, Cr, Sr, Zn, Cs, Na, Eu [1].

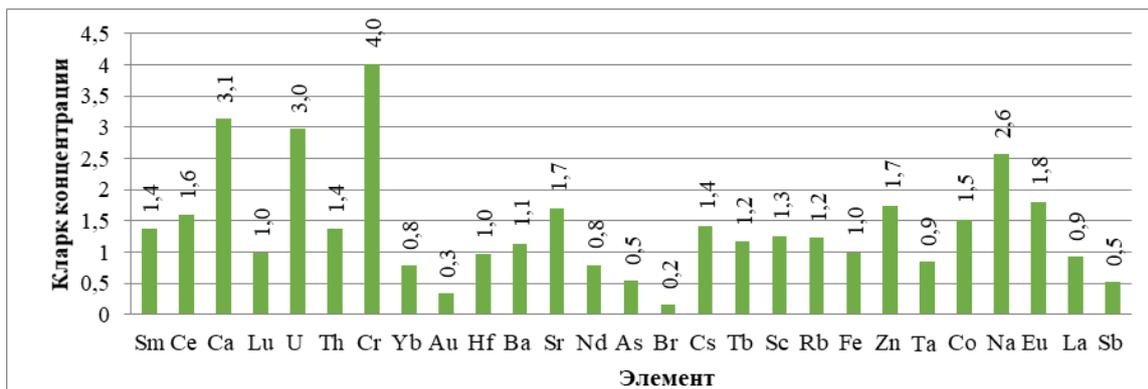


Рис. 1. Отношение среднего содержания элементов в пробах почв Саган-Нура к кларку земной коры

Водородный показатель всех проб находится в пределах 6-8 единиц. Эта область pH соответствует нейтральной, слабокислой и слабощелочной среде. При этом наибольший показатель (слабощелочная среда) соответствует пробам, отобранным на территории школы.

После проведенных измерений можно сказать, что электропроводность проб почв варьирует от 121 до 710 мСм/см. Минимум соответствует пробам, отобранным на территории котельной и стадиона. Максимальная электропроводность фиксируется в водных вытяжках проб почв, взятых на территориях парковой зоны.

Также было определено содержание фторидов. Фтор содержится в углях и продуктах его сгорания, поэтому и в почвах мы наблюдаем его невысокие концентрации. Наибольшая концентрация фторидов наблюдается в пробах почв, отобранных на территории котельной и школы, минимальные – в почвенных пробах, отобранных на территории парковой зоны.

С помощью спектрофотометра провели определение содержания нитритов. Азот относится к биогенным элементам и проследить не полностью окисленную форму азота в виде нитритов нам позволяет этот метод с использованием реактива Грисса. Больше количество нитритов по сравнению с другими пробами содержится в пробах почв, отобранных на территории стадиона и парка.

Результаты проведенных измерений представлены на рисунке 2.

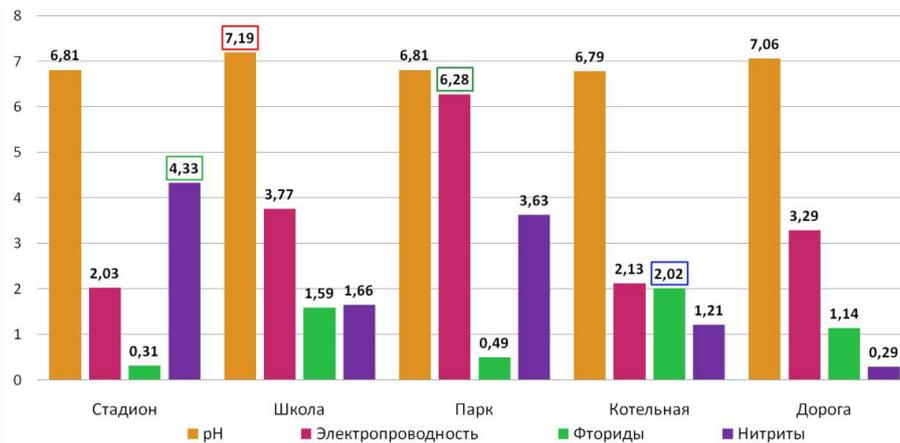


Рис. 2. Основные показатели почвы, характеризующие подвижность элементов

Примечание: pH – водородный показатель, электропроводность – (мСм/см)/100, фториды, нитриты – в мг/л

Таким образом, почвы, отобранные на территории поселка Саган-Нур в Мухоршибирском районе Республики Бурятия и находящиеся в зоне влияния Олонь-Шибирского угольного месторождения, характеризуются высоким содержанием следующих элементов: Се, Са, U, Cr, Sr, Zn, Cs, Na, Eu относительно кларка для земной коры. Стоит отметить, что исследуемые почвенные вытяжки имеют нейтральную реакцию среды, что может смягчить воздействие непрерывной разработки месторождения. Электропроводность почвенных вытяжек варьирует в пределах от 121 до 710 мСм/см, на ее значение оказывает влияние присутствие электролитов – ионов натрия, калия, кальция, хлора, сульфатов и гидрокарбонатов. Концентрация фторидов в пробах почв находится в пределах от 0,3 до 2 мг/л, что ниже его ПДК в почвах. Нитриты связаны с pH следующей зависимостью: чем меньше водородный показатель, тем больше содержание нитритов и наоборот, чем больше водородный показатель, тем меньше содержание нитритов.

Литература

1. Григорьев, Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. / Н. А. Григорьев. – Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2009. – 381 с.
2. Крылов, Д. А. Воздействие микроэлементов от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 8. – С. 9-16.
3. Куклина М.В. Перспективы использования малых угольных разрезов республики Бурятия / М. В. Куклина, Т. А. Баяскаланова, В. Н. Богданов, Н. Г. Уразова // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 4. – С. 98-103.
4. Осипова Н.А. Тяжелые металлы в почвах в районах воздействия угольных предприятий и их влияние на здоровье населения / Н. А. Осипова, Е. Г. Язиков, Н. П. Тарасова, К. Ю. Осипов // Безопасность в техносфере. – 2015. – № 2. – С. 16-26.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В СОПРЯЖЕННЫХ СРЕДАХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ

Лобзина Д.В.

Научный руководитель доцент Н.П. Соболева, старший научный сотрудник Е.Е. Ляпина
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Ртуть – один из самых опасных элементов-загрязнителей окружающей среды. С увеличением техногенного прессинга повышается уровень и характер загрязнения объектов окружающей среды. По степени негативного воздействия и постоянной трансформации в динамичных условиях окружающей среды ртуть является одним из приоритетных элементов контроля со стороны экологических организаций и научного сообщества [1, 10].

Деятельность горнодобывающих предприятий связана с образованием многокилометровых и многотонных отвалов вскрышных и вмещающих пород, хвостохранилищ, терриконов. Основное негативное влияние на окружающую среду связано с миграцией химических элементов и трансформацией их соединений в условиях дневной поверхности. Опасность отходов усугубляется тем, что в них содержатся токсичные элементы и их соединения, в том числе ртуть (Hg). Поллютант может поступать в атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы с отвалов карьеров, при проведении взрывных работ, а также при пылении и перевозке руд [3, 7].

Исследование ртутного загрязнения экосистем проводилось в пределах Республики Хакасия. Объектом исследования являются пробы почв, лесной подстилки, хвои и ветвей лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.). Отбор проб почв и подстилки проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.02-84 [4], древесины и хвои согласно [8] одновременно в каждой точке во второй половине июля 2023 г.

Отбор проб проводился в пределах двух районов Республики Хакасия, условно «Саянский» (поселок городского типа Майна), «Туимский» (село Туим) район. На территории «Саянского» района отобраны пробы в зоне отвала вскрышных пород Изырбельского гранитного месторождения (гранитный отвал), а также в зоне отвала вскрышных пород Кибик-Кордонского месторождения мрамора (мраморный отвал). На территории «Туимского» района отобраны пробы в области полигона ТПУ – полигон нативной части и селитебная часть, расстояние от нативной части до селитебной части составляет 200 метров, перепад высот 10 метров. Полигон ТПУ предназначен для прохождения геологической учебной практики. Далее на территории «Туимского» района отобраны пробы в области села Туим – Туимское хвостохранилище и Туимский провал. Молибдено-медно-железное месторождение Киялых-Узень в настоящее время не отрабатывается. На месте размещения месторождения образовался огромный провал, а также крупное хвостохранилище, интенсивно зарастающее вторичным лесом [9].

Содержание ртути в пробах определяли в учебно-научной лаборатории на базе Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета методом атомно-адсорбционной спектроскопии с помощью ртутного анализатора РА-915+. Разложение матрицы проб проводилось при температуре 850 °С (метод пиролиза). Точность определения ртути 5 нг/г [1]. Достоверность результатов аналитических исследований подтверждалась внутренним контролем.

Методика обработки результатов включала расчет эколого-геохимических показателей для проб хвои и древесины: K_c – коэффициента концентрации относительно фона (хвоя – 8 нг/г; древесина – 8,4 нг/г) [11]; ВДК – временно-допустимой концентрации (хвоя – 16; древесина – 16,8 нг/г) [10]; K_{LM} – кларка живого вещества (100 нг/г); [7]; K_N – кларка ноосферы (180 нг/г) [3]; K_{LP} – среднего содержания в сухом веществе наземных растений (15 нг/г) [12]; K_M – среднего арифметического по выборке (9,9±1,1 – хвоя; 13±1,8 – древесина, нг/г); K_E – коэффициент обогащения (нормирование по S_c , собственные данные); K_6 – коэффициента биоаккумуляции [5].

Для проб почвы и подстилки были рассчитаны следующие показатели: K_c – коэффициент концентрации относительно фона (25 нг/г) [2]; $K_{пдк}$ – коэффициент концентрации относительно ПДК (2100 нг/г) [11]; ВДК – временно-допустимая концентрация (24 нг/г – подстилка) [10]; K_k – кларк концентрации (65 нг/г) [6]; K_M – среднее арифметическое по выборке (40,3±24,3 – почва; 64,3±5,4 – подстилка, нг/г); K_E – коэффициент обогащения (нормирование по S_c , собственные данные); $K_{пз}$ – коэффициент концентрации относительно среднего для почв Земли (10 нг/г) [6].

Концентрации Hg в пробах почв на территории исследования варьируют в диапазоне 7-137 нг/г, составляя в среднем 40,3±24,3 нг/г (рис.). Распределение Hg на данной территории носит крайне неравномерный характер, что подтверждается расчетом коэффициента вариации (74 %). Максимальная концентрация выявлена на территории Туимского провала (137 нг/г), минимальная – на территории отвала вскрышных пород Изырбельского гранитного месторождения (7 нг/г).

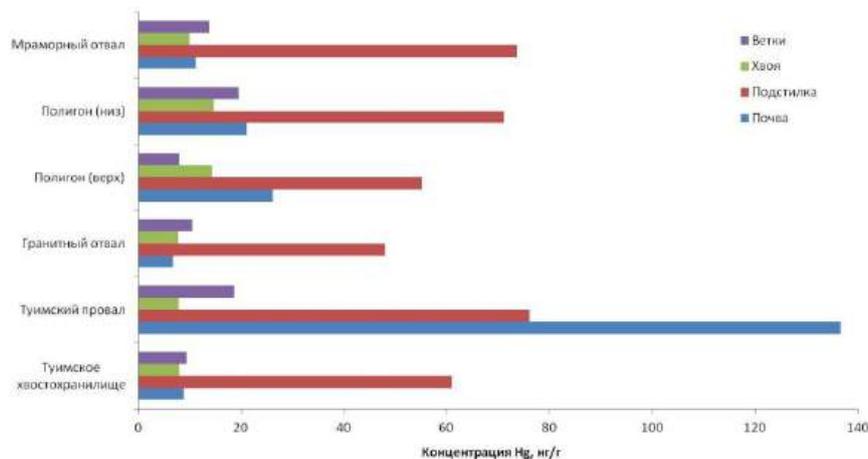


Рис. Содержание ртути в сопряженных средах Республики Хакасия

Аккумуляция Hg в пробах лесной подстилки на территории исследования варьируют в диапазоне 48-76 нг/г, составляя в среднем 64,3±5,3 нг/г. Распределение Hg на данной территории носит также неравномерный характер распределения. Коэффициент вариации составляет – 425 %. Максимальная концентрация относится к на территории Туимского провала (76 нг/г), минимальная – также на территории отвала вскрышных пород Изырбельского гранитного месторождения (48 нг/г).

Накопление Hg в пробах ветвей лиственницы на территории исследования варьируют в диапазоне 8-17 нг/г, составляя в среднем 13,0±1,8 нг/г. Распределение Hg на данной территории носит неравномерный характер распределения (коэффициент вариации – 321 %). Максимальная концентрация выявлена на территории Туимского провала (17 нг/г), минимальная – на территории полигона ТПУ (нативный участок, 8 нг/г).

Содержание Hg в пробах хвои на территории исследования варьируют в диапазоне 8-15 нг/г, составляя в среднем 9,9±1,0 нг/г. Распределение Hg на данной территории носит также неравномерный характер распределения,

коэффициент вариации – 251 %. Максимальная концентрация выявлена на территории полигона ТПУ (селитебная часть) (15 нг/г), минимальная – на территории отвала вскрышных пород Изырбельского гранитного месторождения.

Сопредельные среды территории отвала вскрышных пород Изырбельского гранитного месторождения характеризуются минимальными концентрациями ртути, за исключением хвои.

Похожий характер накопления поллютанта выявлен в пробах почвы, подстилки и ветвей лиственницы, что подтверждается результатами расчета коэффициента корреляции ($r = 0,53-0,79$ при $P=0,05$).

Территориально максимальные концентрации отмечаются в зоне воздействия селитебных зон, а не вблизи объектов горнодобывающей промышленности на территории Республики Хакасия.

Геоэкологические показатели свидетельствуют о накоплении ртути почвами точки «Полигон» (нативный участок) и обогащении в точке «Туимский провал» в сравнении с фоном, что подтверждается вычислением фактора обогащения относительно Sc. Концентрация ртути во всех исследованных средах не превышает нормативные показатели. Однако в пробах биологических объектов (хвоя, древесина) содержание ртути значительно выше фона и среднего по выборке. Коэффициент биоаккумуляции свидетельствует о присутствии ртути в почвах и подстилке в биологически доступных формах, что подтверждается похожим характером накопления поллютанта почвами, подстилкой и ветками.

Литература

1. Аношин Г.Н. Ртуть в окружающей среде юга Западной Сибири / Г.Н. Аношин, И.Н. Маликова, С.И. Ковалев // Химия в интересах устойчивого развития. 1995. – Т. 3. – № 1-2. – С. 69–111.
2. Волошин Е.И. Содержание и распределение микроэлементов в почвах Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 4. – С. 28–37.
3. Глазовский Н.Ф. Геохимические потоки в биосфере. Избранные труды. В 2 т. Т. 1. Геохимические потоки в биосфере. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 535 с.
4. ГОСТ 17.4.02-84. "Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа" М., Гидрометеиздат, 1983.
5. Добровольский В.В. Геохимическое земледование. – М.: ВЛАДОС, 2008. – 207 с.
6. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник московского университета. Серия 5. География. – 2015. – № 2. – С. 7–17.
7. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
8. Матвеев С.М. Дедрохронология: учебное пособие / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013. – 140 с.
9. Рихванов Л.П. Путеводитель по району геоэкологической практики в Хакасии: учебное пособие / Л.П. Рихванов, Е.Г. Языков, С.И. Арбузов, А.Ю. Шатилов, В.Г. Языков, В.М. Худяков; Томский политехнический университет. 3-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 91 с.
10. Щербов Б.Л. Лесные пожары и их последствия (на примере Сибирских объектов) / Б.Л. Щербов Е.В. Лазарева, И.С. Журкова. – Новосибирск: Гео, 2015. – 154 с.
11. Янин Е.П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. – М.: ИМГРЭ, 1992. – 192 с.
12. Markert B.A Plants as biomonitors. Indicators for heavy metals in the terrestrial environment. – Weinheim: VCH, 1993. – 644 p

ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГРАММЫ «1С: ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОРП»

Мелькер Д.Д., Слепушкина А.А.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский томский политехнический университет, г. Томск, Россия

«1С: Экология. Охрана окружающей среды КОРП» используется для автоматизации процессов управления, эксплуатации и контроля в области охраны окружающей среды на предприятиях и организациях. Но функционал программы ограничен и не способен полностью удовлетворить потребности практикующих инженеров-экологов в узких областях, например, таких как лесная промышленность.

Цель – изучить и проанализировать функции и виджеты программы «1С: Экология. Охрана окружающей среды» с целью предложить новые возможности и оптимизировать процессы управления и контроля охраны окружающей среды на предприятиях и в организациях лесной отрасли.

Задачи: изучить функционал программы «1С: Экология. Охрана окружающей среды»; изучить специфику производственного процесса предприятий лесной отрасли в области охраны окружающей среды; предложить новые возможности использования программы «1С: Экология. Охрана окружающей среды» для предприятий лесной промышленности.

Эко-виджет использования лесов

Виджет должен содержать в себе систему учета и планирования использования природных ресурсов, на основе утвержденной формы № 1-ИЛ. Данный виджет поможет предприятиям лесной отрасли, которые ежемесячно отчитываются о вырубке/использованию лесов и ежегодно сдают отчетность 2-ТП (рекультивация), собрать данную информацию в единую систему, которая позволит:

1) вводить данные о потреблении лесных ресурсов и отслеживать объемы вырубки в разрезе посадок новых деревьев для поддержания баланса между использованием и восстановлением лесных угодий;

2) определить, насколько эффективно используются древесные отходы и другие биоэнергетические ресурсы (лесные предприятия часто используют биоэнергию, такую как древесные отходы, для производства тепла и энергии). Например, если окажется, что древесные отходы используются неэффективно, предприятие может разработать и внедрить более эффективные технологии переработки древесных отходов в энергию, улучшить систему управления отходами на предприятии или же рассмотреть вариант сбыта древесных отходов в мебельные производства, если это будет экономически более выгодно.

Эко-виджет отвода и таксации леса

Данный виджет позволит предприятиям лесной отрасли хранить и анализировать данные отвода и таксации лесосеки, определять и оценивать количественные и качественные характеристики леса и древесины, а также оценивать влияние на парниковый эффект путем расчета вклада экосистемы в границах лесосеки в «парниковый баланс» на основании методики Минприроды № 41-р.

Функция «Отвод» может осуществляться путем внесения координат площади лесосеки. Функция «Таксация» может осуществляться путем определения специалистами качества и количества дерева, ручного ввода в программу из базы данных деревьев и лесных насаждений с последующим расчетом вклада этих растений на основе методики Минприроды.

Эко-виджет нестационарных ИЗА

С помощью данного виджета можно рассчитывать и оценивать реальное воздействие на окружающую среду в течение технологического цикла, это также применимо к лесной отрасли. В результате вырубki работает большое количество техники, которая тоже оказывает негативное воздействие. В виджете должна присутствовать актуальная база данных используемой техники по отраслям с учетом их характеристик, в том числе и топлива, на котором техника работает. Также данный виджет позволит использовать ИС не только для эксплуатационного контроля, но и для экологического проектирования.

Эко-виджет карта парниковых газов

Данный виджет позволит отображать на карте расположение цехов и филиалов с привязкой по количеству выделенных парниковых газов каждым филиалом в отдельности. Таким образом, виджет поможет анализировать вклад каждого филиала, учитывать удельные выбросы и совершенствовать производство.

Эко-виджет проектирования

На данный момент программа ИС не предусматривает виджеты для данной деятельности. Вероятно, в силу ограничения функциональности в программе потребуется внедрить функции аналогичные программе Integral, но их внедрение позволило бы расширить область ее использования. Для этого требуется разработка функций построения карт объектов, что в свою очередь позволит использовать и рассчитывать: шумовое и вибрационное воздействие, рассеивание загрязняющих веществ, размеры СЗЗ и прочее.

На основе изучения и анализа функционала программы «ИС:Экология. Охрана окружающей среды КОРП», были предложены виджеты для оптимизации процессов управления, эксплуатации и контроля в области охраны окружающей среды на предприятиях лесной промышленности. Это позволит предприятиям более эффективно контролировать процессы производства и упростит задачи, связанные с предоставлением отчетности по форме № 1-ИЛ, утвержденной Минприроды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляпкина Е.В., Медведев С.О. Экологическая стратегия лесопромышленных предприятий // Актуальные вопросы экономических наук, – № 6. – 2009. – С. 165–170.
2. О внесении изменений в методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов [Текст]: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 декабря 2018 года N 41-р. – 2018.
3. Об утверждении перечня информации, включаемой в отчет об использовании лесов, формы и порядка представления отчета об использовании лесов, а также требований к формату отчета об использовании лесов в электронной форме [Текст]: приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 21.08.2017 N 451 // Зарегистрировано в Министерстве юстиции России. - 2017. - № 49380.
4. Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за рекультивацией земель, снятием и использованием плодородного слоя почвы [Текст]: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации Федеральной службы государственной статистики от 29.12.2012 N 676. – 2012.
6. ИС:Экология. Охрана окружающей среды КОРП - О решении – Возможности [Электронный ресурс]. – URL: https://solutions.1c.ru/catalog/ehs_envprot_corp/features (дата обращения 10.02.2024).

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ТОМСКОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА

Новикова К.Д.

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Волосыной покров млекопитающих, в том числе человека, играет важную роль в понимании геоэкологических исследований, отражает специфику как экзогенных (состояние окружающей среды), так и эндогенных (включая патологические) процессов [2]. Необходимость исследования заключается в изучении изменчивости химического состава организма человека в зависимости от геолого-геохимических условий их места жительства, когда все функции организма функционируют нормально. В условиях изменяющейся эколого-геохимической обстановки территорий, связанной с техногенезом, актуальным является рассмотрение конечного звена трофической цепи – организма человека и его реакции в виде концентрирования элементов в депонирующих средах. К таким средам можно отнести волосы. Волосы брали у жителей разных населенных пунктов Томского района, Томской области (рис. 1).

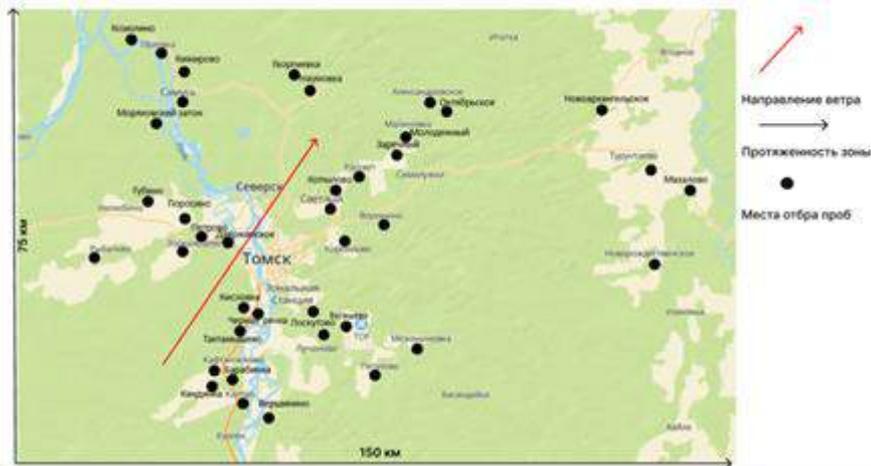


Рис. 1. Места отбора проб волос

На территории Томского района имеются потенциальные источники поступления радиоактивных элементов в природную среду. В этом районе находится Северный промышленный узел с множеством предприятий, включая Сибирский химический комбинат, нефтехимический завод «Томскнефтехим».

64 образца из 39 населенных пунктов были исследованы сотрудниками отделения геологии Томского политехнического университета. Для определения количественного содержания химических элементов использовался метод инструментального нейтронно-активационного анализа. Собственноручно была проведена обработка данных и построение карт распределения химических элементов на исследуемой территории. В ходе исследования из 28 элементов были рассмотрены радиоактивные элементы (Th, U), как имеющие значимое влияние на протекание определенных процессов в организме человека и потенциальные источники которых могут находиться на территории его проживания. Выбор элементов связан с наличием на СХК мест захоронения радиоактивных отходов.

Анализ показал, что разные части района имеют разнообразную геохимическую специфику. Это наглядно видно на картах распределения элементов в районе (рис. 2, 3). Для каждого элемента есть свои особенные ареалы распространения. Волосы проживающих в Томском районе людей отражают техногенную составляющую.

Для Th выделен один участок повышенного содержания в волосах – в с. Моряковский затон (рис. 2). Сам по себе Th нетоксичен, но вносит свой вклад в общий радиоактивный фон территории. В районе с. Моряковский Затон есть россыпи стекольных песков. Также до 2005 года на территории села функционировал Моряковский стекольный завод. В стекло раньше добавляли радиоактивные элементы для увеличения прочности и большего блеска. Так как время распада радиоактивных элементов большое, Th до сих пор присутствует в почвах и водах района.

U в волосах максимально распространен в д. Мазалово и с. Александровское (рис. 3). В д. Мазалово имеется Баранцевское месторождение строительного камня. Строительный камень – минеральное сырье, из которого при обработке получают строительные материалы, например, щебень, гранит, облицовочные камни. В гранитах содержится U, поэтому его содержание в волосах людей будет превышено в данном районе. Рядом с с. Александровское есть пахотные поля, на которых в связи с использованием фосфатных удобрений происходит концентрирование U. Также рядом с селом есть Малиновское проявление бурого угля. Возможность подобного накопления урана в донных отложениях подтверждается наличием проявлений U в торфяниках и бурых углях в данном районе [1].

Экологическая обстановка в Томском районе находится в стабильном состоянии. Не было обнаружено каких-либо критических значений выбранных элементов в пробах, взятых на территории района. Ареалы распространения элементов можно связать с личными особенностями организма, постоянной работой на опасных предприятиях или с особенностями геологического строения отдельных районов.

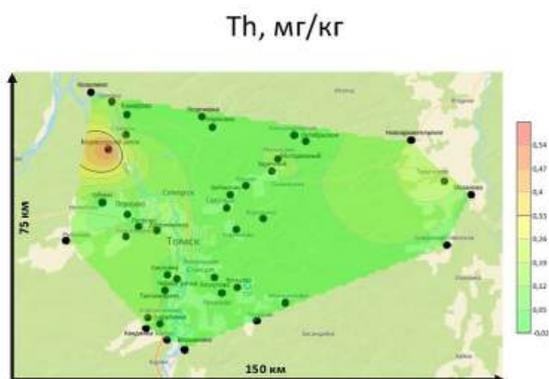


Рис. 2. Распределение Th в Томском районе

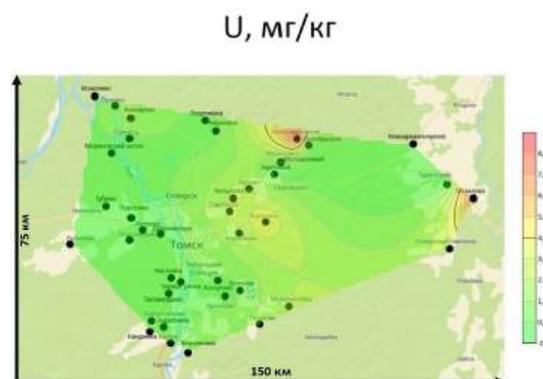


Рис. 3. Распределение U в Томском районе

Содержание Th в волосах на территории Томского района в среднем составляет 0,26 мг/кг в сухом веществе. Это значение выше, чем в Томской области в целом (0,07 мг/кг), а также выше, чем в Павлодарской (0,02 мг/кг) и Иркутской (0,016 мг/кг) областях. Имеется один ореол повышенного содержания этого элемента в Томском районе, где содержание Th превышено почти в 7 раз по сравнению со средним в Томском районе. Это можно связать с комплексным природно-техногенным воздействием [3].

Содержание U в волосах на территории Томского района в среднем составляет 4,5 мг/кг в сухом веществе. Это значение выше, чем в Томской области в целом (0,13 мг/кг), а также выше, чем в Павлодарской (0,33 мг/кг) и Иркутской (0,25 мг/кг) областях. Имеются два ореола повышенного содержания этого элемента в Томском районе, где содержание U превышено почти в 2 раза по сравнению со средним в Томском районе. Это можно связать с комплексным природно-техногенным воздействием [3].

Несмотря на то, что среднее содержание U и Th в волосах на территории Томского района превышает средние значения в Томской, Иркутской и Павлодарской областях и, учитывая локальность распространения максимальных значений U и Th в Томском районе, можно сделать вывод, что проживание в данном районе условно безопасно для жизни и здоровья людей.

Литература

1. Адам А. М. Экология Северного промышленного узла города Томска: проблемы и решения – Том. политехн. ун-т, Сиб. мед. ун-т, Том. гос. ун-т, Том. акад. автом. систем упр. и радиоэлектроники, Том. гос. арх.-строит. акад. [и др.] ; под ред. А. М. Адама. - Томск: Издательство Томского университета, 1994. – 262 с.
2. Барановская Н.В. Очерки геохимии человека / Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н., Наркович Д.В., Денисова О.А. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 378 с.
3. Барановская Н.В. Редкоземельные и радиоактивные (Th, U) элементы в компонентах природной среды на территории Томской области / Н.В. Барановская, Е.В. Агеева, Б.Р. Соктоев, Д.В. Наркович, О.А. Денисова, Т.В. Матковская // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 2. – С. 17–28.
4. Барановская Н.В., Швецова Д.В., Судыко А.Ф. Региональная специфика элементарного состава волос детей, проживающих на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета – Том 319 – №1 – С. 212-220 – 2011.

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЙОНА ГОРОДА ТОПКИ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Носов В.В.

Научный руководитель доцент А.Ю. Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Почвенный покров способен накапливать высокие концентрации элементов в результате воздействия различных антропогенных источников, таких как промышленные и автомобильные выбросы, так и природных почвообразующих процессов [9].

Цель данной работы – изучение эколого-геохимической обстановки района города Топки по результатам изучения почвенного покрова.

Город Топки – административный центр Топкинского муниципального округа в Кемеровской области-Кузбассе с населением 27158 человек на 2021 год. Город Топки находится в 32 км к юго-западу от г. Кемерово и является значительным транспортным узлом. Промышленность, в основном, представлена цементным заводом,

а также такими отраслями, как производство пищевой продукции, весового, дозирующего и горно-шахтного оборудования [7]. Поселок Октябрьский – населенный пункт, расположенный в 5 км к северо-востоку от г. Топки, численность населения на 2010 год составила 292 человека. Основная отрасль промышленности поселка – сельское хозяйство [8].

На территории г. Топки автором в августе и октябре 2023 года были отобраны 10 проб почв. По ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 проводился отбор проб, хранение, транспортировка и подготовка к анализу [3, 4]. Из прикопок глубиной 5-20 см методом конверта происходил отбор проб с помощью пластмассовой лопатки. Расположение точек отбора проб на территории района города Топки представлено ниже (рис. 1). Далее пробы почвы при комнатной температуре были высушены, и после этого были извлечены крупные частицы. Затем пробы были просеяны через сито с диаметром ячейки 1 мм и далее истерты на установке ИВ-Микро для дальнейших исследований.

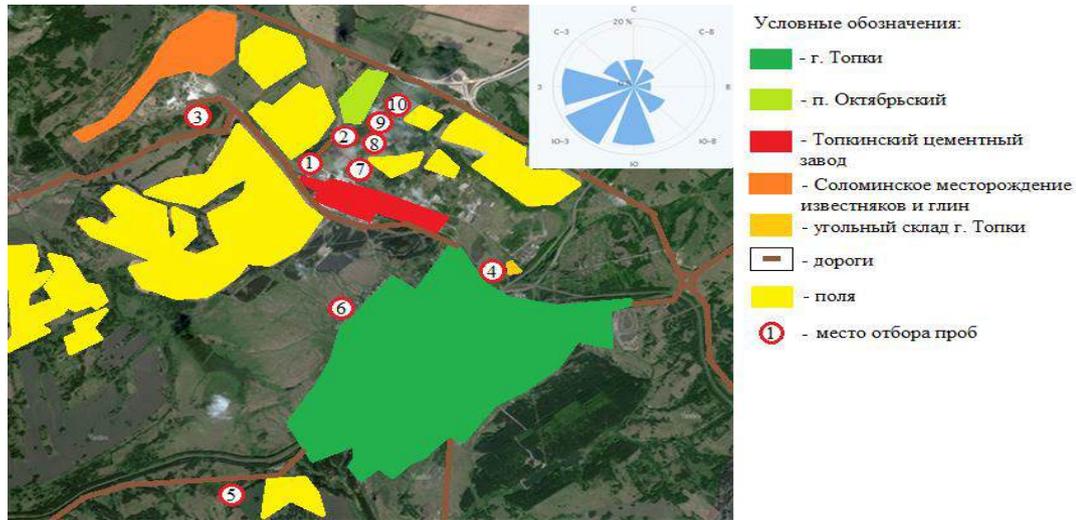


Рис. 1. Карта-схема отбора проб почв на территории района города Топки (карта Яндекс Карты с дополнениями автора)

Аналитиками ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» ТПУ (А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская) был проведен инструментальный нейтронно-активационный анализ для определения содержания химических элементов в пробах почвенного покрова. Также в учебно-научной лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета при участии консультанта к.х.н Н.А. Осиповой был выполнен атомно-абсорбционный анализ для определения содержания ртути.

Сравнение среднего содержания химических элементов в почвах г. Топки и кларка в верхней части континентальной коры приведено ниже (рис. 2).

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что средние содержания кальция, хрома, кобальта, цинка, мышьяка, брома, рубидия, сурьмы, цезия, церия, неодима, самария, европия, тербия, иттербия, гафния, золота и тория в районе г. Топки превышают кларк в верхней части континентальной коры.

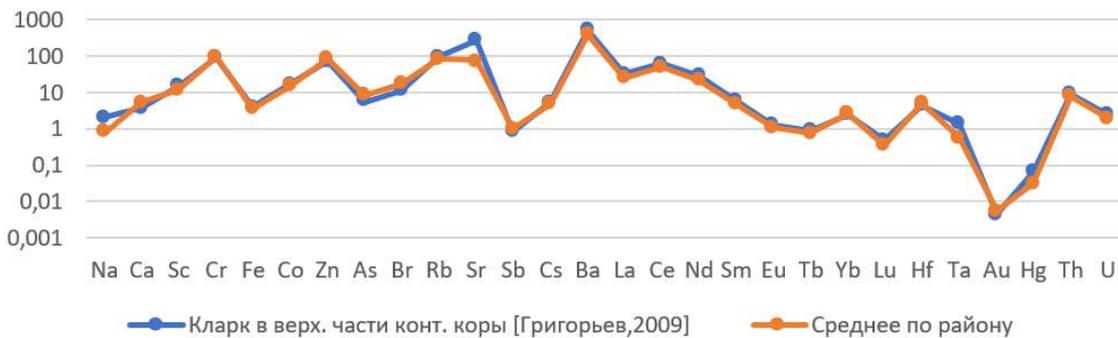


Рис. 2. Сравнение среднего содержания химических элементов в почвенном покрове по району г. Топки и кларка в верхней части континентальной коры

Для оценки повышенного содержания элементов в почвенном покрове, были сделаны геохимические ряды (табл.). Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о повышенных содержаниях таких элементов как Вг, As, Ca, Sb, Au, Hf, Zn, Yb, Cr в почвенном покрове района города Топки. В точке № 7 выявлено максимальное содержание кальция среди других проб – 21,9 %. Данное значение почти в четыре раза больше среднего по району.

Это связано с производством цементного клинкера во вращающихся печах и выбросами, проходящими через дымовые трубы высотой 120 метров (отбор в данной точке проводился в 540 метрах от них). По мере удаления от цементного завода в точках № 1, 8, 9 и 10 отмечается снижение среднего содержания кальция. В той же точке № 7 отмечены максимальные содержания цинка и мышьяка (в два раза больше, чем в среднем по району), сурьмы и золота (в полтора раза больше, чем в среднем по району). Вероятно, это связано с распространенными добавками в цемент, которые включают гранулированные доменные шлаки из металлургии, шлаки из цветной металлургии и химических производств, горелые земли, золошлаковые материалы и другие, а также фосфогипс из отходов производства минеральных удобрений. Эти материалы применяются как прямые заменители клинкера в цементе и их содержание может достигать 80 % [6]. Возможно, глина, которая является одним из основных компонентов при производстве цемента, может выступать в качестве источника редкоземельных элементов (Yb) в анализируемых пробах [2]. В точке № 4, вблизи дороги в сторону угольного склада г. Топки, зафиксировано повышенное содержание хрома, что связано с истиранием тормозных колодок автомобилей, а при износе накладок сцепления машин выделяются токсичные вещества, одно из них – сурьма [5]. Высокое содержание брома в восьми точках, скорее всего, связано с наличием древних морских отложений, которое приводит к неоднородному распределению этого элемента в почвах округа, что также подтверждает наличие Соломинского месторождения известняков и глин, на котором работает цементный завод [1].

Таблица

Геохимические ряды химических элементов относительно кларка в верхней части континентальной коры

Район г. Топки	Br_{1,57}–As_{1,51}–Ca_{1,41}–Sb_{1,35}–Au_{1,27}–Hf_{1,17}–Zn_{1,14}–Yb_{1,11}–Cr_{1,02}–Eu_{0,92}–Co_{0,91}–Cs_{0,89}–Fe_{0,87}–Rb_{0,85}–Th_{0,85}–Tb_{0,85}–Sm_{0,82}–Ce_{0,82}–Ba_{0,79}–Sc_{0,79}–La_{0,78}–U_{0,78}–Nd_{0,75}–Lu_{0,74}–Hg_{0,50}–Ta_{0,40}–Na_{0,38}–Sr_{0,28}
----------------	---

Примечание: жирным шрифтом выделены значения с коэффициентом концентрации ≥ 1

Таким образом, в результате проведенных исследований на территории района города Топки можно сделать вывод, что повышенное содержание химических элементов связано как с влиянием природного, так и антропогенного факторов.

Литература

1. Барановская Н. В., Бертран Л., Жорняк Л. В., Перминова Т. А., Судыко А. Ф. Бром в почвах Томской области // Известия ТПУ. – 2017. – № 2. – С. 36-45.
2. Володина Д. А. Вещественный и элементный состав твердой фазы снежного покрова в районах расположения цементных заводов (на примере Кемеровской и Новосибирской областей) / Д. А. Володина; науч. рук. А. В. Таловская // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIV Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне, Томск, 6-10 апреля 2020 г. : в 2 т. – Томск : Изд-во ТПУ, 2020. – Т. 1. – С. 567-568.
3. ГОСТ 17.4.3.01-83. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». – М.: Госстандарт, – 1983 – 4 с.
4. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического и гельминтологического анализа». – М.: Госстандарт, 1984 – 55 с.
5. Егорова О.С., Буркеева Д.Р., Гоголь Э.В., Тунакова Ю.А. Оценка вклада автотранспортных потоков в загрязнение атмосферного воздуха г. Казани // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 16. – С. 141-142.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство цемента. – М.: Бюро НДТ, 2022. – 294 с.
7. Информация про город Топки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B8>.
8. Информация про поселок Октябрьский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_\(%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_(%D0%A2%D0%BE%D0%BF%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD)).
9. Минигазимов Н. С., Хайдаршина Э. Т., Куантаева А. А. Оценка уровня загрязнения почв города Уфы // Российский электронный научный журнал. – 2019. – № 1. – С. 56-72.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ГОРНЯК (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

Одерова Е.Е., Гончаров Г.А.

Научный руководитель доцент Б.Р. Соктоев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Предприятия по добыче, переработке и обогащению руд полезных ископаемых характеризуются высоким уровнем техногенеза, поскольку их производственная деятельность приводит к значительным изменениям в природной среде [4]. Основным результатом таких изменений является формирование хвостохранилищ, где накапливаются отходы, формирующиеся в процессе переработки и/или обогащения руд. Хвостохранилища являются источниками потенциального негативного воздействия на все компоненты окружающей среды (атмосферный воздух, поверхностные, грунтовые и подземные воды, почвенный покров, растительность) [3].

Алтайский горно-обогатительный комбинат (АГОК) функционировал в период с 1942 по 1994 гг. и специализировался на добыче и обогащении полиметаллических руд ряда месторождений (Золотушинское, Ново-Золотушинское, Зареченское, Среднее, Таловское, Степное, Рубцовское, Корбалихинское, Юбилейное и другие), а также шлаков бывших Локтевского и Змеиногорского заводов [2]. Конечная продукция АГОК включала свинцовый, цинковый, медный концентраты. После закрытия завода на территории города остались два некультивируемых хвостохранилища (Старое и Новое), общей площадью 1 км² и объемом размещенных отходов в 11 млн. м³ [1].

Цель исследования: выявить особенности элементного состава почвенного покрова на территории города Горняк и оценить вклад хвостохранилищ.

Отбор проб почвенного покрова проводился в августе 2023 г. в черте жилых районов города. Всего было отобрано 10 проб. С использованием метода инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) в ядерно-геохимической лаборатории Международного интонационного научно-образовательного центра «Урановая геология» им. Л.П. Рихванова на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т ТПУ было выявлено содержание 28 химических элементов (аналитики – А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская), при этом содержание Ag во всех пробах было ниже предела обнаружения.

Анализ и геохимическая специализация проб почвенного покрова была выявлена на основе расчетов:

- коэффициента концентрации (K_c)

$$K_c = \frac{C}{C_\phi}$$

где C – содержание химического элемента в пробе почвенного покрова, C_ϕ – фоновое содержание химического элемента в почвенном покрове (усредненные мировые данные для урбанизированных территорий [5, 7]);

- коэффициента обогащения (K_o), который используется для оценки влияния антропогенных источников [6]

$$K_o = \frac{\left(\frac{C_n}{C_m}\right)_{\text{проба}}}{\left(\frac{C_n}{C_m}\right)_{\text{фон}}}$$

где $\left(\frac{C_n}{C_m}\right)_{\text{проба}}$ – соотношение в пробе содержания химического элемента и эталонного элемента, $\left(\frac{C_n}{C_m}\right)_{\text{фон}}$ – фоновое соотношение содержания химического элемента и эталонного элемента, в качестве эталонного элемента взято Fe [9];

- геохимических рядов, построенных по уменьшению K_c от максимального к минимальному, для обсуждения взяты значения больше 1.

Геохимическими особенностями почвенного покрова на территории города Горняк являются повышенные содержания Zn, Sm, Cr и As. В отличие от остальных изученных элементов данный перечень характеризуется значениями $K_c > 2$, что свидетельствует о загрязнении почвы данными элементами. Наиболее вероятным источником их избыточного поступления являются хвостохранилища, с поверхности которых происходит эоловый и водный перенос мелкодисперсной фракции материала.

При этом при дифференциации проб по мере удаленности от хвостохранилища наблюдается тенденция к уменьшению концентраций Zn, Sm и Cr относительно фоновых значений, обратная зависимость просматривается для As, Sb и Br, что может говорить о влиянии нескольких факторов на формирование геохимических аномалий элементного состава почвенного покрова на территории г. Горняк (табл.).

Таблица

Геохимический ряд химических элементов в почвенном покрове на территории г. Горняк

Геохимический ряд	
Общий ряд по г. Горняк	Zn _{2,7} -Sm _{2,1} -Cr _{2,1} -As _{2,0} -Hf _{1,9} -Co _{1,9} -Sb _{1,8} -Sr _{1,7} -Yb _{1,4} -Br _{1,4} -Tb _{1,3} -Au _{1,3} -Lu _{1,3} -Rb _{1,2} -Ba _{1,2} -Nd _{1,2} -Ce _{1,1} -Sc _{1,1} -La _{1,0} -Eu _{1,0}
При расстоянии до 2,5 км до хвостохранилища	Zn _{3,1} -Sm _{2,4} -Cr _{2,3} -Tb _{2,2} -Na _{2,0} -Hf _{1,9} -Co _{1,8} -Sb _{1,7} -As _{1,6} -Yb _{1,4} -Br _{1,4} -Au _{1,3} -Rb _{1,3} -Fe _{1,2} -Lu _{1,2} -Eu _{1,2} -Ce _{1,1} -Ba _{1,1} -Nd _{1,1} -Sc _{1,1} -La _{1,0}
При расстоянии более 2,5 км до хвостохранилища	Zn _{2,4} -As _{2,2} -Sm _{2,1} -Cr _{2,1} -Hf _{2,0} -Sb _{1,9} -Co _{1,9} -Br _{1,8} -Na _{1,8} -Yb _{1,3} -Nd _{1,3} -Lu _{1,3} -Ba _{1,3} -Tb _{1,2} -Fe _{1,2} -Ce _{1,1} -Sc _{1,1} -Rb _{1,1} -La _{1,0}

Расчет коэффициентов обогащения указывает на умеренное обогащение проб почвенного покрова цинком, что также хорошо коррелирует со значениями K_c (рис.).

Крайне высокие содержания цинка могут привести к негативным последствиям для здоровья человека в результате его миграции из почвы в воду и растения, что в конечном итоге может сказаться на здоровье человека. При хроническом избытке цинка наблюдается значительное ухудшение работы иммунной системы, что может спровоцировать возникновение ряда аутоиммунных заболеваний. Также известно, что избыточное содержание цинка может привести к слабости ногтей и волос, ухудшению состояния кожи. Кроме того, подвергаются дегенеративным процессам органы, такие как поджелудочная железа, печень и предстательная железа, что увеличивает риск развития различных заболеваний и нарушений функций этих органов [8].

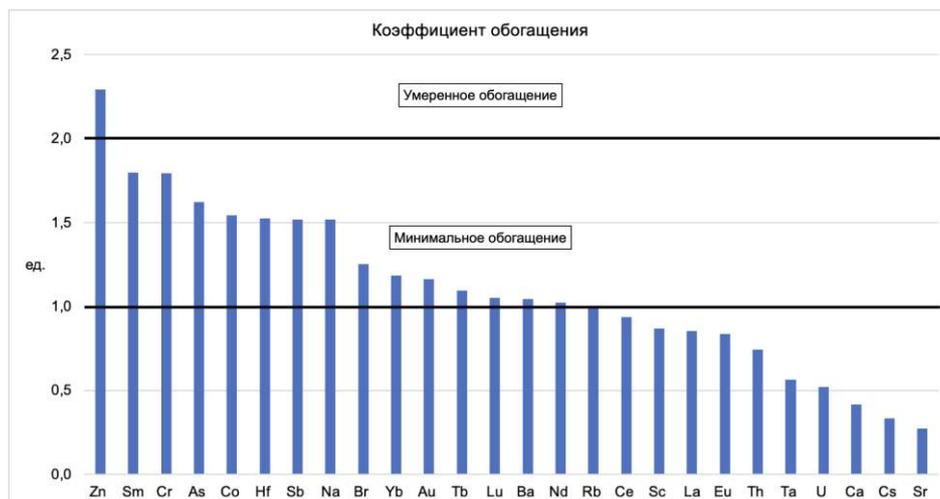


Рис. Кoeffициенты обогащения химических элементов в почвенном покрове на территории г. Горняк

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что на формирование элементного состава почвенного покрова на территории г. Горняк оказывают существенное влияние хвостохранилища бывшего АГОК. Данное влияние связано с обогащением Zn, Sm и Cr по мере приближения к техногенным объектам. Вместе с тем, увеличение содержания ряда других химических элементов (As, Sb, Br) указывает на наличие других источников воздействия, как природных, так и техногенных.

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

Литература

1. Бабошкина С. В., Горбачев И. В. Импактный биогеохимический мониторинг огородных экосистем города Горняк // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 10. – С.42–47.
2. Гаськов И. В. Особенности развития колчеданных рудно-магматических систем в островодужных обстановках Рудного Алтая и Южного Урала // Литосфера. – 2015. – № 2. – С.17–39.
3. Голик В. И., Разоренов Ю. И., Маслеников С. А. Охрана природной геологической среды утилизацией хвостов обогащения руд // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – № 6. – С. 6–15.
4. Горбачев И. В., Бабошкина С. В. Влияние хвостохранилищ Алтайского горно-обогатительного комбината (АГОКа) на окружающую среду // Ползуновский вестник. – 2005. – Т. 4. – С. 179–182.
5. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. – 2014. – Т. 147. – С. 245–249.
6. Barbieri M. et al. The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination // Journal of Geology & Geophysics. – 2016. – Т. 5. – № 1. – С. 1–4.
7. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants, Fourth Edition. – CRC Press, 2010. – 548 p.
8. Prasad A. S. Zinc in human health: effect of zinc on immune cells // Molecular medicine. – 2008. – Т. 14. – № 5. – С. 353–357.
9. Sukri N. S. et al. Assessment of metal pollution using enrichment factor (EF) and pollution load index (PLI) in sediments of selected Terengganu rivers, Malaysia // Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences. – 2018. – Т. 14. – № 2. – С. 235–240.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА КАЛЬЦИТА

Плотникова Е.С., Солдатова Е.А.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Изучение изотопных отношений кислорода ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) и углерода ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) почвенных карбонатов позволяет проводить палеорекострукции климата и иных факторов (биогенных и абиогенных) среды, при которых они формировались. Почвенные карбонаты зачастую трудно отделить от валового образца в отдельную фракцию. При этом в ряде исследований показано, что органическое вещество может оказывать существенное влияние на изотопное отношение углерода при анализе карбонатов [2-4]. Методы отделения органических примесей из твердых образцов делятся на два типа: физические и химические. В первом случае происходит прокаливание, сушка или обжиг, для второй группы методов используются различные химические вещества: царская водка, азотная кислота, перекись водорода [6-9]. Однако перечисленные методы удаления органического углерода могут оказывать влияние на результирующие значения изотопных отношений в изучаемой фракции. Так, например, в исследовании [9] показано, что удаление органики прокаливанием при 950 °С приводит к фракционированию изотопов кислорода анализируемой фракции, смещая получаемые значения в сторону уменьшения. По данным [10] прокаливание

карбоната кальция может также привести к изотопному обмену углерода между карбонатами и органическим веществом, а кислорода – между карбонатами и водой. К фракционированию изотопов кислорода приводит и взаимодействие образцов с перекисью водорода и гипохлоритом натрия, при этом авторы по-разному оценивают степень влияния указанных реагентов [1, 5-6, 9-10]. Взаимодействие с H₂O₂, а также промывание образцов деионизированной водой после их взаимодействия с реагентами может приводить к частичному разрушению анализируемых структур, особенно тонких пленок почвенных карбонатов, внося погрешность в выходные данные [1, 10]. Ряд исследователей советует оценивать необходимость обработки образцов от органики в каждом конкретном случае и не подвергать образцы предварительной обработке без необходимости, поскольку оно в меньшей степени влияет на изотопный состав образцов, нежели процедура подготовки проб [1, 5, 10].

Учитывая все противоречия рассмотренных экспериментальных работ [1, 5-6, 9-10], в настоящей работе целью являлось оценить влияние почвенного органического вещества на результаты анализа изотопного состава ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$) кальцита методом изотопной масс-спектрометрии с непрерывным потоком газа носителя (CF-IRMS) при разложении образца ортофосфорной кислотой.

Для оценки влияния почвенного органического углерода (SOC) на анализ изотопных отношений $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ предварительно перетертый до пудры образец чистого кальцита гидротермального происхождения смешивался с образцом почвы в разных соотношениях (табл.). Образец почвы был отобран из торфяного разреза Тарманского болотного массива (юг Тюменской области) с глубины 50-70 см. Содержание SOC в образце составило 4,45 %; CaO – 1,67 %, MgO – 1,35 %, рН_{H2O} – 6,54, что позволило сделать заключение об отсутствии почвенных карбонатов в данном образце. Образец почвы перед смешиванием с чистым кальцитом был высушен до воздушно-сухого состояния и перетерт до пудры. Масса кальцита в смешанной и чистой пробах составляла 500 мкг (SE \pm 15 мкг), что в пересчете на углерод (IC) составило 60 мкг.

Таблица

Масса навесок почвенных образцов

SOC, мкг	Навеска почвы \pm SE, мкг	IC/SOC	SOC, мкг	Навеска почвы \pm SE, мкг	IC/SOC
60	1348 \pm 15	1/1	420	9438 \pm 15	1/7
120	2697 \pm 15	1/2	480	10787 \pm 30	1/8
180	4045 \pm 15	1/3	540	12135 \pm 30	1/9
240	5393 \pm 15	1/4	600	13483 \pm 30	1/10
300	6742 \pm 15	1/5	1200	26966 \pm 35	1/20
360	8090 \pm 15	1/6			

Примечание: SE – стандартное отклонение, IC – неорганический углерод, SOC – почвенный органический углерод

Для того, чтобы провести изотопный анализ карбоната методом изотопной масс-спектрометрии с непрерывным потоком газа носителя образец нужно предварительно разложить кислотой в среде, заполненной инертным газом (He). Для разложения была использована ортофосфорная кислота H₃PO₄ (100 %). Количество H₃PO₄ добавленной к пробе чистого CaCO₃ составило ~100 мкл, к смешанной пробе (почва + кальцит) ~200 мкл. Уравновешивание образцов в присутствии ортофосфорной кислоты производилось в течение 24 часов, после чего начинался изотопный анализ на приборе isoprime precisiON с приставкой для изотопного уравновешивания isoFLOW headspace analyzer (Elementar, UK). Пробоподготовка и анализ образцов проводились в Центре изотопной биогеохимии (ТюмГУ, Тюмень). Изотопные отношения $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ представлены относительно VPDB (измерены относительно международного стандарта NBS18). Погрешность результатов определения <0,06 ‰.

Соотношения изотопов в образцах с разным содержанием почвенного органического углерода и образцах чистого кальцита представлены на рисунке.

Среднее значение $\delta^{13}\text{C}$ кальцита в смешанных пробах составило 6,95‰ (стандартное отклонение (SD) 0,13‰), для чистого кальцита 7,02‰ (SD 0,07‰). Таким образом, абсолютная погрешность определения $\delta^{13}\text{C}$ кальцита в смешанной пробе относительно проб чистого кальцита составляет 0,07‰ и лежит в рамках стандартного отклонения определения $\delta^{13}\text{C}$ в образцах чистого кальцита (рис.). Незначительно выходят за рамки SD чистого кальцита значения $\delta^{13}\text{C}$, определенные в смешанных пробах с соотношением IC/SOC 1/3, 1/4, 1/9, 1/10 (абсолютная погрешность 0,1‰, 0,08‰, 0,08‰, 0,12‰, соответственно). Существенно выделяется из общей тенденции образец с наибольшим содержанием органики (IC/SOC=1/20), абсолютная погрешность $\delta^{13}\text{C}$ относительно образца чистого кальцита составляет 0,41‰. Среднее значение $\delta^{18}\text{O}$ кальцита, определенное в смешанных пробах составило -6,56‰ (SD 0,42‰), $\delta^{18}\text{O}$ в пробах чистого кальцита -5,79‰ (SD 0,08‰), т.е. абсолютная погрешность средних значений $\delta^{18}\text{O}$ в смешанной пробе относительно чистого кальцита составляет 0,77‰. Почти все значения, определенные в смешанной пробе, выходят за рамки SD чистого кальцита (рис.). И в целом значения $\delta^{18}\text{O}$ в смешанных пробах имеют весьма сильный разброс – от -7,18‰ до -5,84‰, стандартное отклонение $\delta^{18}\text{O}$ чистого кальцита в 5,25 раза меньше SD $\delta^{18}\text{O}$, определенного в смешанных пробах.

Исходя из проведенного эксперимента можно заключить, что соотношение IC/SOC до 1/10 в пробе не оказывает существенного влияния на результаты изотопного анализа углерода карбонатов, однако вносит погрешность в результирующее значение соотношения изотопов кислорода, увеличивая как разброс значений, так и абсолютную погрешность.

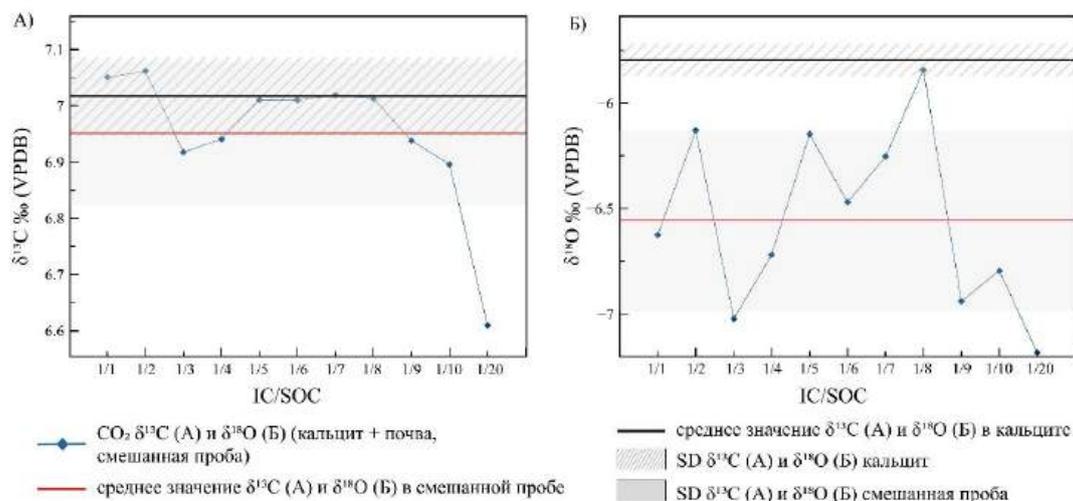


Рис. $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ в смешанных образцах (кальцит + почва) и образцах чистого кальцита. SD – стандартное отклонение, SIC – почвенный неорганический углерод, SOC – почвенный органический углерод

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-77-10012

Литература

1. Chaduteau, C. Organic matter removal for continuous flow isotope ratio mass spectrometry analysis of carbon and oxygen isotope compositions of calcite or dolomite in organic-rich samples [Text] / C. Chaduteau, M. Ader, O. Lebeau, G. Landais, V. Busigny // Limnology and Oceanography. – 2021. – V. 19. – P. 523-539. DOI: 10.1002/lom3.10442.
2. Dassié, E. Refining the sampling approach for the massive coral *Diploastrea heliophora* for $\delta^{18}\text{O}$ -based paleoclimate applications [Text] / E. Dassié, B. Linsley // Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology. – 2015. – V. 440(1). – P. 274-282. DOI:10.1016/j.palaeo.2015.08.043.
3. Epstein, S. Revised carbonate-water isotopic temperature scale [Text] / S. Epstein, R. Buchsbaum, H. A. Lowenstam, H. Urey // Geological Society of America Bulletin. – 1953. – V. 64 (11). – P. 1315. DOI:10.1130/0016-7606(1953)64[1315:rcits]2.0.co;2.
4. Feldmeijer, W. The effect of chemical pretreatment of sediment upon foraminiferal-based proxies: Chemical Pretreatment on Foraminiferal [Text] / W. Feldmeijer, B. Metcalfe, P. Scussolini, K. Arthur // Wiley Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2013. – V. 14(10). DOI:10.1002/ggge.20233.
5. Mannella, G. Effects of organic removal techniques prior to carbonate stable isotope analysis of lacustrine marls: A case study from paleo-lake Fucino (central Italy) [Text] / G. Mannella, G. Zanchetta, E. Regattieri, N. Perchiizzi, R. N. Drysdale, B. Giaccio, M. J. Leng, B. Wagner // Wiley. – 2019. – V. 34. DOI: 10.1002/rcm.
6. Marcus, M. K. Jr. Effect of removal of organic material on stable isotope ratios in skeletal carbonate from taxonomic groups with complex mineralogies [Text] / M. K. Jr. Marcus, A. M. Smith, N. J. Phillips, J. S. Forrester // Wiley. – 2020. – V. 34. DOI: https://doi.org/10.1002/rcm.8901.
7. Morley, D. W. Cleaning of lake sediment samples for diatom oxygen isotope analysis [Text] / D. W. Morley, M. J. Leng, A. W. Mackay, H. J. Sloane, P. Rioual, R. W. Battarbee // Journal of Paleolimnology. – V. 31(3). – P. 391-401. DOI:10.1023/B: JOPL.0000021854.70714.6b.
8. Shemesh, A. Late Pleistocene oxygen isotope record of biogenic silica [Text] / A. Shemesh, H. Burckle, J. D. Hays // PANGAEA. – 1995. DOI: 10.1594/PANGAEA.729945.
9. Tyler, J. J. The effects of organic removal treatment on the integrity of $\delta^{18}\text{O}$ measurements from biogenic silica [Text] / J. J. Tyler, M. J. Len, H. J. Sloane // Journal of Paleolimnology. – 2007. – V. 37. – P. 491-497. DOI: 10.1007/s10933-006-9030-9.
10. Wierzbowski, H. Effects of pre-treatments and organic matter on oxygen and carbon isotope analyses of skeletal and inorganic calcium carbonate [Text] / H. Wierzbowski // International Journal of Mass Spectrometry. – 2007. – V. 268. – P. 16-29.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА НАКОПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЮ РАДИОНУКЛИДОВ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ИЛАССКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ)

Пучков А.В., Дружинин С.В., Орлов А.С.

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова УрО РАН, Архангельск, Россия

Болотные экосистемы занимают огромные площади (до 30% от территорий Российской Арктики) и являются основными биоценозами Европейского Севера России [1]. Верховые (омбротрофные) торфяники в связи с преимущественным атмосферным питанием, с одной стороны, являются уникальными экологическими архивами,

исследование которых дает ценную информацию для понимания прошлых экологических и климатических событий, с другой стороны, содержат данные об антропогенных загрязняющих нагрузках, связанных с накоплением широкого спектра атмосферных загрязнителей [3, 9]. Торфяные залежи, как неотъемлемый компонент болотных экосистем, стали основными концентраторами техногенной радиоактивности, поступившей на поверхность Земли с начала атомной эры [7-8, 10]. Особенно остро эта проблема стоит для Архангельской области, где в 60-е гг. XX в. на территории о. Новая Земля проводились масштабные ядерные испытания, в результате которых в окружающую среду поступило значительное количество радиоактивных материалов. Ряд выпавших на поверхность торфяников радионуклидов оказался зафиксирован органическими и минеральными компонентами торфа в толще залежей болотных массивов. Депонированные в северных торфяниках радионуклиды вызывают озабоченность как с точки зрения повышения дозовых нагрузок на биоту торфяно-болотных экосистем, так и требуют проявления осторожности при хозяйственном использовании торфа, например, в качестве удобрений или топлива [5]. В связи с глобальным потеплением климата и возрастающей техногенной нагрузкой на болотные экосистемы, связанной с курсом государственной политики, направленным на активное освоение Арктических территорий, в том числе Архангельской области [2], значительно меняются гидрологические и физико-химические характеристики торфяных отложений. Такое изменение физико-химических параметров и условий торфяных залежей может послужить причиной миграции зафиксированных ими радионуклидов, что создает дополнительные экологические риски. При этом структура связей между гидрологическим режимом, физико-химическими и радиационными параметрами является очень сложной и до конца не изучена, а представленные в литературе результаты противоречивы и ограничиваются в основном изучением вертикального распределения радионуклидов в залежах болот Западной Европы в контексте исторических поступлений [4, 6-8], а для Севера РФ и вовсе практически отсутствуют. Поэтому получение новых знаний о физико-химическом режиме торфяных залежей Европейского Севера РФ и изучение их влияния на подвижность и поведение радионуклидов в торфяных отложениях под действием ряда негативных факторов естественного и антропогенного генезиса является актуальной задачей.

В настоящем исследовании были задействованы традиционные и современные методы (гравиметрический метод, прямая потенциометрия и кондуктометрия, микроскопия в проходящем свете, атомно-абсорбционная спектроскопия, термическое разложение с детектированием продуктов и др.), широко применяемые в области химии и физики торфа, так и современные методы радиоэкологии (гамма-спектрометрия, альфа-спектрометрия с радиохимической подготовкой). Использование этих методов, наряду со статистической обработкой и анализом полученных экспериментальных данных, обеспечивает достоверность представленных в работе результатов.

В работе изучены основные физические, химические и физико-химические параметры и особенности их изменения по вертикальному профилю торфяных залежей бореального верхового болота в естественном и антропогенно нарушенном состоянии. Выполнена оценка активности ряда радионуклидов атмосферных выпадений (Am-241, Cs-137, U-238, U-234 и Pb-210) и их распределение в профилях исследуемых залежей. С привлечением статистических методов анализа выявлены связи между физико-химическими и радиационными параметрами участков ombrotrofnого торфяника с естественным и трансформированным в результате осушения гидрологическим режимом. На примере Cs-137 выполнено моделирование миграции техногенных радионуклидов по профилю залежи и оценка особенностей его связывания торфом. По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для исследуемых залежей характерно наличие контрастного окислительно-восстановительного режима: при движении от поверхности в глубь залежи умеренно-окислительные условия постепенно сменяются интенсивно восстановительными. Установлено, что осушение приводит к существенным изменениям практически всех исследуемых параметров: сопровождается снижением влагосодержания в торфе, что способствует более интенсивной аэрации и выражается в росте окислительно-восстановительного потенциала и увеличении интервала его сезонных колебаний, увеличении плотности залежи, степени разложения, содержания в торфе доли термодинамически устойчивых соединений – битумов и гуминовых кислот, а также изменениях в элементном составе, которые указывают на увеличение степени окисленности органического вещества и увеличении доли ароматических фрагментов в нем. При этом процессы физической и химической трансформации залежи в ходе осушения приводит к смещению обогащенного зольными элементами и радионуклидами слоя к поверхности залежи, а средняя скорость накопления торфа от естественного к осушенному участку снижается в 3 раза (с $0,48 \pm 0,08$ см/год до $0,15 \pm 0,02$ см/год).

2. Охарактеризованы вертикальные профили распределения радионуклидов Am-241, Cs-137, U-238, U-234 и Pb-210 в залежах естественного и нарушенных участков верхового болота. Выявлено неравномерное распределение исследуемого ряда радионуклидов, при этом для исследуемой части апробированных торфяных залежей (0-50 см) в целом наблюдается снижение активностей при движении от поверхности вглубь залежи. Запасы Cs-137 для исследуемого приповерхностного слоя мощностью 0,5 м составили 385 Бк/м² для естественного участка, 404 Бк/м² для участка с постмелиоративным заболачиванием и 717 Бк/м² для осушенного участка. Запасы U для исследуемого приповерхностного слоя мощностью 0,5 м составили $17,9 \cdot 10^{-4}$ г/м² для естественного участка, $32,4 \cdot 10^{-4}$ г/м² для участка с постмелиоративным заболачиванием и $25,5 \cdot 10^{-4}$ г/м² для осушенного участка. Таким образом, можно сказать, что осушение не оказывает существенного влияния на вымывание этих радионуклидов из залежи.

3. Показано наличие сильных положительных связей в распределении изотопов Cs-137 и Pb-210 с окислительно-восстановительными и кислотно-основными условиями, которые существенно изменяются в ходе осушения, а также обнаружена положительная связь с содержанием зольных элементов, водорастворимых солей и металлами K, Na, Mg и Mn. Для изотопов U распределение связано преимущественно с такими параметрами как Eh, зольность, содержание карбонатов и макроэлементы Ca и Al, при этом связь с фактором Eh усиливается в ряду:

естественный участок – осушенный участок – участок с постмелиоративным заболачиванием. На примере участка с естественным гидрологическим режимом показано, что межфазное распределение Cs-137 характеризуется увеличением миграционно-способных форм (растворенных и связанных с взвешенными частицами) с глубиной залежи. Так, для горизонта 0-10 см распределение между фазами торфа, взвеси, растворенных компонентов составляет 98,1, 0,9 и 0,9 %, соответственно. При этом, на глубине 20-30 см распределение имеет следующее соотношение: 85,4 % для твердой торфа, 10,9 % для взвешенных частиц и 3,6 % для растворенных компонентов.

4. В условиях модельного эксперимента показано, что максимальная глубина вертикальной миграции Cs-137 в условиях естественного участка составила 17 см, при этом наблюдается неравномерное распределение по глубине 90,5 % активности изотопной метки зафиксировано в слое 0-5 см и лишь 9,5 % в слое 5-17 см. Для осушенного участка вертикальная миграция Cs-137 составила 14 см, а распределение более равномерное: в слое 0-5 см зафиксировано 65 %, а в 5-14 см связано 35 % от вносимого количества (300 Бк) Cs-137. Увеличение параметра pH (в интервале pH от 2 до 6) сопровождается ростом степени связывания Cs-137 верховым торфом с 1,3 до 72,3 % (предельной адсорбции с 0,95 до 51,18 Бк/г).

Литература

1. Сирин, А. А. Заболоченность Арктической зоны России / А. А. Сирин, А. В. Маркина, Т. Ю. Минаева // Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты: Междунар. полевой симпозиум. – Сыктывкар: Изд-во КНЦ УрО РАН, 2017. – С. 16–22.
2. Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/bank/45972/page/1> (дата обращения: 27.10.2020).
3. Шевченко, В. П. Поступление микроэлементов из атмосферы, зарегистрированное в природном архиве (на примере Иласского верхового болота, водосбор Белого моря) / В. П. Шевченко, О. Л. Кузнецов, Н. В. Политова [и др.] // Доклады академии наук: Геохимия. – 2015. – Т. 465. – № 5. – С. 587–592. DOI: 10.7868/S0869565215350200.
4. Fialkiewicz-Koziel, B. Influence of transboundary transport of trace elements on mountain peat geochemistry (Sudetes, Central Europe). / B. Fialkiewicz-Koziel, E. Lokas, M. Galka [et al.] // Quaternary Science Reviews. – 2020. – V. 230. – Art. 106162. DOI: 10.1016/j.quascirev.2020.106162.
5. Helariutta, K. Radionuclides in Peat Bogs and Energy Peat (STUK-A-143) / K. Helariutta, A. Rantavaara, J. Lehtovaara. – Finland, Helsinki : Radiation and Nuclear Safety Authority, 2000. – 61 p.
6. Lokas, E. Sources and pathways of artificial radionuclides to soils at a High Arctic site. / E. Lokas, P. Bartminski, P. Wachniew [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2014. – V. 21. – P. 12479–12493. DOI: 10.1007/s11356-014-3163-6.
7. Mroz, T. Atmospheric fallout radionuclides in peatland from Southern Poland / T. Mroz, E. Lokas, J. Kocurek [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. – № 176. – P. 25–33. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2017.04.012.
8. Roux, G. L. Constructing recent peat accumulation chronologies using atmospheric fall-out radionuclides / G. L. Roux, W. A. Marshall // Mires and Peat. – 2011. – V. 7. – Art. 08. – P. 1–14.
9. Savichev, O. Geochemical barriers in oligotrophic peat bog (Western Siberia) / O. Savichev, E. Soldatova, M. Rudmin [et al.] // Applied Geochemistry. – 2020. – V. 113. – Art. 104519. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2019.104519.
10. Yakovlev, E. Atmospheric fallout of radionuclides in peat bogs in the Western segment of the Russian arctic / E. Yakovlev, R. Spirov, S. Druzhinin [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – V. 28. – P. 25460–25478. DOI: 10.1007/s11356-020-12224-7.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Рулик М.А.

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Минерализованные ткани накапливают элементы, играющие важную роль в здоровье животных. В качестве геоиндикаторов среды обитания возможно использовать элементный состав млекопитающих, в частности содержания и соотношения химических элементов в их костной ткани [4, 6]. Содержание многих элементов в допустимой концентрации важно для правильного формирования костной системы животных. И дефицит или профицит микроэлементов могут нанести вред живому организму. Микроэлементы концентрируются в живом организме в низких концентрациях, однако они являются необходимыми составляющими для работы организма и принимают участие во всех физиологических и патологических процессах [2].

В работе была изучена бедренная кость млекопитающих, отобранных на территории Сибири и Дальнего Востока: дикий кабан (*Sus scrofa*), свинья (*Sus scrofa domesticus*) и олень благородный: марал и изюбрь (*Cervus elaphus*). Материал представляет собой сухой остаток костной ткани млекопитающего.

Определение химических элементов проводилось с использованием анализа масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ (зав. лабораторией – к.г.-м.н. Хващевская А.А., аналитик – Куровская В.В.), по аттестованным методикам.

Для правильного формирования костного скелета и поддержания важных функций, как передача нервных импульсов и движение мышц, в живом организме необходим кальций и фосфор. Доля фосфора в скелете изменчива

и живой организм может временно компенсировать недостаток фосфора. Соотношения кальция и фосфора в норме – 1:1-1:2 [4].

Исходя из незначительных различий между средними и медианными значениями, а также относительно коэффициента вариации, следует вывод о том, что распределение элементов, которые участвуют в моделировании костной ткани, близко к нормальному распределению. Так, у всех представленных животных наблюдается преимущественно однородное распределение для К, Р, Са и Na.

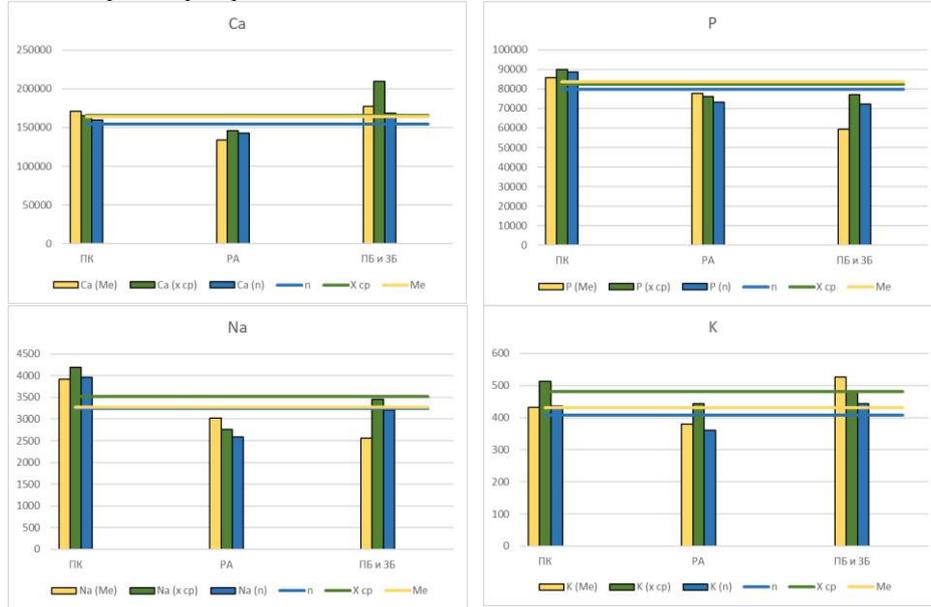


Рис. Содержание Ca, P, Na и K в бедренной кости млекопитающих Сибири и Дальнего Востока

Вышеприведенные графики показывают разницу в накоплении. Среднее содержание кальция в костной ткани животных выше на территории Прибайкалья и Забайкальского края. Среднее содержание фосфора, натрия и калия бедренной кости млекопитающих отмечается в Приморском крае, и оно на уровне со средними показателями содержания фосфора, натрия и калия в бедренной кости млекопитающих территории Сибири и Дальнего Востока.

На основании графиков был сделан геохимический ряд. Приведенная таблица показывает, что содержание Са, Р, Na, К на уровне установленного предела Кк ($Kk > 1$). Коэффициент концентрации $K = 1,08$ в бедренной кости млекопитающих одинаковый для всех изученных территорий в данной работе. Кк Са имеет одно значение (1,03) для бедренной кости млекопитающих с территориями Приморского края и Республики Алтай, значение коэффициента концентрации Са костной ткани млекопитающих с территории Прибайкалья и Забайкалья 1,24. Данный момент можно объяснить разностью выборки.

Таблица

Геохимический ряд

Территория	Элементы
ПК	$Ag_{7,2}-Mo_{2,6}-Sn_{1,2}-Ir_8-Th_7-Be_{7,3}-In_6-Pd_5-Nb_{4,7}-Cs_{4,2}-Hf_{4,1}-U_{4,08}-Hg_4-Br_{3,7}-I_{3,6}-Au_{3,5}-Ce_3-V_{2,9}-Sm_{2,91}-Ni_{2,8}=W_{2,8}-Eu_{2,6}=S_{2,6}=Zr_{2,6}-Cd_{2,5}-Ta_{2,4}=Nd_{2,4}=Mn_{2,4}=Ba_{2,4}-Se_{2,3}=La_{2,3}=Al_{2,3}-Cr_{2,2}=Dy_{2,2}=Tl_{2,2}=Cl_{2,2}=Ti_{2,2}=Pr_{2,2}-Fe_2-Sb_{1,9}-Gd_{1,8}-Ga_{1,6}-Bi_{1,56}-Sc_{1,5}=Cu_{1,5}=Co_{1,46}-Pb_{1,44}=As_{1,44}-Er_{1,42}-Li_{1,36}=Te_{1,36}-Ge_{1,3}=Y_{1,3}=Tb_{1,3}=Rb_{1,3}-Si_{1,29}-B_{1,2}=Lu_{1,2}-K_{1,18}=Rh_{1,18}-Yb_{1,15}-Sr_{1,12}=Tm_{1,12}-Os_{1,11}-Re_{1,08}-Zn_{1,06}=Na_{1,06}-Mg_{1,05}-Ca_{1,03}-Ho_{1,02}-P_{1,01}$
РА	$I_{2,6}-Cs_8-Nd_7-Pr_{7,5}-Gd_5-Nb_{4,7}-Mo_{4,5}-Sc_{4,4}-Au_{4,3}=Bi_{4,3}-Dy_{4,06}-Cr_{3,6}-Pd_{3,5}-Th_{3,4}=La_{3,3}-Sm_{3,1}-Ir_{2,9}-Br_{2,8}=Yb_{2,8}-Sn_{2,75}-Ce_{2,71}-Sb_{2,68}-Tb_{2,63}-Y_{2,62}-Cd_{2,58}-U_{2,56}-Ti_{2,47}-Er_{2,46}-W_{2,42}-Te_{2,35}-Ni_{2,32}-Se_{2,31}-V_{2,29}-Eu_{2,27}=Fe_{2,27}-Ag_{2,26}-Ta_{2,25}-Hf_{2,24}-Tl_{2,09}-Ba_{1,99}-Al_{1,93}-Ho_{1,86}-S_{1,77}-Co_{1,74}-Ge_{1,68}-Si_{1,64}-Ga_{1,63}-Mg_{1,59}-Zr_{1,49}-Re_{1,47}=Os_{1,47}=Lu_{1,47}-Tm_{1,45}=Rb_{1,45}-Hg_{1,42}-Cl_{1,41}-As_{1,38}-Ru_{1,32}-Cu_{1,29}-In_{1,27}-K_{1,23}-Li_{1,17}=Mn_{1,17}=Pb_{1,17}-B_{1,16}-Zn_{1,08}-Na_{1,07}=Rh_{1,07}-Sr_{1,04}=P_{1,04}-Ca_{1,03}$
ПБ и ЗБ	$Ge_7-Si_5-I_5,3-Se_4,7-Ir_4,6=Ru_4,6-Dy_4,3-Zr_4,2-Ag_3,6=Sb_3,6=Nd_3,6-Cl_3,5=Cs_3,5-Cd_3,47-Al_3,42-Ce_3,34-W_3,16-Sn_3,11-Gd_2,97-Br_2,87-La_2,71-V_2,65-Pr_2,5-Tl_2,5-Nb_2,38-Sc_2,34-Sm_2,24-Mo_2,2-Cr_2,09-Eu_2,01-Ta_1,9=Pd_1,9-Bi_1,95-Y_1,92-Lu_1,8=Hg_1,8-Au_1,79-Pb_1,77-In_1,6=Te_1,6-Ti_1,58-Co_1,56-Ba_1,53-S_1,47-Rh_1,47-Li_1,43=Fe_1,43-As_1,42-Tb_1,36-Ga_1,35-Hf_1,28-Ca_1,24-Tm_1,22-Mn_1,2=B_1,2-Sr_1,19=Zn_1,19-U_1,18-Ni_1,17-Rb_1,16=Th_1,16-Cu_1,09=Mg_1,09-K_1,08-Na_1,07-P_1,06$

Примечание: Элементы с $Kk > 1$, которые повторяются в исследуемой бедренной кости млекопитающих с территорий Сибири и Дальнего Востока, курсивом и подчеркиванием выделены элементы, которые повторяются на 2-х территориях, жирным шрифтом – редкоземельные элементы и радиоактивные элементы, зеленым – элементы, составляющие костную ткань организма.

Можно заметить, что имеется высокий коэффициент концентрации тяжелых металлов: алюминий, мышьяк, свинец, сурьма, ртуть, кадмий, никель, литий, хром и др. Несмотря на то, что металлы естественным образом присутствуют в окружающей среде, их уровни в различных частях окружающей среды значительно повышаются в результате деятельности человека. Повышенное содержание тяжелых металлов в живом организме влияет на затруднение усваивания жизненно важных минералов, как цинка, железа, кальция, магния, натрия. Особенно это происходит от недостаточного содержания минералов в рационе питания. Например, кадмий, имеющий токсикологическое воздействие при избытке в живом организме, разносясь по крови, может вызвать деформацию и переломы костей, поскольку будет нарушен обмен кальция и фосфора [1]. Кадмий, как и цинк, способен замещать элементы в биогеохимических реакциях. Он может быть антагонистом кальция и железа и способен вытеснить или заменить данные элементы в костной ткани живого организма. Этим условиям могут способствовать увеличение содержания токсичных микроэлементов в реакции с главными (эссенциальными) микроэлементами [3].

Костная ткань является «депо» в живом организме, она способна концентрировать и сохранять концентрацию продолжительное время. Существует много свидетельств того, что концентрации элементов в костях сильно коррелируют с условиями окружающей среды, питанием и состоянием здоровья млекопитающих. Проведенный анализ содержания химических элементов в костной ткани млекопитающих показал разницу в концентрировании в зависимости от места обитания млекопитающих. По результатам исследования такие элементы, как Na, K, Ca и P, имеют примерно одинаковое распределение у всех представленных животных. Другие же элементы имеют разброс в концентрировании в бедренной кости. Данный фактор связан из-за особенностей каждой территории и видом питания каждого млекопитающего. Долевой вклад для каждой исследуемой территории показал, что процентное соотношение из всей выборки для Приморского края составляет 44,83 %, Республики Алтай – 37,93 %, Прибайкалья и Забайкалья – 20,68 %.

Аналитические исследования выполнены при поддержке гранта РФФ № 20-64-47021

Литература

1. Агеева, Е. В. Редкоземельные и радиоактивные (Th, U) элементы в компонентах природной среды как индикаторы эколого-геохимических обстановок (на примере Томской и Кемеровской областей): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: спец. 1.6.21 / Е. В. Агеева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет; науч. рук. Н. В. Барановская. – Томск, 2022. – 23 с.
2. Ахмеджанова З.И., Жиемурадова Г.К., Данилова Е.А., Урунова Д.М., Каримов Д.А. Макро- и микроэлементы в жизнедеятельности организма и их взаимосвязь с иммунной системой (обзор литературы) / З.И. Ахмеджанова // Журнал теоретической и клинической медицины. – 2020. – № 1. – С. 16-21.
3. Виноградов А. П. Геохимия живого вещества – Л.: Изд-во АН СССР, 1932. – 67 с.
4. Дериглазова М. А. Минералого-геохимические особенности зольного остатка организма жителей некоторых городов России как индикатор эколого-геохимической обстановки: Автореф. дис. на соискание ученой степени к.г.-м.н. – Томск, 2020. – 177 с.
5. Ковальский, В.В. Геохимическая среда и жизнь – Москва: Наука, 1982. – 85 с.
6. Katarzyna Tajchman, Aleksandra Ukalska-Jaruga, Marek Bogdaszewski, Monika Pecio, Pawel Janiszewski Comparison of the accumulation of macro- and microelements in the bone marrow and bone of wild and farmed red deer (Cervus elaphus) // BMC Veterinary Research. – 2021. – Т. 324, № 17. – 11 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ИРКУТСК)

Савкив А.С.¹, Гантимурова С.А.^{1,2}

Научный руководитель профессор А.В. Паршин¹

¹Институт «Сибирская школа геонаук» Иркутского национального исследовательского технического университета, г. Иркутск, Россия

²Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

Известно, что основная масса загрязнителей атмосферы содержится в пылевых выпадениях (твердой фазе): до 90 %, а на жидкую приходится не более 10 % [1]. В Восточной Сибири, где период с отрицательными температурами воздуха длится 5-6 месяцев, в качестве объекта изучения атмосферных выпадений часто используют снежный покров [5, 8]. Отбор проб снега, их таяние, фильтрация и обработка данных занимают длительное время. Поэтому на практике для оценки интенсивности поступления загрязнителей исследователи ограничиваются относительно небольшим количеством проб, что снижает точность оценки. При изучении больших территорий подобный метод требует больших затрат, как финансовых, так и временных. В последние годы использование дистанционных методов, таких как спутниковая съемка и маловысотная аэросъемка, стало актуальным и эффективным способом изучения распространения загрязнений в снежном покрове [2]. В данной статье рассмотрено применение дистанционных методов для исследования загрязнения снежного покрова на примере территории города Иркутска (рис. 1).

В рамках работы по оценке экологического состояния территории г. Иркутска было исследовано загрязнение снежного покрова. Для этого использовались мультиспектральные спутниковые снимки Sentinel-2 с разрешением 10 м/пк (метров/пиксель). Для анализа загрязнения снежного покрова были рассчитаны спектральные индексы NDSI (Normalized Difference Snow Index) и SCI (Snow Cover Index), формулы которых приведены в таблице.

NDSI – это показатель, который используется для определения наличия снега в определенной области. Снег как природный объект характеризуется большой отражательной способностью в видимом диапазоне и низкой отражательной способностью в коротковолновом инфракрасном диапазоне, что позволяет отличить снег от других природных объектов и большинства типов облаков [6].

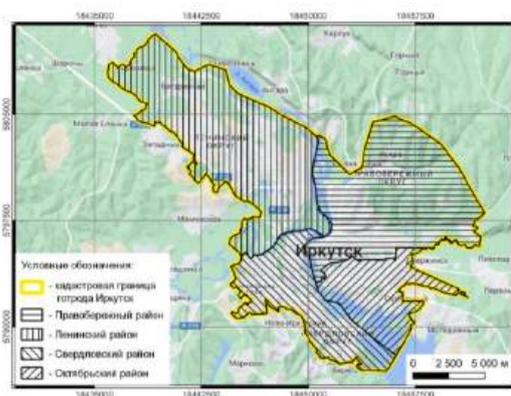


Рис. 1. Объект исследования

Таблица
Спектральные снеговые индексы

Индекс	Формула	№ формулы
NDSI	$(Green - SWIR)/(Green + SWIR)$	1
SCI	$(Blue - Green)/(Blue + Green)$	2
SCPR	$(SWIR - Blue)/(SWIR + Blue)^*$	3

Примечание: * – Green, Blue и SWIR – коэффициенты отражения в зеленом, голубом и коротковолновом инфракрасном диапазонах

Индекс SCI применяется в российских исследованиях для оценки загрязнения снежного покрова: чем меньше значение этого индекса, тем больше загрязнение [7]. Однако, по результатам научных работ, проведенных в Китае, Индии и Швеции [4], выявлено, что наиболее чувствительными полосами к загрязнителям снега являются 384 нм, 450 нм и 1495 нм. Эти длины волн соответствуют Blue (458-523 нм) и SWIR (1565-1655 нм) диапазонам. При увеличении содержания загрязняющих веществ отражательная способность снега резко снижается в голубом диапазоне и возрастает в коротковолновом инфракрасном. Снеговых индексов с участием этих диапазонов в открытых литературных источниках не обнаружено, поэтому был предложен новый спектральный индекс SCPR (Snow Cover Pollution Ratio), который рассчитывается по формуле 3 (табл.).

На раннем этапе исследования установлена зависимость значений снеговых спектральных индексов от времени накопления пылевых осадений без перекрытия свежеснеженным снегом. В результате была подтверждена гипотеза о том, что чем дольше пылевые частицы оседают на снежный покров, тем больше изменяются отражательные способности снега.

Для валидации оценки загрязнения снежного покрова с помощью спектральных индексов использовались данные снегогеохимической съемки, которая проводилась в конце февраля 2021 года [3]. В ходе выполнения снегогеохимических работ отбирались пробы снега, по которым замерялся ряд параметров: электропроводность, кислотность и вес фильтров. Сравнение происходило по случайно выбранному профилю точек (рис. 2).

Для сравнения был выбран спутниковый снимок за 24 февраля 2021 года (предыдущие осадки 19 февраля).

Были рассчитаны спектральные индексы, характеризующие загрязнение снега (рис. 3-4). На рис. 3 меньшие значения индекса SCI показывает большее загрязнение. По неизвестным нам причинам этот индекс показывает загрязнение на территории Иркутского водохранилища (чего быть не должно). Из-за данной особенности распределения значений, индекс SPI был отклонен, и предложен новый снеговой спектральный индекс SCPR.

В результате сопоставления выявлено, что значения SCPI имеют сильную положительную корреляцию с показателями электропроводности (рис. 5). Коэффициент корреляции равен 0,84. Значение электропроводности снеготалых вод показывает минерализацию воды и концентрации металлов в пробах снега [3].

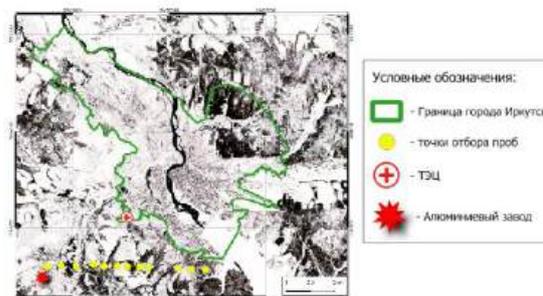


Рис. 2 Точки отбора проб снега

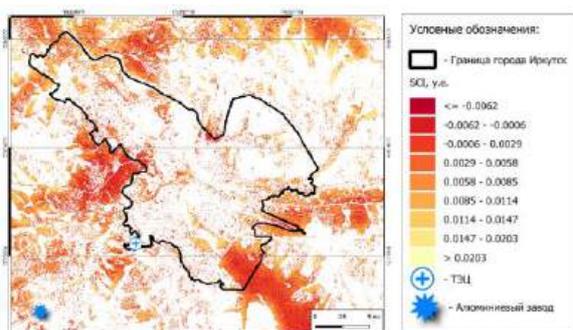


Рис. 3. Карта распределения значений SCI на территории г. Иркутск за 24 февраля 2021г. (красным минимум)

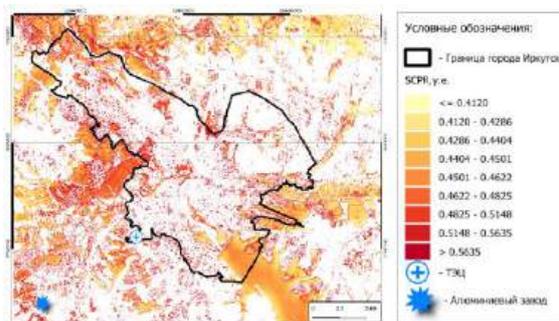


Рис. 4. Карта распределения значений SCPR на территории г. Иркутск за 24 февраля 2021г. (красным максимум)

Таким образом, в ходе исследования было рассмотрено применение дистанционных методов для оценки состояния снежного покрова урбанизированных территорий. Рассчитаны спектральные индексы SCI и NDSI и предложен новый снеговой спектральный индекс SCPR. Осуществлено сопоставление с данными фактических измерений.

Индекс SCI для проведения оценки снежного покрова мы считаем применимым, т.к. написано большое количество статей показывающих, что он работает. Однако в рамках данного исследования лучшие результаты показал индекс SCPR. В дальнейшем планируется исследовать пространственное и временное распределения значений индекса SCPR перейти от качественной оценки загрязнения снежного покрова к количественной с учетом новых данных снегогеохимической съемки.

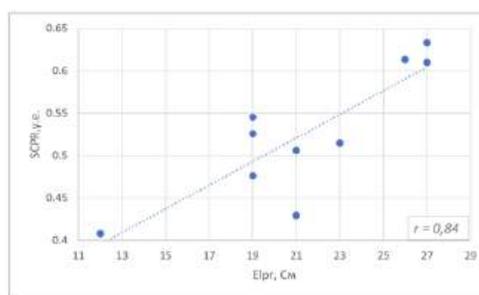


Рис. 5. График зависимости значений SCPR от электропроводности

Литература

1. Касимов Н.С. Геохимия снежного покрова в восточном округе Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Н.Е. Кошелева, Д.В. Власов, Е.В. Терская // Вести. Моск. Ун-та. – 2012. – №4. – С. 14 – 24.
2. Кичигин Н. В Загрязнение окружающей среды: Новая Российская Энциклопедия / глав. ред. А. Д. Некипелов. – Москва: Изд-во «Энциклопедия»; Изд-во дом «Инфра-М», 2003. – 373 с.
3. Ланько, А.В. Анализ пространственно-временной изменчивости параметров снежного покрова по системе профилей на урбанизированной территории [Текст] / А. В. Ланько, Г. И. Сарапулова // Науки о Земле и недропользование. – 2023. – Т. 46(4). – С. 423–431.
4. Напрасникова, Е. В. Особенности геохимического и микробиологического состояния снежного покрова города Иркутска [Текст] / Е. В. Напрасникова // Сибирский медицинский журнал. – 2007. – №3.
5. Описание NDVI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://bikeshbade.com.np/tutorials/Detail/?title=Normalized%20Difference%20Snow%20Index%20\(NDSI\)&code=24](https://bikeshbade.com.np/tutorials/Detail/?title=Normalized%20Difference%20Snow%20Index%20(NDSI)&code=24).
6. Пожитков, Р. Ю. Оценка пылевых выпадений в снежном покрове с использованием данных дистанционного зондирования Земли (на примере г. Нижневартовска) [Текст] / Р.Ю. Пожитков, А.А. Танеев, Д.В. Московченко // Оптика атмосферы и океана. – 2020. – № 10.
7. Таловская, А. В. Динамика загрязнения снегового покрова микроэлементами в окрестностях теплоэлектростанции (на примере Томской ГРЭС-2) [Текст] / А.В. Таловская, Е. Г. Язиков, Е. А. Филимоненко // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2019. – Т. 25. – № 2.
8. Lei, Analysis on the spectral reflectance response to snow contaminants in Northeast China [Текст] / Lei, Xiaochun & Song, Kaishan & Wang, Zongming & Du, Jia & Wu, Yanqing & Wang, Yuandong & Tang, Xuguang & Zeng, Lihong & Jiang, Guangjia & Liu, Dianwei & Zhang, Ba // China. – V. 10. – P. 1741 – 1744.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТОВ ТЁМНО-СЕРЫХ ПОЧВ
ПОДТАЙГИ ПРИТОМЬЯ**

Садиров М.Ш., Ткачева А.А.

Научный руководитель доцент И.В. Вологодина, заведующий лабораторией С.В. Лойко
Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Педогенные карбонаты играют важную роль в углеродном обмене между почвой и атмосферой и являются важным показателем почвенных режимов и процессов, современных и древних условий почвообразования, а также ландшафтных и геохимических условий [1-2]. На накопление педогенных карбонатов влияют физические, химические и биологические свойства почв. Анализ карбонатного профиля необходим для оценки текущего карбонатного состояния почв и изучения его динамики во времени в зависимости от климатических условий и антропогенных воздействий.

Учитывая, что карбонаты являются одним из основных компонентов почвенного профиля, подтаежная зона привлекает внимание практически всех исследователей, занимающихся генезисом, составом и строением серых лесных почв, составляющих более 50 % её территории. Данное исследование базируется, главным образом, на морфологических описаниях и сведениях о распространении карбонатов, их состав оценивается морфологическими, мезоморфологическими и субмикроморфологическими методами.

Объектом исследования является темно-серая почва – разрез УС22-6. В сентябре 2023 года проведено экспедиционное обследование почв в северо-западном районе Кемеровской области. В этом районе был заложен 1 разрез почвы. Координаты (по GPS): 56°5'47" с.ш, 84°59'17" в.д. Пробы карбонатов были отобраны с глубины 100-117 см и 123-140 см, весь разрез глубиной 1,5 метра (рис. 1).

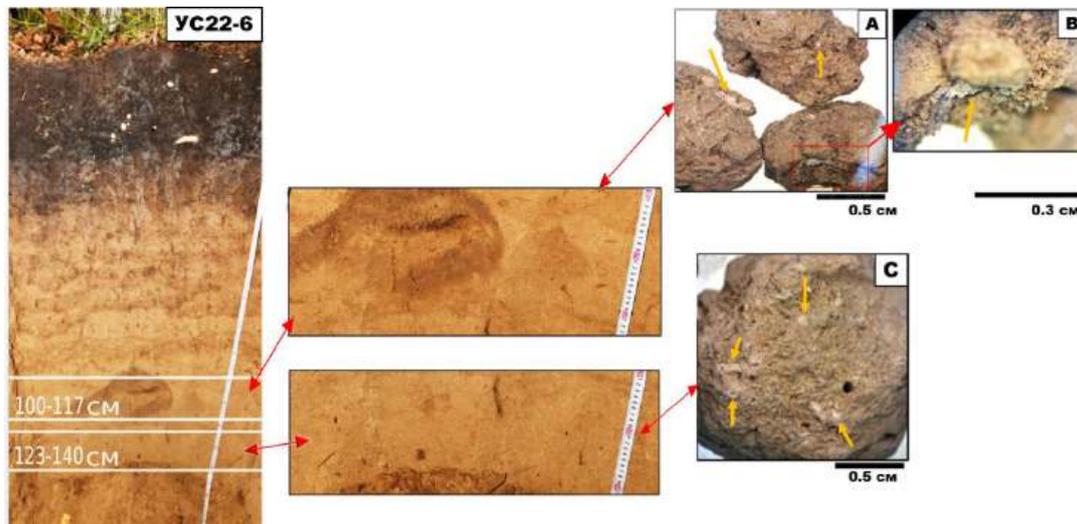


Рис. 1. Темно-серая почва (и места отбора проб отмечены белой линией, см)

Примечание: А-В – агрегаты кальцита, карбонатные жилки в форме тонких трубок (глубина 100–117 см); С – заполнение карбонатных слоев, отверстий и пустот в виде журавчиков (глубина 123–140 см)

По классификации почв 2004 г. [3] изучаемая почва диагностирована как тип агротемно-серая карбонатсодержащая среднепахотная среднесуглинистая.

Объект исследования расположен вблизи р. Томь, что отражается в облегченном гранулометрическом составе почвы, под залежным разнотравно-злаковым сосново-березовым лесом возрастом около 15 лет с момента последней вспашки. В микрорельефе разрез заложен на округлом микроповышении размерами около 15×15 м. Осадки с такой формы микрорельефа быстро скатываются, что приводит к наиболее высокому расположению линии вскипания от HCl в данной плакорной местности (106 см от поверхности почвы). В карбонатных горизонтах карбонаты кальция образуют жилки, журавчики, заполняют корневые каналы (рис. 1). Оптическими методами и методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) изучены их морфология и вещественный состав.

Мезоморфологический анализ (оптическая микроскопия). Изучены образцы из карбонатного горизонта под бинокулярным микроскопом. В почвенном профиле концентрация карбоната, в основном, ограничена порами и близкими к порам полостями, т.е. корневой канал полностью заполнен карбонатным веществом или вокруг каналов наблюдаются примазки карбоната кальция (рис. 1, С). Также в почве наблюдаются карбонатные агрегаты различной формы и размера, выделяются тонкотрубчатые карбонатные жилки (рис. 1, А) толщиной от 1 до 5 мм, длиной от 1 до 7 мм, диаметром от 2 до 4 мм. Цвет агрегатов белый, бледно-желтый, бледно-желтовато-розовый. Присутствие карбонатов кальция в поровом пространстве свидетельствует о процессах карбонатизации, связанных с перемещением и осаждением карбонатов внутри почвенного профиля.

Субмикроморфологический анализ выполнен с использованием аналитического комплекса сканирующего электронного микроскопа TESCAN Mira III LMU совмещенного с системой анализа элементного состава материалов AZTEC ADVANCED на базе энергодисперсионного детектора Ultim Max 40 в Томском региональном центре коллективного пользования ТГУ. Карбонатные новообразования, в основном состоящие из агрегатов пластинчатого кальцита (рис. 2, А-С), характеризуются сложным строением, обусловленным взаимоотношением минеральных частиц и их расположением в пространстве. Пластинчатые кристаллики кальцита толщиной менее 1 мкм внутри агрегатов ориентированы субпараллельно. Также встречаются игольчатые кристаллы кальцита длиной до 3 мкм (рис.2, А, В), которые нарастают вокруг органических образований (всасывающие корни и гифы грибов). В карбонатной массе встречаются тонкие чешуйки глинистых минералов – иллита, хлорита (рис.2, D), включения гидроксидов железа.

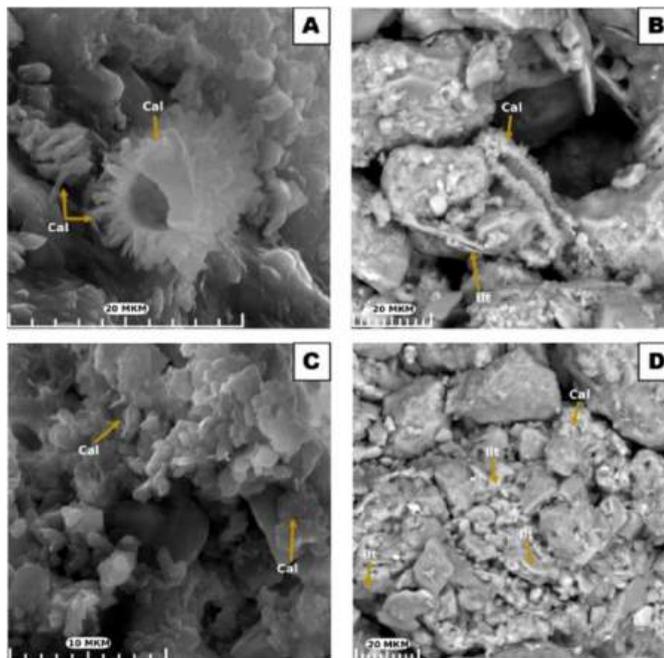


Рис. 2. Строение и состав карбонатных новообразований

Примечание: А-В – игольчатый и пластинчатый кальцит (глубина 100-117 см); С – субпараллельная ориентировка пластинчатых кристаллов кальцита (глубина 123-140 см); D – тонкие чешуйки глинистых минералов (глубина 123-140 см); условные обозначения: Cal – кальцит, Ill – иллит

В результате проведенных исследований получено представление о составе и особенностях строения карбонатных новообразований в почвах, что способствует получению представления об общем состоянии и формах аккумуляции углерода в глубоких почвенных горизонтах и может быть использовано для оценки и управления земельными ресурсами.

Почвы рассматриваемого региона имеют периодически-промывной водный режим, что не способствует накоплению больших количеств карбонатных новообразований в почвах. Зона оптимума для накопления карбонатов располагается южнее, в экотонной области между лесом и степью. Именно там встречается разнообразие форм карбонатных новообразований. В рассматриваемых условиях активизации карбонатонакопления будет способствовать замена леса на пахотные угодья.

Литература

1. Абакумов Е.В., Лойко С.В., Истигечев Г.И. и др. Почвы черневой тайги Западной Сибири – морфология, агрохимические особенности, микробиота // Сельскохозяйственная биология, – 2020, – Т. 55, – № 5, – с. 1018-1039.
2. Голубцов В.А. Карбонатные новообразования в почвах Байкальского региона: процессы формирования и значение для палеопочвенных исследований // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. – 2017. – № 39. – С. 6–28.
3. Лойко С. В. Природные условия западного макросклона Томь-Яйского междуречья: материалы к полевой части Первой Всероссийской школы конференции по лесной экологии «Современные проблемы и методы лесной экологии» (Томск, 25-30 августа 2013 г.) / С. В. Лойко, Л. И. Герасько, С. П. Кулижский. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, – 2013. – 56 с.
4. Шишов Л. Л. и др. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск.: Ойкумена. 2004. – 342 с.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ ЧАСТИЦ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСК)

Санарова Р.Ю.

Научный руководитель профессор А.В. Таловская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время во всех крупных городах наблюдается проблема загрязнения атмосферного воздуха взвешенными частицами. Мелкодисперсные твердые частицы наиболее опасны для здоровья, так как обладают большей проникающей способностью в организм человека [1, 4]. Снеговой покров на протяжении всего зимнего периода накапливает в себе твердые частицы, следовательно, может являться индикатором загрязнения атмосферного воздуха [1-3]. Исследование гранулометрического состава микрочастиц, содержащихся в снежном покрове, позволяет получить информацию о распределении взвешенных в воздухе частиц различных размеров и генезиса в разных условиях техногенеза [1].

На территории г. Томска, где функционируют предприятия различных отраслей производства, ранее выполнялись исследования минералого-геохимических особенностей состава нерастворимого осадка снежного покрова для определения источников загрязнения и масштабов их воздействия на селитебные зоны [3]. Однако, недостаточно внимания уделялось вопросу гранулометрического состава нерастворимого осадка снега. В этой связи данная работа выполнена с целью изучения распределения мелкодисперсных гранулометрических фракций твердых частиц на территории Томска по данным изучения снежного покрова.

В жилых зонах и зонах промышленных предприятий города, фоновом районе (обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН, 70 км от г. Томск) было отобрано и подготовлено 40 проб снежного покрова по стандартным методикам сотрудниками и студентами кафедры ГЭГХ ТПУ (в настоящее время – отделение геологии). Анализ гранулометрического состава проб нерастворимого осадка снежного покрова выполнялся методом лазерной дифракции на приборе фирмы Shimadzu (анализатор SALD-710) в НОЦ «Наноцентр» ТПУ (аналитик – Леонов А.А.). Диапазон измерений от 300 до 0,01 мкм. По результатам измерений фракции были разделены на группы грубодисперсных – от 50 до 300 и от 10 до 50 мкм согласно работе [2], мелкодисперсных частиц – менее 10 (PM₁₀), менее 2,5 (PM_{2,5}) и менее 1 мкм (PM₁) по классификации Всемирной организации здравоохранения, основанной на проникающей способности частиц в дыхательную систему человека [4].

Согласно проведенным исследованиям определено, что в пробах нерастворимого осадка снежного покрова на территории Томска размеры частиц изменяются от 3,5 мкм до 100 при среднем значении 18,1 и фоне 52,2 мкм (табл.). На территории города распределение частиц по размеру в нерастворимом осадке снежного покрова неравномерно. Выделяются ореолы мелкодисперсных (менее 10 мкм) и крупнодисперсных (10-50, более 50 мкм) частиц в различных частях города (рис. 1). Ореолы частиц с размерами до 10 мкм (PM₁₀) охватывают 41 % территории города, тогда как от 10 до 50 мкм – 56 %, более 50 мкм – 2 %.

Таблица

Размер частиц в нерастворимом осадке снежного покрова на территории города Томск и фоновом районе

Район/зона воздействия	Минимум, мкм	Максимум, мкм	Среднее, мкм	Доля PM ₁₀ , %
г. Томск	3,5	101	18	29
ГРЭС-2	4,2	17	11	39
Кирпичный завод	8,5	31	15	22
Рекреационная зона (Лагерный Сад)	-	-	76	10
Фоновый район	-	-	52	8,9

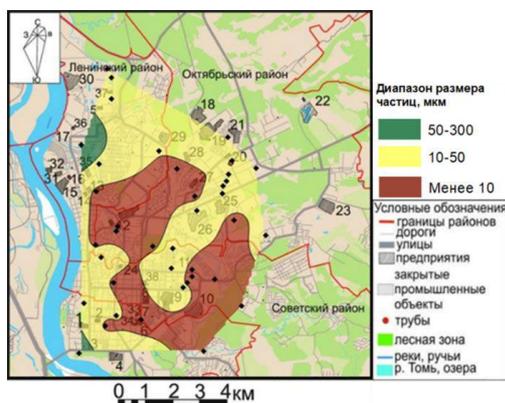


Рис. 1. Карта-схема распределения гранулометрических фракций нерастворимого осадка снежного покрова

В районе расположения теплоэлектростанции (ГРЭС-2) средний размер частиц в 2,4 и в 6,4 раз меньше среднегородского и фонового значения, соответственно, и изменяется от 17 до 4 мкм по мере удаления на расстояние от 0,7 до 2 км, соответственно (рис. 2а). Доля фракции PM₁₀ в 1,5 раза превышает среднегородской показатель и возрастает по мере удаления от труб теплоэлектростанции, достигая максимума 45 % на расстоянии 1,3 км. При этом, по мере удаления, больший вес во фракции PM₁₀ приобретают частицы PM₁ (рис. 2б). Отношение PM₁/PM₁₀ возрастает в 3 раз, а PM_{2,5}/PM₁₀ – в 2,3 раза выше по мере удаления от ГРЭС до 2 км.

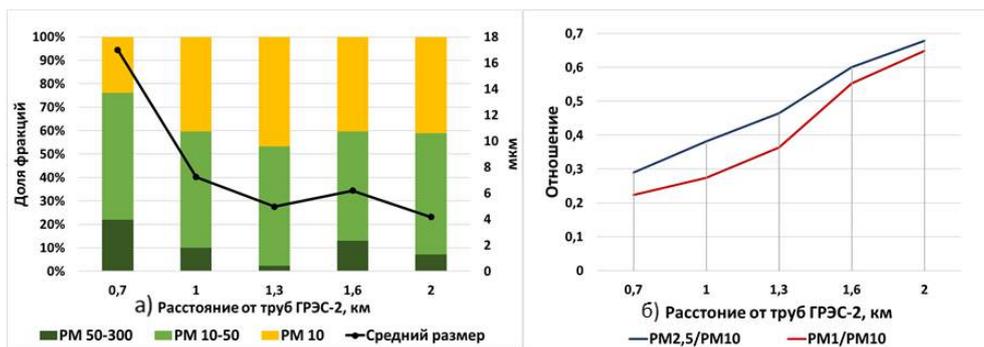


Рис. 2. График распределения частиц по гранулометрическим фракциями (а), и отношения мелкодисперсных фракций в нерастворимом осадке снегового покрова по мере удаления от ГРЭС-2

Для зоны воздействия кирпичных заводов характерны более грубодисперсные частицы (рис. 3а). Доли мелкодисперсной фракции PM_{10} изменяются от 9 до 27 % на расстоянии от 0,2 до 1 км от границ кирпичного завода. По мере удаления от кирпичного завода характерно снижение среднего размера твердых частиц и возрастание отношений PM_1 и $PM_{2,5}$ к PM_{10} (рис. 3б).

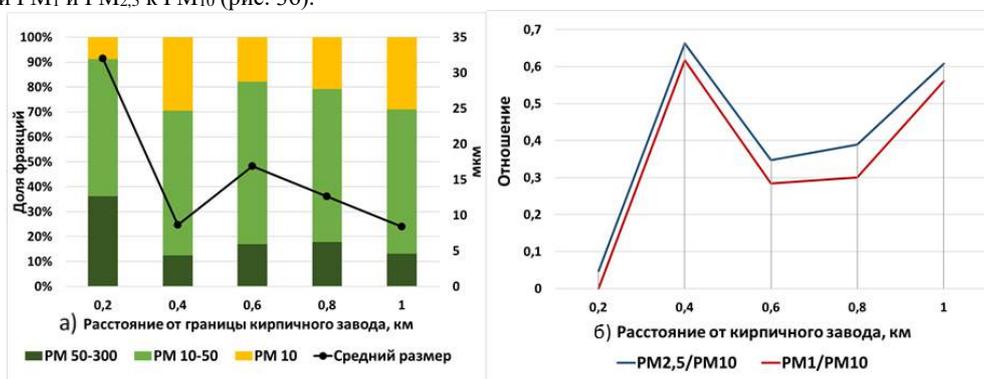


Рис. 3. График распределения частиц по гранулометрическим фракциями (а), и отношения мелкодисперсных фракций в нерастворимом осадке снегового покрова по мере удаления от кирпичных заводов

Таким образом, на основе данных по изучению гранулометрических фракций нерастворимого осадка снегового покрова выявлены некоторые особенности распределения фракций PM_1 , $PM_{2,5}$ и PM_{10} на территории г. Томск.

Литература

1. Голохваст К. С. и др. Гранулометрический и минералогический анализ взвешенных частиц в атмосферном воздухе // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2011. – № 40. – С. 94-100.
2. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы [Текст]: монография / Н. С. Касимов, Д. В. Власов, Н. Е. Кошелева, Е. М. Никифорова – М.: АПР, 2016. – 276 с.
3. Таловская, А. В. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова) [Текст]: дис. ... д-ра геолог.-минерал. наук / Таловская Анна Валерьевна. – Томск, 2022. – 373 с.
4. Pope, C. A. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect [Text] / C. A. Pope, D. W/ Dockery // Journal of the Air & Waste Management Association. – 2006. – V. 56(6). – P. 709–742.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ «1С: ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОРП» НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА»

Смехунова Е.А.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Любое производственное предприятие оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Защита окружающей среды, а также соблюдению различных экологических норм сегодня уделяется повышенное внимание. В последние годы наблюдается ужесточение природоохранного законодательства, регулярное внесение изменений в действующие нормативные акты, ужесточение наказаний за нарушение природоохранных требований. Всё это вынуждает экологов всё больше времени посвящать ведению экологической документации. Эта работа требует огромных трудозатрат, максимального внимания для того, чтобы избежать появления ошибок в документации

и отчетности, знания природоохранного законодательства в совершенстве [3]. На каждом предприятии существуют свои особенности ведения экологического учета. Но, тем не менее, объем документации, с которым работают специалисты-экологи таков, что его почти не представляется возможным обработать вручную. Поэтому все чаще в современных компаниях принимают решение о приобретении программного продукта для экологов, который позволил бы облегчить труд специалиста в ведении экологического учета, исключить ошибки в расчетах, создать единую базу и обеспечить к ней быстрый доступ. К таким программам предъявляются различные требования, которые бы позволили вести экологический учет каждого конкретного предприятия в зависимости от его специфики. К таким требованиям можно отнести [2]:

- учет всех видов загрязнений в одном программном продукте;
- наличие справочников, применяемых при расчетах;
- организация единой базы данных для всех экологов, работающих на предприятии;
- возможность настройки программы под особенности предприятия;
- регулярные своевременные обновления при изменении нормативных требований;
- простота в освоении и удобство в эксплуатации;
- возможность пройти обучение у производителя программного продукта.

Программным продуктом, который подходит под указанные требования, является «1С: Экология. Охрана окружающей среды». Программа «1С: Экология. Охрана окружающей среды» содержит в одной системе всё лучшее из функционала имеющихся на российском рынке программ [1].

На предприятиях, которые занимаются транспортировкой газа, существуют свои особенности применения программных продуктов. При ведении экологического учета такие программы должны облегчить труд эколога в части ведения учета объема сработанного газа при проведении различных операций, например, при проведении ремонтных работ на магистральном газопроводе, формировании расчетов выбросов при работе дизельных электростанций при наличии фактического количества потребленного топлива и другие. В «1С: Экология. Охрана окружающей среды» полностью реализован данный функционал, позволяющий вести учет метана, который выделяется на предприятиях, осуществляющих транспортировку газа по магистральному газопроводу.

Рассматривая использование программного продукта на примере одного крупного газотранспортного предприятия России, на котором активно внедрено использование программного продукта можно отметить, что работа в рассмотренном программном обеспечении упрощает работу экологов предприятия, делает ее более качественной, помогая нашей главной цели – сохранению благоприятной окружающей среды.

Также хочется отметить, что у студентов Национального исследовательского Томского политехнического университета есть уникальная возможность обучиться работе в данной программе для получения практических навыков и дальнейшего применения полученных знаний в работе на предприятии.

Литература

1. Коростелев В.С. Применение программного обеспечения ООС - 1С предприятие 8.3 для ведения экологического учета на предприятии // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской науч. студ. конф. – Томск, 2015. – С. 44-46.
2. Малышева М. С. Роль и значение учета природоохранных мероприятий в современных условиях [Текст] / М. С. Малышева // Экономическая наука и практика: материалы III междунар. науч. конф. (г. Чита, апрель 2014 г.). – Чита: Издательство Молодой ученый, 2014. – С. 76-80.
3. Ягницина А. В. Приложение «1С: Охрана окружающей среды» как эффективный инструмент эколога на промышленных предприятиях // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2018. – Т. 1. – С. 877-879.

ПОВЕДЕНИЕ УРАНА В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Софронова С.М.

Научный руководитель старший научный сотрудник А.Е. Богуславский
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия

В работе проведено термодинамическое моделирование взаимодействия U с металлическими радиоактивными отходами (РАО). В процессе деятельности предприятий ядерно-топливного цикла образуются твердые РАО, представленные кусками шлака, алюминием и болтами. В рассматриваемом случае шлак образуется в результате переплавки газовых центрифуг и состоит преимущественно из металлического алюминия с включениями частиц бронзы, меди, железа и т.п. В целом, отходы, отнесенные к металлическим в данной работе, составляют 76 % от общей массы твердых радиоактивных отходов предприятия. Цель работы: оценить влияние хранилища ТРАО на окружающую среду.

Известно, что присутствие металлов в растворе оказывает влияние на содержание в нем урана U. Железо оказывает ключевую роль на поведение урана в грунтовых водах. Закисная форма Fe(II) восстанавливает его до устойчивого в твердой фазе U(IV), а окисная форма Fe(III), выпадая в слабощелочных грунтовых водах в виде

разнообразных оксидов и гидроксидов (например, гетит), интенсивно сорбирует U(VI) [1-3]. Гиббсит ($Al(OH)_3$) также является активным сорбентом урана [4].

Термодинамическое моделирование проводилось в программном пакете HCh с использованием алгоритма GIBBS и банка данных термодинамической информации UNITHERM [5].

В модели металлические РАО приняты как $Fe_{(мет)}$ и $Al_{(мет)}$. Расчеты проводились при 0,5 мл железа и алюминия на 1 литр раствора. Добавление железа и алюминия в систему вызвало изменение окислительно-восстановительного потенциала: при добавлении железа в раствор окислительно-восстановительный потенциал снизился до $Eh = -0,209$ вольт. При добавлении алюминия в раствор окислительно-восстановительный потенциал уменьшился до $Eh = -0,213$ вольт. Низкие соотношения металл/раствор не влияют на изменение pH результирующих растворов. Однако, привнесение в реакцию большего количества Fe может поспособствовать образованию минерала магнетита и увеличению pH растворов до 10. Исходные концентрации урана и значения Eh были приняты на основе данных анализа проб, отобранных на участках влияния предприятия ядерно-топливного цикла.

В исходном растворе концентрация урана составляла 3,8 мкг/л, после реакции с металлическими Fe или Al концентрация урана снижается до $6,8 \cdot 10^{-6}$ мкг/л урана в растворе. В таблице 1 приведены расчетные данные по формам нахождения катионов ряда элементов в растворах по мере протекания реакции взаимодействия с $Fe_{(мет)}$ и $Al_{(мет)}$ при разных окислительно-восстановительных потенциалах, а также составы равновесных твердых фаз.

Как показали расчеты, главным результатом восстановительных реакций является снижение концентраций урана в растворах на 6 порядков. Модель показала резкое снижение концентраций урана в U-содержащих грунтовых водах в реакциях с металлическими РАО, которые активно восстанавливают U(VI) до U(IV).

Полученные в ходе термодинамического моделирования результаты подтверждаются данными мониторинга состояния грунтовых вод на участке объекта исследования. Исследования проводились в течение 2022 года, на рисунке показана динамика концентрации урана в грунтовых водах, отобранных из скважин на территории хранилища РАО. Значения проб из скважин не превышают фоновые значения, что говорит о том, что вынос урана на данном участке не происходит.

Такие низкие концентрации U в скважинах на участке объекта исследования объясняются элементарным составом шлаков, образованных в результате деятельности предприятия, железо и алюминий в которых содержатся в высоких концентрациях (табл. 2).

Таблица 1

Состав твердых фаз и формы нахождения ряда катионов в карбонатных растворах при pH 7,3 по расчетным данным

Твердая фаза	Eh, V	Общая концентрация в растворе, мкг/л	Главные формы нахождения в растворе (спецификация)	
Доломит, куприт (Cu_2O), гетит, гиббсит, каолинит	0,12	U	3,8 (исходный)	$Ca_2UO_2(CO_3)_3$ и $UO_2(CO_3)_2^{2-}$, $Fe(OH)_3^0$ Fe^{2+} , $Al(OH)_3$, $CuCO_3^0$, Cu^+ , $Cu(OH)_2^0$
		Fe	$4,1 \cdot 10^{-2}$	
		Mn		
		Al	$5,7 \cdot 10^{-5}$	
		Cu	3,7	
		Ca	$2,5 \cdot 10^4$	
		Mg	$4,4 \cdot 10^3$	
		Все остальные катионы как в исходных химических анализах, т.е. мобильны в растворе		
Доломит, пирит, галенит, халькопирит ($CuFeS_2$), сфалерит, молибденит, гиббсит, гринокит (CdS), уранинит (UO_2)	-0,2	U	$6,89 \cdot 10^{-6}$	$U(OH)_4^0$ и $Ca_2UO_2(CO_3)_3$, Fe^{+2} , $FeHCO_3^+$, $Al(OH)_3^0$, Cu^+ , $CuOH^0$, Zn^{+2} , $ZnOH^0$, Pb^{2+} и $PbCO_3^0$
		Fe	722	
		Al	$5,7 \cdot 10^{-5}$	
		Cu	$1,15 \cdot 10^{-9}$	
		Mo	$1,3 \cdot 10^{-12}$	
		Zn	$3,7 \cdot 10^{-2}$	
		Cd	$2,8 \cdot 10^{-6}$	
		Pb	$4,6 \cdot 10^{-4}$	

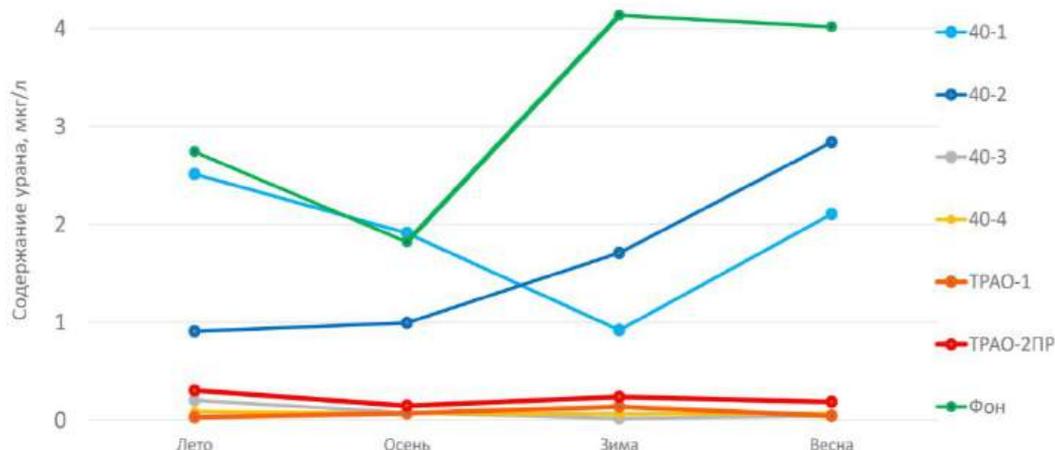


Рис. Сезонная динамика содержания U (мкг/л) в грунтовых водах в районе размещения хранилищ твердых радиоактивных отходов

Таблица 2

Элементный состав шлаков

Шлак, %	Al	Si	Br	Na	Mg	Ba	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cr	Cu	Zn	As	U
обр 1	-	-	-	-	-	-	0,5	7,6	0,4	0,1	5,8	0,03	2	0,4	0,1	0,3
обр 2	-	-	-	-	-	-	0,5	7,8	0,4	0,1	6	0,02	2	0,5	0,1	0,3
обр 3	32	10	-	0,1	1	1,1	0,1	5,3	0,1	0,1	3,6	0,063	0,2	0,2	-	0,2
обр 4	> 5	> 5	~ 3	> 1	0,2	0	-	> 5	0	0	~ 3	0,012	> 5	0,2	0	0,2

Таким образом, в термодинамической модели показано снижение концентрации U в хранилище ТРАО, содержащем отходы, богатые железом и алюминием. Соответствующее поведение мы наблюдаем и на практике. U извлекается из грунтовых вод и не выщелачивается затем под их воздействием, так достигается снижение распространения U в окружающую среду.

Литература

1. Шваров Ю. В. // Геохимия. – 1999. – № 6. – С. 646–652
2. Hattori T., Saito T., Ishida K., Scheinost A. C., Tsuneda T., Nagasaki S., Tanaka S. The structure of monomeric and dimeric uranyl adsorption complexes on gibbsite: A combined DFT and EXAFS study Author links open overlay panel // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2009. – №73. – С. 5975-5988.
3. Jiang T., Zhang X., Xie C., Wu X., Luo C., Li M., Peng Y. Effective capture of aqueous uranium using a novel magnetic goethite: Properties and mechanism // *Journal of Solid State Chemistry*. – 2021. – №300
4. Sherman D.M., Peacock C.L., Hubbard C.G. Surface complexation of U(VI) on goethite (α -FeOOH) // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 2008. – № 72. – С. 298-310.
5. Wang Y., Wang J., Li P., Qin H., Liang J., Fan Q. The adsorption of U(VI) on magnetite, ferrihydrite and goethite // *Environmental Technology & Innovation*. – 2021. – № 23. – С. 2352-1864

**ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ОДНОДОЛЬНЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ
ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ Г. КАРАБАШ
Стрелкова Ю.Ю., Сальникова Ю.**

Научные руководители доцент В.А. Матвеева, доцент Д.О. Нагорнов
**Санкт-Петербургский горный университет имени императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург, Россия**

В настоящее время вопрос деградации почвы, являющейся важной составляющей экосистемы, выходит на первые позиции среди глобальных прикладных проблем в области воспроизводства и сохранения природных ресурсов. Добыча и переработка минерального сырья – одна из главных причин деградации почвенно-растительного покрова [3]. Горнодобывающие регионы России, такие как Челябинская область, подвержены наибольшему негативному воздействию на почвенные ресурсы.

Город Карабаш относится к группе малых городов Челябинской области, которые тесно связаны с развитием горнодобывающей и металлургической промышленности [4]. Поселение на этом месте (пос. Саймоновский) возникло в начале XIX в. как центр добычи россыпного золота. Вскоре в связи с открытием медноколчеданных руд было основано медеплавильное производство. В отдельные периоды Карабаш поставлял до половины всей российской меди. Интенсивное освоение недр сопровождалось постоянным увеличением нарушенных земель и привело в конце XX столетия к экологическому бедствию в данном районе [1]. Выбросы загрязняющих веществ от градообразующего производства и эрозийные процессы привели к уничтожению почвенного покрова и растительности на территории города и в его окрестностях. Постоянное техногенное воздействие практически полностью приостановило естественное самовосстановление природной среды [1, 4]. Местами, например, на западном склоне г. Золотой, почва и растительность просто отсутствуют. В настоящее время для таких территорий необходимо проведение комплекса мероприятий по восстановлению их плодородия с использованием специальных приемов рекультивации и биоремедиации.

Целью работы является определение факторов, негативно влияющих на всхожесть и рост на ранних стадиях растений, потенциально пригодных для восстановления растительного покрова г. Золотой. В основу работы положены результаты определения pH водных и солевых вытяжек, результаты рентгенофлуоресцентного анализа почв, а также результаты лабораторного эксперимента.

В 2023 году был проведён отбор пяти объединенных проб почв на западном склоне г. Золотой. Западная часть склона наиболее подвержена действию выбросов горнометаллургического предприятия и лишена растительного покрова. Пробоотбор и пробоподготовка для определения pH проводились в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Определение pH водных вытяжек проводилось в соответствии с ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки». Определение pH солевых вытяжек – в соответствии с ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО». Результаты измерений pH проб почв представлены в таблице.

Таблица

Результаты определения pH проб почв

Показатель	1	2	3	4	5
pH ^{H₂O}	4,79	3,79	4,51	3,96	4,29
pH ^{KCl}	3,64	3,36	3,54	3,36	3,65

Анализируемые пробы почв имеют кислую реакцию среды. Водородный показатель солевых вытяжек ниже, следовательно, почва обладает обменной кислотностью – является очень сильнокислой.

При проведении рентгенофлуоресцентного анализа для исследования качественного и количественного содержания металлов в пробе в качестве измерительного прибора использовался спектрометр рентгенофлуоресцентный NITON XLt. Значительное превышение зафиксировано по свинцу, мышьяку, цинку, меди, никелю, железу и хромю. Так, содержание меди превышено в 32-128 раз по сравнению с кларком для городов с населением менее 100 тыс. человек и в 13-55 раз по сравнению с ориентировочно допустимой концентрацией. Превышение содержания химических элементов – загрязнителей почв – характерно для территорий медноколчеданных месторождений Урала [2].

Для изучения возможности восстановительного покрова на исследуемой территории в рамках лабораторного эксперимента были выбраны семена двудольных растений, таких как кресс-салат *Lepidium sativum* L., горчица белая *Sinapis alba* L., и однодольных растений, таких как луговик (щучка) дернистый *Deschampsia cespitosa*. Анализ проводился по ГОСТ Р ИСО 18763-2019 «Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений». Также проводилась проверка всхожести семян на растительном почвогрунте. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

Полученные данные указывают, что основное воздействие происходит на скорость прорастания растений. На рисунке 3 представлен график зависимости замедления прорастания от анализируемой пробы. Наибольшее замедление зафиксировано в пробе 4.

Для сравнения зависимости с pH построен график, представленный на рисунке 4. Значения pH значительно влияют на рост двудольных: чем выше данный показатель, тем меньше процент замедления.

На прорастание кресс-салата и горчицы белой оказывает влияние pH, однако в данную зависимость не входит луговик дернистый. Создана гипотеза, что рост луговика дернистого в данном эксперименте определялся и концентрацией меди в почве. Для подтверждения гипотезы построен график, представленный на рисунке 5. Минимальные водородные показатели соответствуют максимумам меди в пробах. Следовательно, растения значительно угнетены именно кислотностью почв и содержанием токсичного элемента – меди.

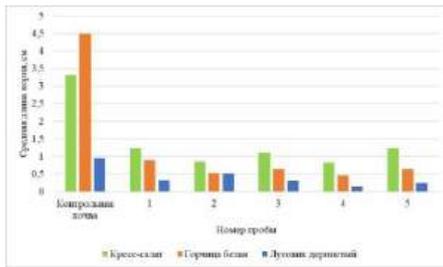


Рис. 1. Результаты измерений средней длины корней

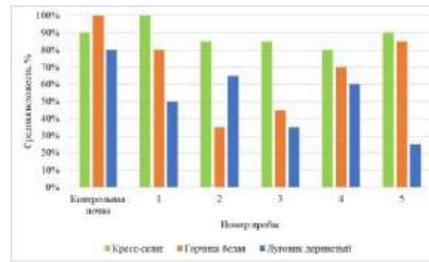


Рис. 2. Результаты расчета средней всхожести

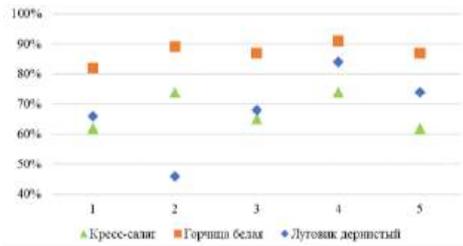


Рис. 3. График процентного замедления прорастания семян в разных точках

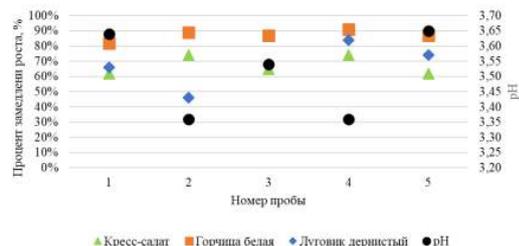


Рис. 4. График сравнения рН и процента замедления

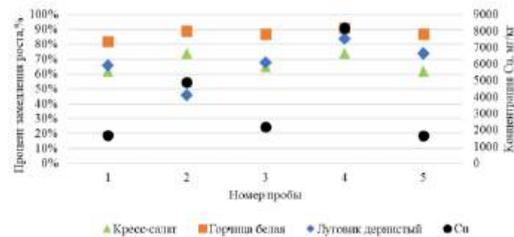


Рис. 5. График сравнения концентрации меди и процента замедления

Для определения точных причин замедления роста растений необходимо проводить дальнейшие исследования, в том числе с почвой, на которой будет проведено известкование. Такое исследование позволит определить, какой из факторов сильнее влияет на рост растительности: показатель рН или содержание тяжелых металлов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II (шифр № FSRRW-2023-0002)

Литература

1. Дзугаев М. Д. Карабаш – город «Экологического бедствия» [Текст] / М. Д. Дзугаев // Вестник Челябинского государственного университета. Серия Право. – 2003. – Т. 9. – № 2. – С. 92-97.
2. Нестеренко В. С. Городские ассоциации элементов-загрязнителей окружающей среды в г. Карабаше Челябинской области как отражение рудно-химических характеристик минерального сырья [Текст] / В. С. Нестеренко // Известия Челябинского научного центра. – 2006. – № 3. – С. 58-62.
3. Пушкарева В. С. Историческое начало рекультивации и обзор современных технологий рекультивации земель / В. С. Пушкарева [Текст] // Экологические чтения – 2021: материалы XII Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2021. – С. 576-581.
4. Шнейдмиллер Н. Ф., Мамедов, Г. Р. Особенности развития малых городов России в условиях экологического кризиса на примере города Карабаш Челябинской области [Текст] / Н. Ф. Шнейдмиллер, Г. Р. Мамедов // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и общественные науки. – 2018. – № 3. – С. 183-190.

МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА БЛАГОРОДНЫХ ОЛЕНЕЙ (CERVUS ELAPHUS) НА ТЕРРИТОРИЯХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Стрепетов Д.А.

Научный руководитель профессор Н.В. Барановская

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Макроэлементы – это химические элементы, которые необходимы организму в больших количествах (более 0,001 % от массы тела). По классификации химических элементов, предложенной Е. Underwood, к макроэлементам относятся Na, Mg, P, S, Cl, K и Ca [1]. Перечисленные элементы участвуют в большинстве важнейших процессов жизнедеятельности организма: формировании костей, поддержании водно-солевого баланса, передаче нервных импульсов, сокращении мышц, регуляции кислотности крови и многих других [4].

Целью данной работы являлось выявление особенностей макроэлементного состава органов и тканей благородных оленей (*Cervus elaphus*), ареал обитания которых приурочен к рекреационным зонам Приморского края, а именно Сихотэ-Алинского заповедника и национального парка «Зов тигра». Для достижения поставленной цели образцы органов и тканей двух особей благородного оленя были проанализированы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Результаты анализа были обработаны с помощью программы Microsoft Excel. Всего было проанализировано 32 пробы органов и тканей для каждого организма. Помимо этого, для выявления средних концентраций макроэлементов в организме млекопитающих Сибири и Дальнего Востока было отобрано 959 проб органов и тканей. В качестве среднего использовались медианные значения в связи с высокой дифференциацией химических элементов в живых организмах.

При сравнении медианных значений макроэлементов в организме благородных оленей, обитающих на территориях Сихотэ-Алинского заповедника и национального парка «Зов тигра», с млекопитающими Сибири и Дальнего Востока было установлено, что наиболее существенные различия наблюдаются в содержании К (рис. 1). К наравне с Na являются важнейшими химическими элементами, отвечающими за стабильную работу всего организма (состояние гомеостаза) [1]. Также отмечается повышенное для изюбрей содержание S в организме. Для более надежного сопоставления данных к имеющимся концентрациям были добавлены литературные показатели по содержанию макроэлементов в организме белохвостых оленей (*Odocoileus virginianus*), изученных на территории Северной Америки [3]. Большинство макроэлементов оказались в сопоставимых количествах, за исключением аномально низкого значения К в организме изюбря с территории «Зова тигра». Повышенные концентрации P и Ca относительно полученных в этой работе могут объясняться разницей в методиках анализа проб органов и тканей животных.

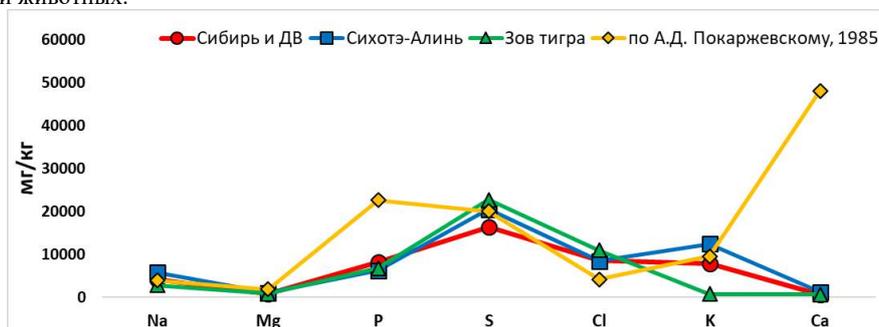


Рис. 1. Медианные концентрации макроэлементов в организме благородных оленей Приморского края в сравнении с млекопитающими Сибири и Дальнего Востока и белохвостыми оленями Северной Америки (мг/кг)

Примечание: для S по А.Д. Покаржевскому взяты значения для позвоночных животных

При сопоставлении содержаний макроэлементов имеют значение не только абсолютные показатели, но и относительные, поскольку не менее важным для поддержания гомеостаза в организме является соотношение макроэлементов друг к другу [2]. Некоторые парные отношения макроэлементов представлены на рисунке 2. Из-за низкого содержания К в организме изюбря с территории национального парка «Зов тигра» отношения К/Na и К/Mg также оказались занижены относительно других данных. Исходя из литературных данных о влиянии соотношения этих макроэлементов на функционирование организма, можно выдвинуть предположение о возможном патологическом состоянии отобранной особи, вероятно связанное с сердечно-сосудистыми заболеваниями [2, 4]. В меньшей степени обращает на себя внимание пониженное отношение Na/Ca у двух изюбрей относительно данных по Сибири и Дальнему Востоку, однако остающиеся повышенными относительно значений, приведенных в литературе [3].

В ходе работы продемонстрированы особенности макроэлементного состава организма благородных оленей, обитающих на территориях Сихотэ-Алинского заповедника и национального парка «Зов тигра», выявлено существенное различие между двумя исследуемыми особями в содержании К и его отношении к другим макроэлементам, которое можно объяснить индивидуальным патологическим состоянием животного.

Также обозначена потенциальная территориальная специфика двух изюбрей: повышенное содержание S в организме и пониженное отношение Na/Ca относительно млекопитающих Сибири и Дальнего Востока.

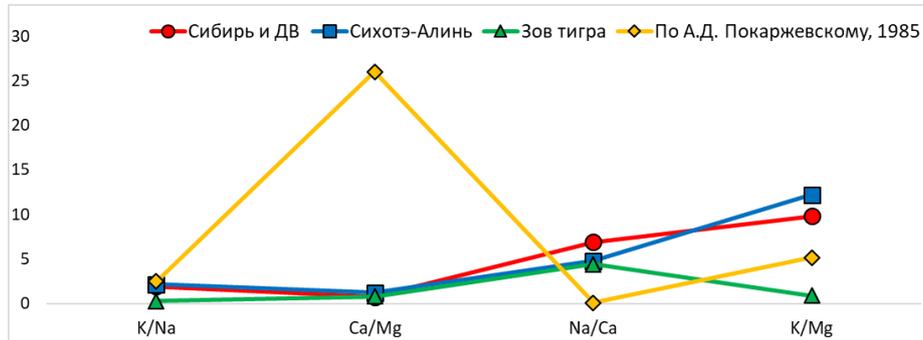


Рис. 2. Парные отношения некоторых макроэлементов в организме благородных оленей Приморского края в сравнении с млекопитающими Сибири и Дальнего Востока и белохвостыми оленями Северной Америки

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 20-64-47021

Литература

1. Барановская Н.В., Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н. и др. Очерки геохимии человека. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, – 2015. – 378 с.
2. Жалко-Титаренко В.Ф. Водно-электролитный обмен и кислотно-основное состояние в норме и при патологии. – Киев: издательство «Здоровья», – 1989. – 200 с.
3. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. – М.: Наука, 1985. – 304 с.
4. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2004. – 216 с.

ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ И ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ Сушкеева Э.С.¹

Научные руководители научный сотрудник С.В. Бадмаева^{1,2},
ведущий научный сотрудник С.Ц. Ханхасаева^{1,2}

¹Бурятский государственный университет, г. Улан-Удэ, Россия

²Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Опасными загрязнителями окружающей среды являются органические красители, содержащиеся в сточных водах предприятий по производству пластмасс, текстиля, изделия целлюлозно-бумажной, косметической и пищевой промышленности, объём которых составляет около 200 млрд. литров в год [1]. Высокая токсичность окрашенных сточных вод связана с их сложной химически стабильной молекулярной структурой, которая является стойкой к биологическому разложению. Это вызывает необходимость разработки эффективных мер по очистке сточных вод для снижения их пагубного воздействия на природные экосистемы. Одним из наиболее эффективных методов очистки сточных вод является адсорбция благодаря высокой селективности, низким затратам, отсутствию побочных продуктов и простоте эксплуатации [2]. В качестве эффективных сорбентов хорошо зарекомендовали себя различные типы глинистых минералов. Bentonитовые глины представляют собой недорогие и экологически безопасные материалы с высокой удельной поверхностью. Основным компонентом бентонитовых глин является минерал монтмориллонит, который характеризуется изоморфным замещением Si^{4+} на Al^{3+} в тетраэдрических слоях и Al^{3+} на Mg^{2+} в октаэдрических слоях, в результате чего поверхность монтмориллонита имеет отрицательный заряд, что делает его отличным сорбентом для основных красителей. Отрицательный заряд компенсируется обменными катионами, такими как Ca^{2+} , Na^+ и др., что позволяет легко модифицировать структуру этого минерала с помощью различных процедур, например, путем ионного обмена их исходных катионов на более крупные полимерные металлосодержащие катионы. В результате модифицирования и последующей термообработки полимерные катионы превращаются в оксиды металлов, благодаря чему создаются микропоры, увеличивающие площадь поверхности и увеличивается механическая и термическая стабильность материалов. Также в результате такого модифицирования изменяется природа адсорбционных центров, что способствует лучшей адсорбции кислотных красителей в отличие от природных глин.

Целью данной работы является получение эффективных сорбентов на основе бентонитовой глины и оксидов железа и алюминия и исследование возможности их применения для очистки воды от анионных красителей.

Исходным сырьем для синтеза модифицированных глин являлась природная глина, которая, в основном, состояла из монтмориллонита. Синтез осуществляли методом ионного обмена межслоевых катионов глины на полимерные комплексные катионы металлов: $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$ (Al-глина), $[FeAl_{12}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$ (FeAl(1/10)-глина), $[FeAlO_4(OH)_2(H_2O)_8]^{4+}$ (FeAl(1/1)-глина), $[Fe_x(OH)_y(H_2O)_{6-y}]^{(3x+y)+}$ (Fe-глина). Полученные материалы отделяли от водной фазы, сушили при комнатной температуре и прокаливали при 350 °С, в результате чего комплексы металлов превращались в оксиды железа и алюминия вследствие удаления воды. Внедрение полимерных комплексов в межслоевое пространство глин определяли методом рентгенофазового анализа. На дифрактограмме исходной глины были идентифицированы рефлексы, присущие монтмориллониту ($2\theta = 9,4, 19,9, 35,2, 54,7, 62,3^\circ$), и рефлексы, обусловленные присутствием кварца ($26,6^\circ$) и ортоклаза ($27,6^\circ$) [3].

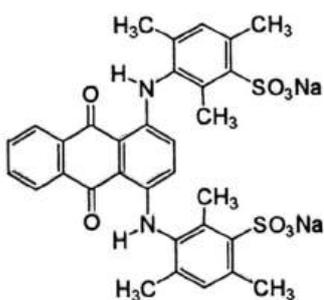


Рис. Структура красителя «Кислотный ярко-синий»

На дифрактограммах модифицированных глин наблюдалось смещение рефлекса, соответствующего первому базальному отражению, с $2\theta = 9,4^\circ$ (исходная глина) до $2\theta = 5,01^\circ$ (Al-глина), $7,33^\circ$ (FeAl(1/10)-глина), $8,35^\circ$ (FeAl(1/1)-глина) и $8,90^\circ$ (Fe-глина), указывающее на образование частиц оксидов алюминия и железа в межслоевом пространстве глин. Также на успешное модифицирование указывало увеличение удельной поверхности с 60 м²/г (природная глина) до 206 (Al-глина), 182 (FeAl(1/10)-глина), 136 (FeAl(1/1)-глина) и 128 (Fe-глина) м²/г. Тестирование адсорбционных свойств материалов проводили по отношению к кислотному красителю «Кислотный ярко-синий» (рис.), который относится к красителям антрахинонового ряда (Mг = 678 г/моль) (условия тестирования: начальная концентрация красителя 100 мг/л, загрузка сорбента 1 г/л, pH 4.2). Благодаря хорошей стойкости и яркому цвету он широко используется в окрашивании шерсти, плотного шелка, нейлона и их смесовых тканей. Адсорбционная емкость полученных материалов составляла 27,6 (Al-глина), 21,6 (FeAl(1/10)-глина), 21,0 (FeAl(1/1)-глина), 25,4 (Fe-глина) мг/г, что в 2,5-3,7 раза выше, чем адсорбционная емкость исходной глины.

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН № 0273-2021-006

Литература

1. Brindley, G.W. Crystal structures of clay Minerals and their X-ray identification [Text] / G.W. Brindley, G. Brown // Mineralogical Society Monograph of Great Britain and Ireland. – 1983. – V5. – 518 pp.
2. Habeeb O. A. et al. Characterization of agriculture wastes based activated carbon for removal of hydrogen sulfide from petroleum refinery waste water //Materials Today: Proceedings. – 2020. – Т. 20. – С. 588-594.
3. Rafiq A. et al. Photocatalytic degradation of dyes using semiconductor photocatalysts to clean industrial water pollution //Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2021. – Т. 97. – С. 111-128.
4. Raghunath S. et al. Sorption isotherms, kinetic and optimization process of amino acid proline based polymer nanocomposite for the removal of selected textile dyes from industrial wastewater //Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. – 2016. – Т. 165. – С. 189-201.

МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА Тармёнок Е.О.

Научный руководитель профессор А.В. Таловская
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Алюминий является одним из самых необходимых металлов для металлургии. Сырьём для получения алюминия служит глинозём, производство которого осуществляется на нескольких заводах России. Оценка эколого-геохимического состояния в районах размещения промышленных предприятий возможна с использованием снегового покрова как депонирующей среды [1–2, 4, 5–7]. Снеговой покров позволяет определить величину как сухих, так и влажных атмосферных выпадений в холодный сезон года.

Целью данной работы является определение минерально-вещественного состава атмосферных частиц, накопившихся в снеговом покрове в районе расположения глиноземного производства.

Пробоотбор снегового покрова и пробоподготовка осуществлялись в соответствии с методическими рекомендациями и литературными данными [2, 4–5] в период максимального накопления атмосферных выпадений в снеговом покрове. Отбор проб проводился по 5-ти векторам относительно источников загрязнения на расстоянии до 10 км с учетом главенствующего направления ветра (юго-западное): север-северо-восточный, северо-восточный, восточный, юго-восточный, юго-западный векторы. Фоновые пункты проб располагались в 3 км западнее от глиноземного комбината. Всего в период наблюдений отобрано и подготовлено 20 проб. Объектом исследования являлся твердый осадок снегового покрова, содержащего твердые частицы, осевшие из атмосферного воздуха в снеговой покров.

Для определения минерально-вещественного состава твердого осадка снегового покрова отдельные пробы были изучены автором на бинокулярном стереоскопическом микроскопе в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» на базе отделения геологии ТПУ согласно патенту № 2229737 [7], рентгенофазовым методом на дифрактометре Bruker D2 с анализом рентгеновских дифрактограмм в ПО «Diffrac.Eva» (при консультации к.г.-м.н., доцента Соктоева Б.Р.) и на электронном сканирующем микроскопе S-3400N фирмы Hitachi с энергодисперсионной приставкой для микроанализа Bruker XFlash 4010 (при консультации к.г.-м.н., старшего преподавателя Ильенка С.С.).

В результате анализа проб на бинокулярном стереоскопическом микроскопе (увел. 35х) в твердом осадке снега были обнаружены 4 типа природных частиц и 3 типа техногенных частиц (табл.). Минеральные природные частицы представлены преимущественно карбонатными частицами (молочно-белого цвета, полуокатанные) и кварцем (прозрачные, угловатые, со стеклянным блеском), биогенные частицы – растительными остатками. Техногенные частицы включают в себя частицы угля (черные, неправильной формы, с жирным блеском) и микросферулы черного, светло-серого и коричневого цвета. В пробах минеральные частицы доминируют над техногенными образованиями и сопоставимы со значениями фона. По мере удаления от комбината процентное соотношение техногенных частиц возрастает от 16 до 31 %, а природных уменьшается от 84 до 69 %. При этом наибольший вклад в распределение природных частиц вносят карбонатные частицы, техногенных – угольные частицы.

Таблица

Минерально-вещественный состав твердого осадка снега в районе расположения глиноземного предприятия и на фоновой территории, %

Тип частиц	Содержание по мере удаления от предприятия				
	2 км	4 км	6 км	Фон	Фон для юга Западной Сибири [6]
Природные частицы:	84	78	69	80	78
Карбонатные частицы	80	67	60	75	4
Кварц	4	10	9	4	30
Растительные остатки	-	1	-	1	12
Техногенные частицы:	16	21	31	11	22
Угольные частицы	14	19	29	9	11
Микросферулы светло-серого и коричневатого цвета	1	1	1	1	2
Металлические микросферулы	1	1	1	1	1

После проведения сканирующей электронной микроскопии по элементному составу микрочастиц было выделено 3 типа микросферул: алюмосиликатно-кальциевые, железосодержащие и микросферулы с примесями бария и стронция (рисунок).

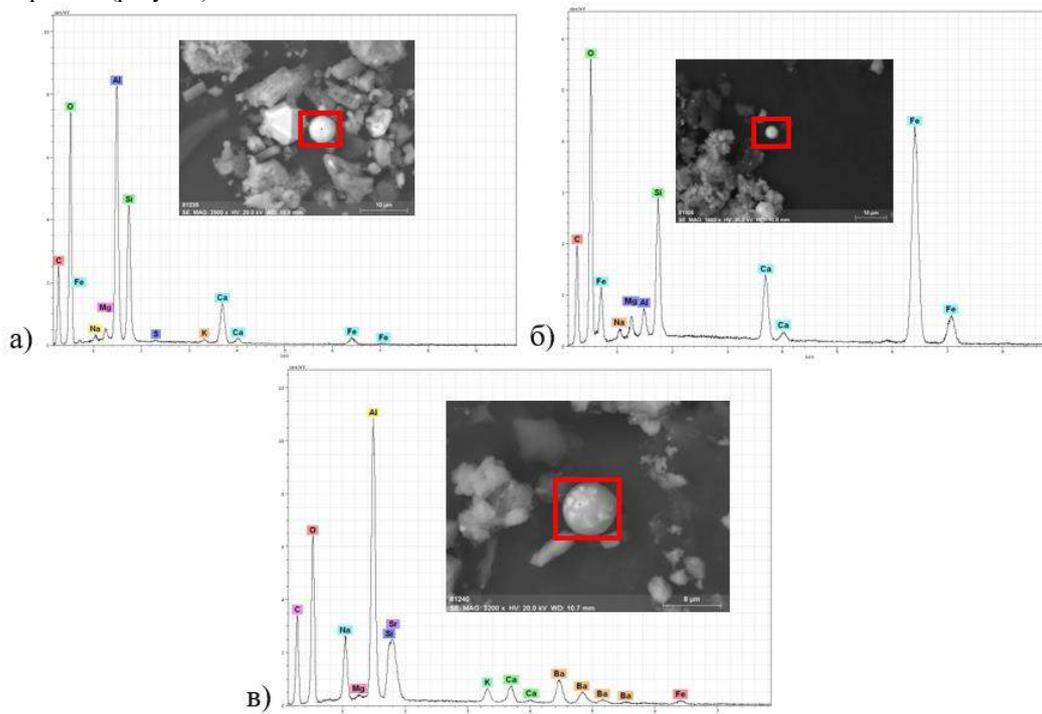


Рис. Фото и энергодисперсионные спектры микросферул в твердом осадке снегового покрова: а) алюмосиликатно-кальциевые; б) железосодержащие; в) алюмосиликатно-кальциевые с примесями бария и стронция

Результаты рентгенофазового анализа показали, что на расстоянии до 3 км от комбината в твердом осадке фиксируются преимущественно минеральные фазы кальцита (более 36 %), в небольших количествах афтиталита (до 3 %), гётита (до 2 %) и кварца (до 9 %). Содержание подобных фаз выявлено в составе пыли печей спекания глиноземного комбината [3]. Кроме того, в пробах зафиксировано содержание нефелина (до 18 %), являющегося основным сырьевым компонентом глиноземного производства [3].

Таким образом, в процессе исследования выявлены различные типы природных и техногенных образований в твердом осадке снегового покрова в окрестностях глиноземного комбината.

Литература

1. Дворецкая Ю.Б. Геоэкологическая оценка влияния глиноземного производства на окружающую среду (на примере г. Ачинск) [Текст]: дис. ... кандидата геолого-минералогических наук / Дворецкая Юлия Борисовна. – Красноярск, 2007. – 22 с.
2. Касимов Н.С. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы [Текст] / Н.С. Касимов, Е.М. Никифорова, Н.Е. Кошелева, Т.С. Хайбрахманов // География. Вестник МГУ. – 2012. – Сер.5. – С. 14-24.
3. Кирюшин Е.В. Разработка технологий для снижения выбросов загрязняющих веществ от печей спекания и оценка их экологической эффективности [Текст]: дис...кандидата технических наук / Кирюшин Евгений Валерьевич. – Красноярск, 2022. – 44 с.
4. Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., Смирнова Р.С. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве № 5174-90 – 1990.
5. Саэт Ю.Е. Геохимия окружающей среды [Текст] / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Изд-во Недра, 1990. – 335 с.
6. Таловская А.В. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова) [Текст]: дис. ... доктора геолого-минералогических наук / Таловская Анна Валерьевна. – Томск, 2022. – 373 с.
7. Патент 2229737 Россия, 27.05.2004 / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов, А.В. Таловская. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами // Патент России № 2002127851.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БЕРЕЗЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (BETULA PENDULA R.) И ПОЧВОГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗАВОДА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Тиунова Д.А.

Научный руководитель старший преподаватель Е.В. Перегудина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение компонентов природной среды является серьезной проблемой, которая может быть вызвана различными факторами, такими как промышленные выбросы, использование удобрений и пестицидов, несанкционированные сбросы отходов и т.д. Загрязнение может привести к ухудшению качества воздуха, воды и почвы и, как следствие, негативно сказаться на здоровье человека.

Деятельность завода металлоконструкций ООО «Феникс» является источником техногенного воздействия на окружающую среду. В результате производственной деятельности в атмосферу поступают оксид железа, соединения марганца, диоксид азота, оксид углерода, фториды и фтористый водород [4].

Современное почвообразование в регионе характеризуется преобладанием подзолистых и дерново-подзолистых почв [6]. Рудные ископаемые региона представлены железняками, медистыми песчаниками, золотом и карналлитом (магниевое сырье) [6]. Территория исследования находится в пределах эколого-геохимической Очерской аномалии в почвах. Аномалия характеризуется повышенными значениями Pb, Zn, P, Cu, Ga и Ni [5].

В августе 2023 года на территории с. Вознесенское (Пермский край) были отобраны пробы почвогрунтов в 8 точках по ГОСТ 17.4.3.01-83 [2]. Также в этих же точках были отобраны пробы растительности – листья березы обыкновенной. Материал для исследования отбирался в сухую погоду на высоте от 1,5 до 1,8 м. Пробы растительности отбирали таким образом, чтобы на одной точке опробования было 4 пробы с каждой стороны света (всего 32 пробы). Определение содержания химических элементов в пробах почвы и листьев березы проводилось многоэлементным инструментальным нейтронно-активационным анализом на базе учебно-научного центра «Исследовательский ядерный реактор» Томского политехнического университета (аналитики – А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская). Подготовка материала листьев для элементного анализа заключалась в его сухом озолении в муфельной печи при 450 °С в течение 5 часов согласно ГОСТ 26929-94.

На территории исследования было определено содержание 28 химических элементов в золе листьев березы и почвогрунтах (рис.). Анализ коэффициента вариации показал, что выборка неоднородная, значения лежат в пределах от 15 до 168 %, наибольшие коэффициенты вариации отмечаются в листьях березы по выборке Cr (168 %), Lu (162 %) и Sm (150 %), в почвогрунтах – Br (67 %), Au (66 %) и Zn (64 %). Установлено, что в пробах почв и растительности на исследуемой территории зафиксированы повышенные концентрации химических элементов: хрома, цинка и сурьмы. Содержание химических элементов в почвогрунтах были про нормированы к кларку верхней части континентальной земной коры (по Н.А. Григорьеву): $Cr_{5,7}-Zn_{2,3}-Sb_{1,5}-Hf_{0,93}-As_{0,85}-Co_{0,64}-Fe_{0,63}-Ba_{0,54}-Yb_{0,53}-Ca_{0,46}-Sc_{0,46}-Eu_{0,45}-Ce_{0,43}-U_{0,4}-Tb_{0,4}-Na_{0,39}-Sm_{0,37}=La_{0,37}-Rb_{0,35}-Lu_{0,34}-Th_{0,29}=Nd_{0,29}-Cs_{0,25}-Br_{0,12}$.

Для исследуемой территории был посчитан суммарный показатель загрязнения. Степень загрязнения на исследуемой территории характеризуется как низкая [8].



Рис. Среднее содержание химических элементов в золе листьев березы и почвогрунтах
 Примечание: содержание Fe, Na и Ca – %, остальные – мг/кг

Анализ полученных результатов показал, что у большинства элементов наблюдаются содержания ниже кларковых, исключение составляют Cr, Zn и Sb, это может объясняться наличием эколого-геохимической аномалии по содержанию цинка на исследуемой территории [5]. Повышенные содержания Sb могут быть связаны с отоплением завода металлоконструкций углем, привезенным из Центральной Сибири, по данным исследователей угли Центральной Сибири специализированы на Be, Ge, Se, Au, Sc, U, Co, As, Sb, Mo, Nb, Y, Zr [1]. Нормирование содержаний химических элементов в листьях березы обыкновенной к «референтному растению» [10] позволил выявить специфично накапливающиеся элементы на данной территории (табл.).

Таблица

Геохимические ряды химических элементов в сухом веществе листьев березы обыкновенной

I	Zn _{5,2} -Ca _{1,6} -U _{1,5} -Ba _{1,2} -Sc _{0,95} -Sr _{0,8} -Tb _{0,7} -Co _{0,56} -Ag _{0,43} -As _{0,38} -Hf _{0,35} -Th _{0,33} -Yb _{0,22} -La _{0,2} -Cr _{0,18} -Lu _{0,17} -Br _{0,16} =Eu _{0,16} -Sm _{0,12} -Sb _{0,08} -Fe _{0,0001}
II	Zn _{5,3} -U _{2,6} -Ca _{1,6} -Sc ₁ -Ba _{0,94} -Sr _{0,8} -Co _{0,75} -Tb _{0,7} -Hf _{0,39} -As _{0,39} -Ag _{0,38} -Th _{0,35} -Yb _{0,3} -La _{0,2} -Cr _{0,19} -Br _{0,18} -Sb _{0,15} -Lu _{0,11} = Eu _{0,11} - Sm _{0,04} -Fe _{0,0001}
III	Zn _{5,3} -U _{2,6} -Ca _{1,6} -Sc _{1,04} -Ba _{0,94} -Sr _{0,8} -Co _{0,75} -Tb _{0,7} -Hf _{0,39} -As _{0,39} -Ag _{0,38} -Th _{0,35} -Yb _{0,3} -La _{0,2} -Cr _{0,19} -Br _{0,18} -Sb _{0,15} -Lu _{0,11} = Eu _{0,11} -Sm _{0,04} -Fe _{0,0001}

Примечание: I – общая база; II – сторона кроны, развернутая в сторону завода; III – сторона кроны, развернутая в сторону от завода

Общим трендом накопления в пробах листьев березы характеризуются Zn, Ca, U вне зависимости от расположения кроны дерева. Повышенные содержания Ca могут быть связаны с наличием месторождения мергеля вблизи территории исследования [7], Zn – обусловлены наличием эколого-геохимической аномалии на исследуемой территории [5], U и Sc могут быть связаны с отоплением завода углем [1].

Для установления закономерностей аккумуляции химических элементов в золе листьев березы обыкновенной нами использован коэффициент биологического поглощения (КБП), представляющий собой частное от деления содержания микроэлемента в золе растительного материала на его содержание в корнеобитаемом слое почвы. Наибольшее значение КБП установлено для цинка, что согласуется с данными других исследователей [9]. Уран, несмотря на повышенные концентрации в растительности, не превышает КБП>1, что может свидетельствовать о преимущественно атмосферном привносе в состав листьев березы.

Литература

1. Арбузов С. И. Геохимия редких элементов в углях Центральной Сибири: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук / С. И. Арбузов; Томский политехнический университет; науч. конс. Л. П. Рихванов. – Томск, 2005. – 48 с.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». – М.: Госстандарт, 1983 – 4 с.
3. Григорьев, Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры / Н. А. Григорьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 383 с.
4. Денисова Е.С. Экологический анализ Омского завода металлоконструкций // ОмГТУ. – 2014. – № 4. – С. 214-217
5. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Естественнонаучный институт пермского государственного национального исследовательского университета. – 2013. – № 4. – с.395-398
6. Назаров Н.Н., Шарыгин М.Д. География Пермской области: учеб. пособие. – Пермь: Книжный мир, 1999. – 247 с.
7. Объяснительная записка В.П. Водолазская, И.П. Тетерин, В.А. Кириллов, Л.И. Лукьянова, Г.А. Петров, В.В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://karpinskyinstitute.ru/ru/info/pub_gqk1000-3/Ural'skaya/o-40.php.
8. Саэт, Ю. Е. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Ю. Е. Саэт. – М., 1982. – 66 с.
9. Шарифзянов Р. Б., Давыдова О. А., Климов Е. С. Коэффициент биологического поглощения как один из критериев накопления ионов тяжелых металлов в различных породах древесных растений //Успехи современного естествознания. – 2011. – № 4. – С. 103-104.
10. Markert, B. Establishing of "Reference plant" for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting / B. Markert // Water, soil and air pollution. – 1992. – Vol. 64. – P. 533–538.

**СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ
(ПГТ. ЗЕЛЕНОБОРСК ХМАО-ЮГРА)**

Тихомирова А.А.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Биомониторинговые исследования позволяют оценить экологическое состояние экосистем, а также определить степень влияния антропогенных факторов на них. Лихеноиндикация – один из самых распространённых методов биомониторинга [6]. Данный метод, как правило, используется для оценки качества атмосферного воздуха, почвы и воды, но при этом он также может быть применён для изучения влияния антропогенных факторов на экосистемы [3, 4]. Лишайники являются отличными биоиндикаторами состояния окружающей среды в силу своего особенного строения.

Ртуть – один из самых опасных химических элементов. Она обладает особыми эколого-геохимическими свойствами, такими как высокий уровень патологичности, высокая миграционная подвижность, токсичность, способность накапливаться в растительности и теплокровных организмах [2, 3].

Актуальность оценки качества окружающей среды на урбанизированных территориях с помощью анализа концентрации ртути в лишайниках обусловлена их комплексной природой, которая позволяет получать различные химические вещества не только из почвы, но и из воздуха, атмосферных осадков, частиц пыли, росы и т.д.

Цель: оценка уровня загрязнения окружающей среды урбанизированных территорий на примере пгт. Зеленоборск (ХМАО-Югра) ртутью с применением метода лишеноиндикации.

Задачи: литературный обзор исследований на тему концентрации ртути в лишайниках; проведение пробоотбора; определение ртути; анализ полученной информации.

Отбор проб проводился в сентябре 2023 г. в пределах посёлка городского типа Зеленоборск, который находится в Советском районе ХМАО-Югры. Промышленный сектор Зеленоборска состоит, в основном, из лесопромышленного комбината. В 25 км от поселения в юго-восточном направлении находится нефтяное месторождение. Образцы отбирались в сухую солнечную погоду. Всего было получено 8 проб эпифитных лишайников (*Evernia prunastri*), которые были срезаны с взрослых хвойных деревьев и высушены при комнатной температуре в течение 2 недель. Характеристики мест отбора проб: № 1 – северная точка пгт. Зеленоборск, № 2 – центр пгт. Зеленоборск, № 3 – 10 км от пгт. Зеленоборск, № 4 – южная точка пгт. Зеленоборск, № 5 – 5 км от пгт. Зеленоборск, № 6 – 15 км от пгт. Зеленоборск, № 7 – западная точка пгт. Зеленоборск, № 8 – фоновая точка.

С помощью анализатора ртути с зеэмановской коррекцией неселективного поглощения «РА-915М», пиролитической приставки «ПИРО-915+» и пакета программ RA915P в лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» Томского политехнического университета под руководством к.х.н., доцента Осиповой Н.А. был проведён анализ отобранных проб. Результаты исследований полученных образцов представлены на рисунке.

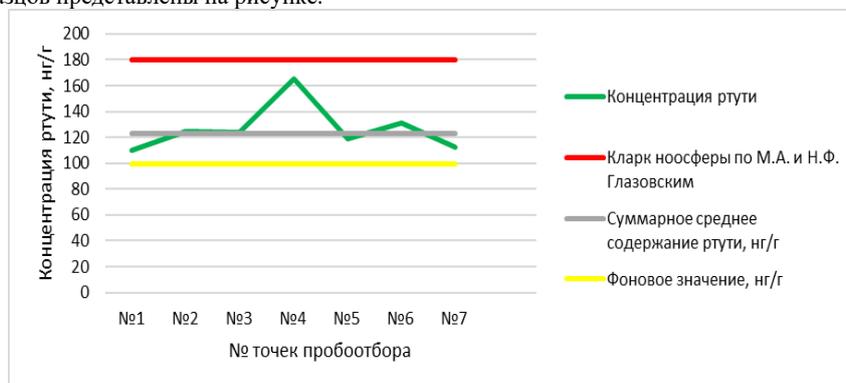


Рис. Содержание ртути в эпифитных лишайниках пгт. Зеленоборск ХМАО-Югра

Концентрация ртути во всех образцах колеблется от 99,3 нг/г до 165,6 нг/г. Максимальное значение концентрации ртути наблюдается в точках, расположенных рядом с промышленными объектами: лесопромышленный комбинат, железная и автомобильная дорога, нефтяное месторождение. Для оценки результатов, полученные данные были сравнены с кларком ноосферы по М.А. и Н.Ф. Глазовским и результатами исследований Малютены С.А. [2] на предмет содержания ртути в эпифитных лишайниках на территории природного комплекса «Золотые горы Алтая». Превышение по кларку отсутствовало во всех образцах, однако все пробы имели превышение по отношению к фоновому содержанию ртути. Это может говорить о загрязнении окружающей среды ртутью в результате антропогенного воздействия и природных факторов. Проанализировав полученные данные, можно увидеть, что некоторые значения концентрации ртути в природном парке значительно превышают значения на территории пгт. Зеленоборск (ХМАО-Югра). Превышение значений на территории Алтая связано с рядом расположенными Акташским ртутным рудником и металлургическим центром Юго-Западной Сибири.

Литература

1. Буренков Э.К. Экологическая геохимия элементов. Справочник. Книга 1-6. – М.: Недра, Экология, 1994–1997.
2. Малютена С. А., Большунова Т. А., Чернышев К. Н. Содержание ртути в эпифитных лишайниках на территории природного комплекса "Золотые горы Алтая" //Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию горногеологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 5-9 апреля 2021 г. Т. 1, – Томск, – 2021. – Т. 1. – С. 379-382.
3. Робертус Ю. В. и др. Ртуть в компонентах природной среды Республики Алтай //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, – 2021. – Т. 332. – № 3. – С. 158-167.
4. Ртутное загрязнение в России: проблемы и рекомендации / под ред. А. Романова, О. Сперанской, О. Цитцер. – Коломна: Коломенская типография, 2016. – 118 с.
5. Хабибуллина Х.Ш. «Изучение загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом методом лишеноиндикации парка имени Ленина г.Бирск республики Башкортостан» (Изучение загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом методом лишеноиндикации парка имени Ленина г.Бирск республики Башкортостан // Заметки ученого. – 2019. – № 2. – С. 94-98. – ISSN 2713-0142. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/321437> (дата обращения: 27.02.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – С. 3.
6. Tanja Ljubic Mlakar Biomonitoring with epiphytic lichens as a complementary method for the study of mercury contamination near a cement plant [Text]/Tanja Ljubic Mlakar, Milena Horvat, Jože Kotnik, Zvonka Jeran, Tomaž Vuk, Tanja Mrak, Vesna Fajon// Environmental Monitoring and Assessment. – 2010. – V. 181. – P. 225 – 241.

**ОРГАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЕ ВЕРХОВОГО ТИПА
Хабарова М.Р.**

Научный руководитель научный сотрудник А.С. Торопов

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно развиваются направления в выделении форм нахождения радионуклидов и других элементов, совершенствуются аналитические методы, обновляются инструменты для фракционирования, что открывает новые возможности для описания моделей миграции веществ, в том числе радиоактивных. Изучение форм нахождения радионуклидов, связанных с природными комплексобразующими соединениями, а также получение данных о поведении радионуклидов в условиях окружающей среды необходимо для долгосрочного прогнозирования их миграции и разработки безопасных методов захоронения радиоактивных отходов. При всеобщем признании необходимости проведения таких исследований в отношении радионуклидов всё равно остаётся много неизученных вопросов. Многочисленные исследования показали, что выделение фракций гуминовых веществ (ГВ) является ключом к пониманию взаимодействия радионуклид-лиганд в геологических системах. Особенности состава и структуры ГВ создают значительные препятствия для исследования взаимодействия между функциональными группами природного органического вещества и радионуклидов с применением классических подходов. Миграционные процессы в природных объектах определяются величинами pH, окислительно-восстановительными условиями, а также концентрацией растворённого органического вещества и его групповым составом. Карбоксильные и фенольные группы являются преобладающими функциональными группами, а азотсодержащие группы также участвуют в процессе адсорбции металлов и радионуклидов [1, 2].

Основной целью исследований была оценка устойчивости комплексов РЗЭ и природных радионуклидов с ГВ на примере верхового торфа, залежи которого находятся на следе аварии на Сибирском химическом комбинате (СХК) в Томской области в 1993 г. Данное месторождение торфа имеет богатую историю изучения геоэкологических следствий аварии на радиохимическом заводе СХК (цикл работ А. М. Межибор с соавторами).

МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В представленной работе изучались образцы торфяной залежи Петропавловский Рям (Томская область). Содержание ГВ в торфе составляет порядка 55 % в расчёте на сухое вещество и достигает 73 % от органического вещества торфа и соответствует литературным данным для торфа верхового типа [3]. Изучены слои торфа 10-20 см и 40-50 см (точки Т-20 и Т-50 соответственно) для понимания взаимодействия радионуклидов и РЗЭ с природным органическим веществом торфа различной степени гумификации. Образцы были высушены, перемолоты и просеяны через сито с размером 0,25 мм. Выделению ГВ из образцов торфа предшествовало удаление битумной фракции бензолом в аппарате Сокслета (ГОСТ-10969).

Из подготовленного торфа определяли гуминовые кислоты по ГОСТ 9517-94 «Определение выхода свободных гуминовых кислот». Щелочной экстракт доводили до разных pH (7; 5; 4,5; 4; 3,5; 3; 2,5; 2; 1,5; 1; 0,5) ультратонкой соляной кислотой (ultratrace grade), далее отобранные аликваты отстаивали в течение суток и центрифугировали при 45000g в течение 30 минут и измеряли на спектрофотометре Shimadzu UV-1900i с 200 до 900 нм с буферным раствором при одинаковом pH. Были получены спектры поглощения, для которых рассчитан ряд оптических дескрипторов, характеризующих степень гумификации и ароматичность гуминовых кислот, особенности строения углеродного скелета гуминовых веществ и молекулярную массу: E₂/E₃ (соотношение абсорбции при длинах волн 250 и 365 нм) – показатель доли неокисленных ароматических структур к окисленным

и тесно коррелирующей с размером гуминовых молекул, а также E_4/E_6 (соотношение абсорбции при длинах волн 465 и 665 нм), который является индикатором соотношения ароматических компонентов к алифатическим. Содержание микроэлементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе PlasmaQuant MS Elite.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Начальной гипотезой было предположение о том, что определенная доля элементов связана с ГВ, и при градиентном изменении pH будут протонироваться различные функциональные группы, входящие в состав ГВ (фенольные, карбоксильные, карбонильные, аминогруппы и др.). А по интенсивности выделения в раствор этих элементов при повышении кислотности можно будет предполагать, с какими преимущественно функциональными группами связаны радиоактивные элементы и РЗЭ. Однако поведение изучаемой группы элементов определялось другими закономерностями, которые рассмотрены ниже. По всем 14 редкоземельным элементам были получены количественные значения. Тренды изменения концентраций РЗЭ в зависимости от pH совпадали для всех элементов, поэтому они были объединены в три группы – легкие РЗЭ – от лантана до неодима, средние РЗЭ – самарий и европий, и тяжелые РЗЭ – от гадолиния до лютеция (рис. 1).

Из представленных ниже графиков видно, что органические формы нахождения изученных элементов для Т-20 и Т-50 схожи. Подтверждается разрушение комплексов, именно в области pH 2-2,5 разрывается связь металла с гуминовыми кислотами.

Для торфа с разной глубины отмечается различная устойчивость комплексов с ГВ. В целом, для более преобразованных глубоких слоев характерно более высокое высвобождение в раствор РЗЭ и Th. В частности, в образце Т-20 комплексы тория с гуминовыми кислотами оставались устойчивыми во всем диапазоне pH, однако в более гумифицированном образце были неустойчивы при pH ниже 1.

Кривые изменения индекса E_2/E_3 в целом были обратно пропорциональны изменению концентраций органического углерода в растворах (рис. 2). Заметное осаждение гуминовых кислот наблюдается при $pH < 4$, соответственно, средний размер молекул оставшихся в растворе суммы гуминовых и фульвокислот снижается. В литературе известно, что параметр E_2/E_3 коррелирует со средним размером молекулы ГВ [4]. Дескриптор E_4/E_6 оказался чувствительнее, он хорошо коррелирует с фракционным составом, и, также как и E_2/E_3 , обратно пропорционален молекулярной массе ГВ [5] и тесно связан с содержанием углерода. Преобладание ГВ заметно при pH 3-12, начиная с pH 2-2,5 происходит резкое осаждение ГВ и в растворе начинают преобладать фульвокислоты (ФК) с меньшей молекулярной массой. В свою очередь параметр E_4/E_6 является шумным индикатором – для ФК значения оптической плотности при длине волны 665 нм низки и вносят существенный разброс в значения.

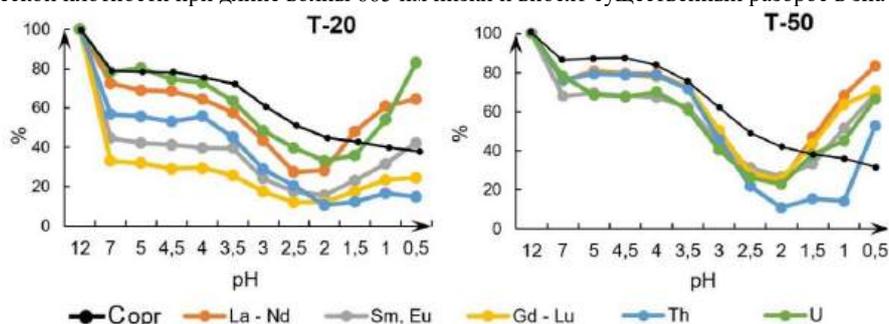


Рис. 1. Изменение концентрации органического углерода (Corg), РЗЭ, Th и U в щелочной вытяжке торфа в зависимости от pH в процентах от исходной концентрации в вытяжке; где La-Nd – сумма лёгких РЗЭ, Sm, Eu – их сумма как средних РЗЭ, Gd-Lu – сумма тяжелых РЗЭ

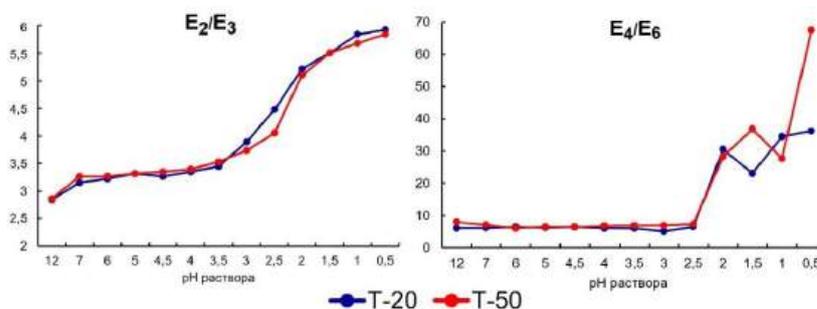


Рис. 2. Значения оптических дескрипторов гуминовых веществ при кислотном фракционировании

ВЫВОДЫ

Классическая схема разделения гуминовых веществ на гуминовые и фульвокислоты (без строгого контроля pH) при изучении структурно связанных с ними металлов может приводить к ошибочным результатам и их дальнейшей интерпретации. Устойчивость комплексов урана, тория и РЗЭ с гуминовыми веществами

вариабельна и зависит от степени преобразованности органического вещества. Наблюдается протонирование и разрушение комплексов РЗЭ и радионуклидов при pH ниже 2,5.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 23-27-00140

Литература

1. Белькевич, П.И. Торф и проблема защиты окружающей среды / П.И. Белькевич, Л.Р.Чистова. – М.: Наука и Техника, 1997. – 60 с.
2. Chen, Y. Information provided on humic substances by E4:E6 ratios / Y. Chen, N. Senesi, M. Schnitzer // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1977. – V. 41. – P. 352-358.
3. Choppin, G. R., & Morgenstern, A. (2001). Distribution and movement of environmental plutonium. Radioactivity in the Environment, 1(C), 91 – 105. [https://doi.org/10.1016/S1569-4860\(01\)80009-7](https://doi.org/10.1016/S1569-4860(01)80009-7)
4. De Haan, H. Applicability of light absorbance and fluorescence as measures of concentration and molecular size of dissolved organic carbon in humic Laken Tjeukemeer / H. De Haan, T. De Boer // Water Res. – 1987. – V. 21. – P. 731-73.
5. Romanchuk, A. Y., Vlasova, I. E., & Kalmykov, S. N. (2020). Speciation of Uranium and Plutonium From Nuclear Legacy Sites to the Environment: A Mini Review. 8(August), 1 – 10. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00630>

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА)

Храмов А.Е.

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время в почву попадает всё больше загрязняющих веществ. 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. В последнее время появляется всё больше научных работ, посвящённых фитотестированию почв, что доказывает актуальность данного исследования [7, 8].

Цель: оценка фитотоксичности почвогрунтов на территории города Томска.

Задачи: изучить влияние промышленных предприятий на витальные, морфометрические показатели тест-объектов (гороха и пшеницы), оценить хроническую фитотоксичность почв.

Исследования проводились на территории г. Томск в 2023 г. Для оценки воздействия промышленных предприятий и городской среды на экологическое состояние почв было выбрано 7 участков, расположенных в зоне воздействия промышленных предприятий: ОАО «Томский инструмент», ГРЭС-2, ОАО «Томский кирпичный завод», ОАО «Томский электроламповый завод», ОАО «МАНТОМЬ», ОАО «Томский радиотехнический завод» и 1 фоновый участок (в п. Победа).

Отбор проб проводился по стандартной методике сотрудниками отделения геологии Томского политехнического университета [9].

Расчет витальных (всхожесть/фитотоксичность) и морфометрических (ИТ – индекс толерантности, ИМ – индекс массы) параметров тест-культур проводился по ГОСТ Р ИСО 18763-2019. Хроническая фитотоксичность почвы в отношении высших растений определялась по ГОСТ Р ИСО 22030-2009.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 18763-2019 «Почвы. Оценка токсичности почвы на ранних стадиях развития высших растений» описывает методику оценки токсичности почвы на начальных стадиях роста высших растений. В рамках этой методики проводятся испытания с использованием семян высших растений, высаженных в почвенные контейнеры, чтобы оценить их способность к прорастанию, росту и развитию на ранних стадиях. Методика включает в себя оценку влияния загрязнителей на прорастание семян, длину корней, высоту растений, массу растений и другие параметры на начальных этапах их развития. Эта методика позволяет оценить токсичность почвы на ранних стадиях развития растений.

Стандарт ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений» описывает методику оценки хронической фитотоксичности почвы на высшие растения. Методика включает в себя проведение длительных экспериментов, обычно длительностью от нескольких недель до нескольких месяцев, с использованием различных видов высших растений. В ходе эксперимента оценивается влияние почвы на рост, развитие и здоровье растений на протяжении всего периода исследования. В рамках данной методики проводятся измерения таких параметров, как выживаемость растений, высота, масса растений. Эта методика позволяет оценить долгосрочное воздействие почвы на высшие растения и определить хроническую фитотоксичность почвы.

Результаты, полученные по яровой мягкой пшенице, свидетельствуют о большей токсичности почв, расположенных вблизи ОАО «МАНТОМЬ» и ОАО «Томский кирпичный завод» (рис. 1). Общая тенденция стимуляции роста растений не наблюдается на участках ОАО «МАНТОМЬ» и ОАО «Томский кирпичный завод». Анализ результатов по отношению к гороху посевному показал, что в почвах участков исследования подавление роста и развития семян наблюдается в образцах, отобранных на 6 и 7 участках, это может быть связано с тем, что в почвах на данных участках наблюдается высокое содержание шлака и цементированных частиц.

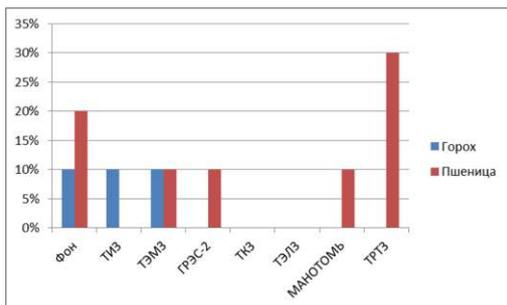


Рис. 3. Фитотоксичность почв по отношению к гороху и пшенице

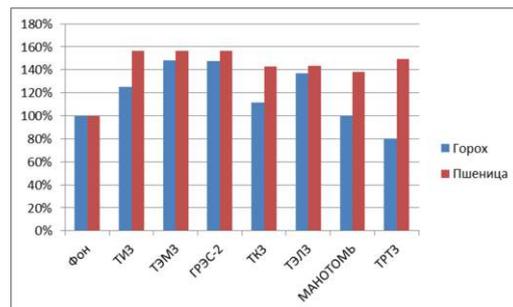


Рис. 4. Значение показателя индекса массы тест-культур

Наибольшее увеличение показателя индекса массы растений отмечено в образцах, отобранных вблизи ОАО «Томский электромеханический завод» и ГРЭС-2: это может быть связано с тем, что в почвах на данных участках наблюдается высокое содержание частиц угля и золы, которые стимулируют рост и развитие растений (рис. 2). Данные ИМ и ИТ согласуются в части сходных тенденций для определенных участков, что связано с взаимозависимостью показателя роста и формирования массы растения.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Среди анализируемых тест-параметров наиболее чувствительны длина проростка и корня растения, а показатель всхожести семян мало информативен.

2. Влияние предприятий выразилось в увеличении индексов толерантности и массы растений. Наименьшее увеличение показателя индекса массы растений отмечено в образцах, отобранных вблизи ТКЗ и «МАНОТОМЬ», а индекса толерантности в образцах, отобранных вблизи ТЭЛЗ и ТРТЗ.

3. Значения фитотоксичности почв участков, индексов толерантности и массы растений свидетельствует о загрязнении почв, отобранных вблизи «МАНОТОМЬ» и ТРТЗ.

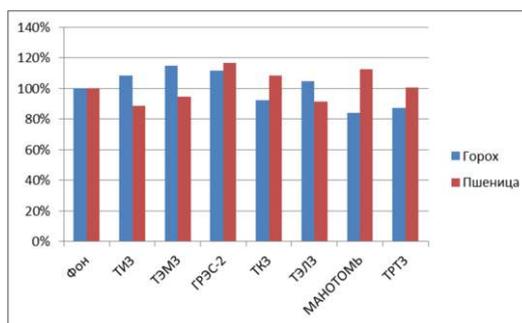


Рис. 5. Значение показателя индекса толерантности тест-культур

Литература

1. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие – Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2012. – 95 с.
2. Воронина Л. П., Поногайбо К. Э. Подход к выбору методов фитотестирования для исследования почв // Агрохимия. – 2021. – № 9. – С. 75-79.
3. Жорняк Л. В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв дис. – 2009.
4. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Григориади А.С. Загрязнения почвы транспортом // Известия Самарского научного центра РАН, 2015. – №1-4. – С. 102-108.
5. Тишин А.С. Фитотестирование почв, загрязненных нефтепродуктами// Международный научно-исследовательский журнал. – 2020 – № 12. – (102).
6. Хоружая Т.А., Никаноров А.М. Глобальная экология: Учебное пособие. – М: Книга сервис. Приор., 2003. – 288 с.
7. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем/ Под ред. Р. Шуберта; Пер. с нем. Г. И. Лойдиной, В. А. Турчаниновой: под ред. Д. А. Криволицкого. - М. Мир. – 1988. – 348 с.
8. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Постановление Госкомитета СССР по стандартам от 08.02.1985 № 283. – Москва: Изд-во Стандартов, 1985. – 10 с.
9. ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ)

Цветкова Е.А.

Научный руководитель научный сотрудник В.И. Полетаева
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

Поступление веществ техногенного происхождения от промышленных производств в окружающую среду – основной предмет геоэкологических исследований. Миграция загрязнителей в природно-техногенных системах,

главным образом, происходит с водными потоками промышленных сточных вод. Существует значительное количество исследований потоков загрязняющих веществ в локальных промышленных территориях. Одним из примеров таких территорий является промышленная зона г. Усолье-Сибирское (Иркутская область), известная благодаря деятельности главного градообразующего предприятия – завода Усольехимпром (УХП). От хлорно-щелочного производства УХП поступило колоссальное количество Hg в окружающую среду [5], что привело к крупномасштабному загрязнению геосистем, в том числе и р. Ангара [4]. В предыдущих исследованиях промышленной территории рассматривались основные агенты миграции загрязняющих веществ – сточные воды [6], химический состав которых выявил высокие уровни концентраций элементов. Однако, еще одним путем миграции загрязняющих веществ в природно-техногенных системах является атмосферный перенос. Климатические условия Иркутской области отличаются обильными снеговыми осадками и значительной высотой снегового покрова, а из-за устойчивых в течение зимнего периода отрицательных температур период снегостояния в регионе довольно продолжительный (около 4 месяцев). В связи с этим, снеговой покров, способный аккумулировать вещества воздушных потоков, является удачным объектом индикации качества атмосферного воздуха, и как следствие, экологической обстановки.

Для установления вклада атмосферного переноса в процессы миграции загрязнителей рассмотрен химический состав снегового покрова промышленной территории на разном удалении от техногенных объектов. Снеговая геохимическая съемка проводилась на различных участках территории исследования. Согласно методике [1], пробы отобраны в конце зимнего периода перед началом подтаивания (февраль-март), когда снег еще не начал гранулироваться. Концентрации Cd, Mo, U, B, As, Si, Al, Fe, Zn, Co, Mn, Ni, Cr, V и Cu определены в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН (г. Иркутск) методом масс-спектрометрии с индуктивной связанной плазмой (ICP-MS), Hg – методом атомной абсорбции на спектрометре «РА-915+» с приставкой РР-91.

В основном ионном составе снеговых вод доминируют концентрации SO_4^{2-} и Ca^{2+} . По гидрохимическому типу 29 % образцов SO_4 -Ca, 29 % – HCO_3 - SO_4 -Ca, остальная часть образцов относится к смешанному типу. Минерализация (TDS) снеговых вод составила 7,6-51,0 мг/л. TDS снеговых вод на ближайших к техногенным объектам участках повышена в 2-7 раз относительно наиболее удаленных от них участков.

Распределение концентраций микроэлементов в снеговых водах неоднородно. Наибольшим коэффициентом вариации характеризуются концентрации Pb (217) и далее по убывающей Cd (138), Mo (130), U (117), B (112), As (97), Si (87), Al (78), Fe (77), Zn (75), Co (70), Mn (65), Hg (54), Ni (55), Cr (51), V (43). Только для Cu коэффициент вариации составил 29 %, что определяет его однородное распределение по территории исследования. Максимальные концентрации Al, Si, V, Cr, As, Mo, Hg и U и повышенные B, Mn, Co, Ni, Cu определены в снеговых водах участка, расположенного с юго-востока от промышленной площадки теплоэлектростанции (ТЭЦ) на удаленности около 1 км вблизи грунтовой автодороги и УХП. Наиболее значимо здесь выделяются концентрации Mo, U и As, которые относительно медианы концентраций, полученной для всех образцов снеговых вод, повышены в 9, 9 и 6 раз, соответственно. Снеговые воды с максимальным содержанием B, Co и Ni отобраны на участке вблизи автодороги, между промышленной площадкой ТЭЦ и Химико-фармацевтическим заводом. На этом участке кратность превышений медианы концентраций для этих элементов составляет 6, 4 и 3 раза, соответственно. Концентрации Al, Si, Cr, Mn, Mo и Cd в снеговых водах этого участка также находятся в высоких пределах. Максимальная концентрация Mn определена в образце, отобранном с южной стороны от ТЭЦ, вблизи автодороги с меньшей автотранспортной нагрузкой. Пространственное распределение концентраций микроэлементов показывает, что при удалении от прележных частей и крупных действующих промышленных объектов их концентрации снижаются. На фоне общего соответствия такому распределению обращают на себя внимание концентрации Zn, Cd, Fe и Pb, которые максимальны в снеговой воде наиболее удаленных от промышленных производств участков.

По классификации, представленной в работе [7], рассчитанные величины среднесуточной пылевой нагрузки (P_n) на промышленной территории находятся в диапазоне низкого уровня (100-250 $m^2/mg \cdot сут.$). Максимальный показатель (163 $m^2/mg \cdot сут.$) приходится на образец снеговой воды участка, расположенного вблизи автодороги между ТЭЦ и Химико-фармацевтическим заводом. Несколько меньшее значение (139 $m^2/mg \cdot сут.$) получено для участка, расположенного на удаленности около 1 км от ТЭЦ вблизи грунтовой автодороги и УХП по направлению преобладающих северо-западных ветров. Минимальный показатель (9 $m^2/mg \cdot сут.$) соответствует наиболее удаленному от промышленных производств участку. Участки опробования с повышенными величинами пылевой нагрузки относительно удаленного участка расположены вблизи автодорог с подветренной стороны.

Результаты многомерного факторного анализа, который используется для выявления детерминантов формирования химического состава снеговых вод [9], выделили 2 фактора (рис.). Наиболее значимый – фактор 1 (доля 51 %) объединяет между собой Si, As, Mo, B, Cr, U, V, Ni, Co, а также P_n и TDS. Ассоциация микроэлементов, выделенная фактором 1, определяется общим источником поступления. Учитывая пространственное распределение концентраций выделенных микроэлементов, очевидным становится, что их поступление связано с деятельностью городской ТЭЦ. В зимний (отопительный) период, как правило, ТЭЦ работает на максимальном нагрузочном режиме с увеличенным расходом угольного топлива. Золой используемых ТЭЦ восточно-сибирских углей аномально обогащены U [8]. Кроме того, зола углей Азейского месторождения характеризуется высоким содержанием B и Mo [3], Мугунского месторождения – Mn, Ni, V, Cr и As [2]. Помимо этого, при сжигании растопочного мазута в результате окисления и высоких температур образуются оксиды ванадия, выделяющиеся в виде аэрозольей с мазутной золой в атмосферный воздух. Образующиеся при сжигании топлива загрязняющие вещества переносятся с дымовыми газами с зольными примесями на значительные расстояния. Их рассеивание в атмосферном воздухе и осаждение тесно связано с аэродинамическими параметрами, высотой источников выбросов, а также с характеристиками

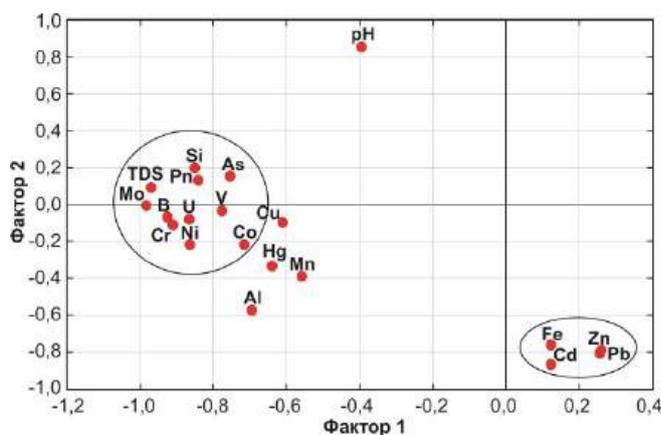


Рис. Факторный анализ микроэлементов, pH, Pn, т, TDS

элементов существенно повышаются в снеговых водах участков, расположенных в зонах влияния техногенных источников. В зимний период на обогащение снегового покрова элементами техногенного происхождения в большей степени влияет работа ТЭЦ. Негативным геоэкологическим следствием накопления загрязняющих веществ в снеговом покрове УХП является их миграция с сезонным поверхностным стоком талых вод, что наиболее опасно для р. Ангара.

преобладающих местных воздушных потоков. Зоны влияния выбросов крупных ТЭЦ, т.е. зоны (участки), где концентрации веществ достигают максимальных показателей в приземном слое атмосферы и наиболее активно осаждаются, в большинстве случаев имеют удаленность от источников не менее 1-2 км. Это подтверждают результаты настоящих исследований, определившие максимальные (Si, V, Cr, As, Mo, U) и повышенные (Mn, Co, B, Ni) концентрации элементов, имманентных золам используемых углей, в снеговых водах участка, расположенного в зоне влияния выбросов ТЭЦ (на удаленности около 1,2 км). Фактор 2 (доля 21 %) объединяет между собой элементы, которые повышены на наиболее удаленных от промышленных объектов участках – Zn, Cd, Fe и Pb, которые имеют обратную зависимость с pH.

Показано, что несмотря на низкий уровень среднесуточной пылевой нагрузки на промышленной территории концентрации ряда

Литература

1. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова [Текст] / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 182 с.
2. Джумаян, Н.Р. Мацеральный и химический состав бурых углей Мугунского месторождения [Текст] / Н.Р. Джумаян, А.В. Наставкин // Химия твердого топлива. – 2019. – Т. 53. – № 4. – С. 3–8.
3. Ильенок, С.С. Металлоносные угли Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна [Текст] / С.С. Ильенок, С.И. Арбузов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – № 8. – С. 132–144.
4. Коваль, П.В. Ртуть в биогеохимическом цикле Братского водохранилища. Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Ч 4 [Текст] / П.В. Коваль, Е.В. Бутаков, Т.П. Виноградова. – М.: ИФЗ РАН, 2008. – Т. 4. – 206 с.
5. Оценка воздействия источника ртутного загрязнения на компоненты природной среды Приангарья [Текст] / П.В. Коваль, Е.А. Руш, Г.П. Королева, Ю.Н. Удодов, Л.Д. Андрулайтис // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 60–65.
6. Цветкова, Е. А. Оценка воздействия промышленных сточных вод на качество вод реки Ангара в период снижения техногенной нагрузки [Текст] / Е. А. Цветкова, В. И. Полетаева // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров, 2022. – С. 253–258.
7. Язиков, Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв [Текст]: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
8. Arbuzov, S.I. Geochemistry of radioactive elements (U, Th) in coal and peat of northern Asia (Siberia, Russian Far East, Kazakhstan, and Mongolia) [Text] / S.I. Arbuzov, A.V. Volostnov, L.P. Rikhvanov, A.M. Mezhibor, S.S. Ilenok // International Journal of Coal Geology. – 2011. – V. 86. – P. 318–328. DOI: 10.1016/j.coal.2011.03.005.
9. Kaolunovsky A.S. Factor analysis in environmental studies [Text] / A.S. Kaolunovsky // HAIT Journal of Science and Engineering B. – 2005. – V. 2. – P. 54–94.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Чаптаров Д.В.

Научный руководитель доцент С. В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение почвы ионами тяжелых металлов является одной из серьезных проблем, с которыми столкнулись во всем мире за последние несколько десятилетий в результате быстрой индустриализации, человеческой халатности и жадности. Ионы тяжелых металлов довольно токсичны даже при низкой концентрации, а также не поддаются биологическому разложению по своей природе [1].

При фиторемедиации определенные виды растений используются для поглощения, переноса и стабилизации металлических загрязнителей из почвы (рис. 1). Корни растений содержат определенные ферменты, которые накапливают металлы и металлоиды из почвы и откладывают их в растительной биомассе над почвой [2].

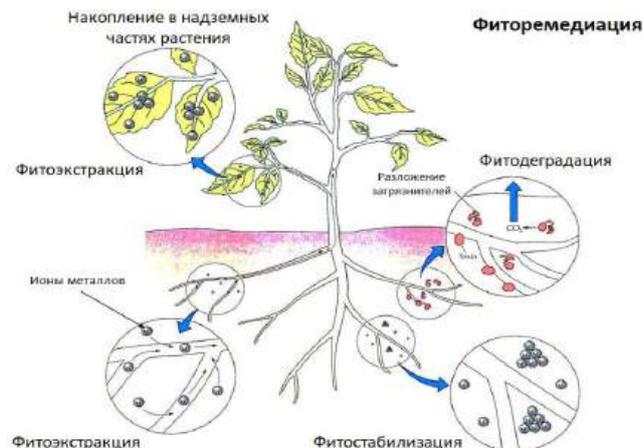


Рис. 1. Технологии фиторемедиации почвы

Фиторемедиация – медленный процесс, если у растения большие корни и побеги, то оно может легко накапливать большое количество ионов металлов из почвы [3]. Nwaichi et al. (2016) изучили, что некоторые растения называются гипераккумуляторами, которые собирают более 1000 мг/кг ионов Co, Pb, Cr, Ni, Cd и Co из загрязненных почв [2]. В последние несколько лет применяются многие растения и сельскохозяйственные/травянистые культуры, а именно: ива, тополь, пшеница, трава смилло, душица и зерновое сорго, соответственно, для удаления металла/металлоидов из почвы. Кроме того, фиторемедиация зависит от типов растений и загрязняющих веществ. Выделяют несколько категорий технологий фитоочистки почв: фитоэкстракция, фитодегградация, фитостимуляция, ризофльтрация, фитостабилизация, фитоволатилизация (рис. 1).

Целью данной работы является выявить эффективность выноса кадмия (Cd) из почвы методом фитоэкстракции, используя в качестве гипераккумулянта Горчицу белую (*Sinapis alba* L., 1753).

Объект исследования – серая лесная среднесуглинистая почва в качестве почвенного субстрата, искусственно загрязнённая кадмием. Для моделирования фона загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) в почву был внесен сульфат кадмия в количестве 1 мг/кг почвы (50 ПДК). Объем вегетационных сосудов составил 1,5 л, а масса почвы в каждом сосуде – 800 г. Исходное количество семян в каждом сосуде равнялось 10 штук, после появления всходов в каждом сосуде было оставлено по 3 растения. Внесение сульфата кадмия в почву осуществлялось в количестве 0,05 г на сосуд с 500 г почвы, исходя из предельно допустимой концентрации для суглинистых почв с рН, близким к нейтральному, которая составляет 2 мг/кг почвы.

В ходе работы были получены данные о влиянии загрязнения на морфологические показатели и количество выноса Cd гипераккумулянтом из почвы. Как видно на рисунке 2, высота растений в контрольной группе, где использовалась чистая почва, составляет 34 см. В варианте с фоном Cd высота растений снизилась до 30 см. Средняя зеленая масса растений в контрольной группе составляет 88 г, в то время как в варианте с Cd она снижается до 77 г. Также в контрольной группе наблюдается среднее количество листьев на растение, составляющее 11,2 шт. В группе с Cd количество листьев снижается до 10,7 шт. Это свидетельствует о негативном влиянии кадмия на эти морфометрические параметры. При этом диаметр стебля остается постоянным в обеих контрольных группах и составляет 40 мм: это говорит о том, что кадмий не оказывает значительного влияния на толщину стебля растений.

В фоне с Cd содержание кадмия в растениях составляет 37,3 мкг/г, в то время как в контрольной группе его содержание минимально – 0,45 мкг/г. Это подтверждает, что загрязнение почвы кадмием приводит к его аккумуляции в растениях. Содержание кадмия в образцах растений определяли методом определения элементного состава образцов растительного происхождения (размельченной предварительно высушенной биомассой) атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами анализа.

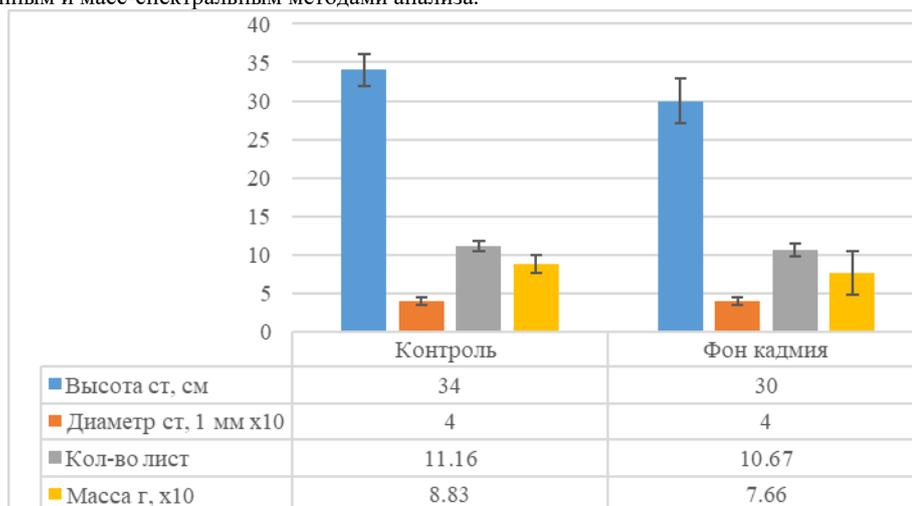


Рис. 2. Влияние кадмия на морфологические показатели

Таблица

Вынос кадмия Горчицей белой

Вариант опыта	Зеленая масса 1-го растения, г	Содержание кадмия в зеленой массе, мкг/г	Вынос кадмия мкг/растение (в среднем)
Контроль	0,88 ± 1,18	0,45	0,40
Фон с Cd	0,77 ± 2,80	37,30	28,70

Примечание: доверительные интервалы представлены на уровне доверия 95 %; Δх, % представляет процентное изменение по сравнению с контрольным значением

По полученным результатам лабораторного модельного эксперимента можно сделать вывод от том, что загрязнение почвы кадмием оказало негативное влияние на морфометрические параметры горчицы, наиболее чувствительными параметрами оказались: длина стебля, количество листьев, а также биомасса растения. Наименее чувствительными параметрами являются диаметр стебля и площадь листовых пластинок. Горчица белая является эффективным гипераккумулятором кадмия: содержание кадмия в биомассе растений, культивируемых на почве с 50-кратным превышением ПДК по сульфату кадмия, превысило аналогичный показатель в контроле (в растениях на чистой почве) в 80-100 раз.

Литература

1. Dumbrava, A. Contributions on enhancing the copper uptake by using natural chelators, with applications in soil phytoremediation. / Dumbrava, A., Birghila, S., Munteanu, M. // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – Vol. 12. – pp. 929-938. DOI:10.1007/s13762-013-0467-x
2. Kumar, V., Rout, C., Singh, J. A review on the clean-up technologies for heavy metal ions contaminated soil samples. / Kumar, V., Rout, C., Singh, J. // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, Issue 5. DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e15472
3. Nwaichi, E.O. Heavy metals contaminated environments and the road map with phytoremediation. / Nwaichi, E.O., Dhankher, O.P. // Journal of Environmental Protection. – 2016. – Vol. 7, pp. 41-51. DOI:10.4236/jep.2016.71004

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ КОТХСКОГО ХРЕБТА
(КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)**

Читадзе К.С., Толоконникова З.А.

Научный руководитель профессор З.А. Толоконникова
Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Описание объектов геологического наследия (ОГН) необходимо для понимания их информационной ценности и геотуристической значимости. Актуальность возрастает в случае расположения объектов в пределах интенсивно посещаемых курортов. Целью настоящей работы является рассмотрение геологических особенностей скальных образований в пределах хребта Котх и их геоконсервационная оценка.

Хребет Котх (рис. 1) относится к северо-западной части Кавказских гор, возникших в результате коллизии Скифской платформы и Черноморско-Закавказской микроплиты [1]. Согласно структурно-фациальному районированию Котх приурочен к альпийской Абино-Гунайской складчатой зоне (поздний мел-палеоцен) [2]. На протяжении кайнозоя земная кора подвергалась тектоническим деформациям (поддвигам, сдвигам, сжатием). Сочетание геодинамического фактора с избирательной денудацией, усиленной гумидным климатом, обилием постоянных и временных водотоков способствовало образованию останцов, выделяющихся среди пышной растительности.

Полевое исследование наиболее крупной скалы Зеркало было проведено осенью 2023 года. Обнажение располагается в борту ручья Мальцева (44°36'08.18" N, 39°06'53.98" E). Это линейное сооружение относительной высотой до 12 метров и видимой протяженностью 30 метров, ориентированное с юго-запада на северо-восток (рис. 2А). Современное преобразование связано с деятельностью поверхностных вод: а) у подножия протекает ручей (местами с подземным стоком); б) поверхность скалы относительно гладкая за счет стекания воды с гребня. Последний факт очевидно дал название описываемому объекту, увлажненная поверхность которого блестит в солнечную погоду. Скала сложена серовато-желтоватым песчаником кварцево-глауконитового состава, среднезернистым с массивной текстурой, глинистым цементом, слабо ожеженным. Песчаник мягкий, крепость пять, легко разрушается в результате физического выветривания и антропогенного фактора (рис. 2Б). У основания южной части скалы виден слой чередующихся темно-серых плотных алевролитов и крепких песчаников общей мощностью 50 см (рис. 2Б). В стенке обнажения и осыпи изредка встречаются темно-бурые округлые ожеженные конкреции диаметром 30-50 см. Осадочные отложения датируются таненским веком палеоцена (палеоген). Их образование соотносится с псекупской подсвитой свиты Горячего Ключа по региональной стратиграфической схеме.

Официальный статус регионального памятника природы скалы Зеркало получила в 2021 г. [3], паспорт не разработан. По методике [4] геоконсервационное описание памятника следующее: ведущий тип геоморфологический, естественное происхождение, линейный по проявлению в пространстве, сохраняющийся в естественном состоянии. Относится к категории «объект-объект» по динамическому состоянию. Объект легкодоступен в течение всего года (2 км по тропе до города-курорта Горячий Ключ, 4 км до федеральной трассы «Дон»). В настоящее время активно используется как объект пешего туризма. На склонах и у подножия хребта Котх

также сосредоточены: а) комплексный локальный памятник природы Дантово ущелье (территория санаторного парка города-курорта Горячий Ключ), б) скала Петушок, в) Псекупское месторождение минеральных вод (питьевая галерея в санаторном парке), г) небольшие гроты, д) водопад Псециако. Развитая инфраструктура, транспортная доступность, туристический комплекс «Дыхание гор» с колесом обозрения и канатной дорогой на вершину хребта Котх (открыт в 2022 г.), обзорные площадки, многочисленные треки пеших и велосипедных маршрутов по склонам хребта создают весьма благоприятные условия для геоконсервации и геотуризма. В пределах Северо-Западного Кавказа известны ОГН подобные скале Зеркало (например, Собер-Баш, Монастыри), но их геоконсервационный потенциал лимитирован сезонным доступом, удаленностью от качественных дорог, слабой инфраструктурой. Потенциал исследуемой территории определялся на основе комплексного анализа ряда критериев, каждый из которых оценивался от 0 (минимальное значение) до 5 (максимальное) согласно [5 с изменениями]. Среднее значение высокое и составляет 72,5 % (таблица).

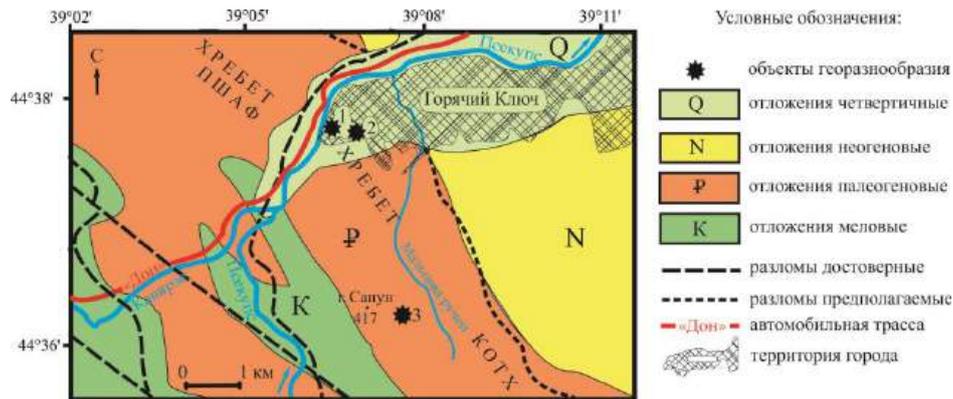


Рис. 1. Схема расположения объектов геологического наследия на хребте Котх [основа по 2 с упрощениями]: 1 – скала Петушок, 2 – Дантово ущелье, 3 – скала Зеркало



Рис. 2. Скала Зеркало. А – общий вид, Б – деталь обнажения

Таблица

Оценка геоконсервационного потенциала геологических памятников природы хребта Котх

Критерий	Памятник	Зеркало	Петушок	Дантово ущелье
Научная ценность				
Значимость для геологических исследований, редкость		4	3	4
Степень научности		4	2	4
Эстетичность				
Аттрактивность, окружающие природные ландшафты		5	5	5
Условия наблюдения		5	5	5
Защита				
Текущее состояние (степень деградации)		2	2	3
Геоконсервация		1	2	2
Геотуристическая значимость				
Туристическая инфраструктура и логистика		3	4	5
Ассоциация с другими природными элементами		4	4	4
Возможность активного отдыха		5	3	3
Всего относительно 45 / Эквивалент к 100%		33 / 73,3%	30 / 66,7%	35 / 77,7%
Среднее значение		72,5%		

Таким образом, на хребте Котх локализованы геоморфологический, гидролого-гидрогеологический и седиментационный типы ОГН, возможно изучение результатов всех видов выветривания, стратотипов местных стратиграфических подразделений. Специализированные геологические экскурсии по Горячему Ключу и его окрестностям проводились в 2015, 2017 годах. Дантово ущелье и р. Псекупс на протяжении ряда лет демонстрировались студентам геологического профиля Кубанского государственного университета в ходе полевых практик. Удачное сочетание ОГН высокого геоконсервационного потенциала с красивыми природными ландшафтами, условиями для разнообразного отдыха и удовлетворения профессиональных интересов, наличие развитой инфраструктуры позволяет охватить целевую аудиторию от туристов до специалистов.

Литература

1. Гиоргобиани, Т. В. Альпийская структура складчатой системы Северо-Западного Кавказа и условия ее образования [Текст] / Т. В. Гиоргобиани, Д. П. Закаря // Геология и геофизика юга России. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 63–76.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист L-37-XXXIV (Туапсе). Объяснительная записка / С. Г. Корсаков, И. Н. Семенуха, В. М. Андреев. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2002. – 182 с.
3. О создании памятников природы «Скала Зеркало», «Хотецайское насаждение сосны пицундской», «Урочище Пионер», «Гора Бараний Рог»: постановление Главы администрации (губернатора) Краснодарского края от 05.08.2021 г. № 455.
4. Рубан Д. А. Стандартизация описания геологических памятников природы как важных объектов национального наследия [Текст] / Д. А. Рубан // География и природные ресурсы. – 2006. – № 3. – С. 166–168.
5. Herrera-Franco, G. A. Comparative Analysis of Methodologies for the Evaluation of Geosites in the Context of the Santa Elena-Ancón Geopark Project [Text] / G. A. Herrera-Franco, Carrión-Mero P. C., Mora-Frank C. V. et al. // International Journal of Design & Nature and Ecodynamics. – 2020. – Vol. 15. – № 2. – P. 183–188.

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОСАДКОВ ОЗЕР ЮЖНОГО УРАЛА (БОЛЬШОЕ И МАЛОЕ МИАССОВО)

Юсупова А.Р., Кузина Д.М., Захаров Д.С.

Казанский федеральный университет, г. Казань, Россия

Озеро Большое Миассово является центральным звеном Кисегач-Миассовской озерной системы и крупнейшим водоемом Ильменского заповедника (55°9'59.89" с.ш. 60°20'51.82" в.д.) [4]. Котловина озера Большое Миассово тектонического происхождения вытянута с севера на юг вдоль восточного подножия Ильменского хребта [1]. Площадь водного зеркала составляет 11,4 км², длина – 8 км, максимальная ширина – 2,1 км, средняя – 1,5 км, наибольшая глубина – 22,5–25 м, средняя – 11,2 м. Площадь водного зеркала 11,4 км², площадь водосбора достигает 160 км² [2].

Озеро Малое Миассово соединяется широким проливом с озером Большое Миассово, а через него протоками с озерами Пруд, Малый Кисегач и Большой Кисегач, есть протока в озеро Большой Таткуль. Котловина озера Малое Миассово тектонического происхождения. В озеро впадают небольшие речки Няшевка, Чартонышка, Демидовка и другие, а с восточной части озера вытекает единственная река Караси, впадающая в реку Миасс. Площадь водного зеркала составляет 12,2 км², ширина с востока на запад составляет 9 км, длина – от 1,5 до 3 км.

Целью настоящей работы является изучение особенностей вещественного состава донных отложений озер Большое и Малое Миассово для выявления изменения условий осадконакопления в голоцене.

Предварительные сейсмоакустические исследования [6] позволили наметить места отбора керн. Для детального комплексного исследования была выбрана керновая колонка № 3 (N 55°09'51.1"; E 60°17'21.9"), глубина отбора – 24 м. Разрез донных отложений озера Большое Миассово представлен темно-зеленым, плотным илом с большим количеством растительного детрита (интервал 526–2 см, мощность 526 см).

Для детальных исследований была выбрана керновая колонка № 2 озера Малое Миассово (N 55°10'13.6"; E 60°21'04.6"), отобранная с глубины 7 м [5]. Разрез донных отложений представлен темно-зеленым, плотным илом с большим количеством растительного детрита (интервал 422–2 см, мощность 422 см). Нижняя часть разреза представлена серым плотным глинистым илом (интервал 512–422 см, мощность 92 см).

Радиоуглеродное датирование 9 образцов озера Большое Миассово и 9 образцов озера Малое Миассово было проведено в Национальном университете Тайваня (NTUAMS Lab) на ускорительном масс-спектрометре 1.0 MV HVE. Для калибровки возраста образцов использовались программный продукт OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013) и калибровочная кривая IntCal 13.

Рентгенофлуоресцентный анализ был проведен в лаборатории изотопного и элементного анализа КФУ. Для определения элементного состава озерных отложений был применен рентгенофлуоресцентный анализ (РФА). Измерения проводились при помощи рентгенофлуоресцентного спектрометра Bruker S8 Tiger.

Для выяснения факторов валового химического состава использован факторный анализ методом главных компонент способом «Варимакс нормализованный» в ПК STATISTICA. Факторный анализ был проведен для разрешенных переменных, имеющих статистически достоверный объем выборки и подчиняющихся нормальному и логнормальному распределениям со значимыми нагрузками более 0,7.

Определение возраста: радиометрическое датирование. По данным радиоуглеродного датирования возраст изучаемых отложений озера Большое Миассово составляет ~13,4 тыс. лет. Полученные результаты представлены в работах [3, 6]. Возраст изучаемых отложений озера Малое Миассово ~20,1 тыс. лет.

В результате РФА были получены данные по содержаниям главных и рассеянных элементов изучаемых осадков озер. Главные элементы представлены, в основном, литофильными элементами, за исключением сидерофильного железа и халькофильной серы.

Факторный анализ разреженных переменных геохимической выборки озера Большое Миассово позволил установить 4 фактора со значимыми нагрузками не менее 0,7. Самым значимым является фактор F1 (доля 0,47), далее с меньшими долями располагаются факторы F2 (0,14), F3 (0,13) и F4 (0,12). Фактор F1 коррелирует с увеличением содержаний TiO₂, K₂O, MgO, NiO, ZrO₂. Фактор F2 отражает уменьшение содержания Fe₂O₃. Фактор F3 коррелирует с увеличением содержаний Cl, а фактор F4 отображает увеличение содержаний Br.

Для геохимической выборки озера Малое Миассово установлено 4 фактора со значимыми нагрузками не менее 0,7. Самым значимым является фактор F1 (доля 0,50), далее с меньшими долями располагаются факторы F2 (0,26), F3 (0,08) и F4 (0,07). Фактор F1 имеет биполярную структуру и коррелирует, с одной стороны, с увеличением содержаний элементов SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Cr₂O₃, K₂O, NiO, MgO, CuO, ZnO, а с другой стороны, коррелирует с уменьшением содержаний ППП. Фактор F2 отражает увеличение содержаний CaO, SrO, SO₃. Фактор F3 коррелирует с увеличением содержаний Cl, а фактор F4 отображает увеличение содержаний P₂O₅.

Проведенный факторный анализ геохимических данных исследуемых озер позволил выявить, что ведущим выступает фактор F1, коррелирующий с увеличением содержаний элементов терригенного сноса. В целом, по F1 отмечается тренд уменьшения привноса терригенных элементов от первого к последующим этапам, что может указывать на возрастание роли пенеппенизации рельефа источников сноса и водосборных площадей и уменьшение гидродинамических уклонов водостоков.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания проект № FZSM-2023-0023 в сфере научной деятельности

Литература

1. Андреева М. А. Озера Среднего и Южного Урала:(Гидрологический режим и влияние на него атмосферной циркуляции). – Юж.-Урал. кн. изд-во, 1973. – 272 с.
2. Андреева М.А., Вейсберг Е.И., Гаврилкина С.В. и др. Экология озера Большое Миассово / Под ред. А.Г. Рогозина, В.А. Ткачева. – Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2000. – 318 с.
3. Назаров Г.В. Ландшафтный фактор в формировании гидрологии озер Южного Урала. - Л.: Наука, 1978. - 284 с.
4. Нигаматзянова, Г. Р. Реконструкция растительности и климатических изменений позднеледниковья – голоцена южного Урала на основе спорово-пыльцевого анализа донных отложений озера Большое Миассово / Г. Р. Нигаматзянова, Л.А. Фролова, Н.М. Нигматуллин, А.Р. Юсупова, Д.К. Нурғалиев // Геоморфология и палеогеография. - 2023. – Т. 54(4). – С. 179-194.
5. Kosareva, L.R. Seismic and magneto-mineralogical investigations lake Maloe Miassovo (South Ural, Russia) / L.R. Kosareva, D.M. Kuzina, D.K. Nurgaliev, P.S. Krylov, V.V. Antonenko // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. - 2018. – V. 18(4.3). - P. 383–390.
6. Nurgaliev, D.K. Paleolimnological investigations of lake bolshoe miassovo (Chelyabinsk region, russia) / D.K. Nurgaliev, D.M. Kuzina, L.R. Kosareva, P.S. Krylov, V.V. Antonenko // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. - 2018. - V. 18(4.3). - P.331-338.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	5
Секция 1. ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ	
Алтухова И.Ю. ГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ГЕНЕЗИС ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТАНОПЧИНСКОЙ СВИТЫ ГЫДАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ А.....	11
Андрейча Д.В. УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ПРИСАЯНСКОЙ СВИТЫ В РАЙОНЕ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРОВКА.....	13
Бережнова Д.Д., Гуменных Д.А., Антов Р.Н., Пугачев М.А. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕРОДИСТЫХ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОДАЙБИНСКОГО РАЙОНА.....	14
Газизуллин Б.М. БИОСТРАТИГРАФИЯ НИЖНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА БОЛЬШИЕ ТАРХАНЫ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН).....	16
Горяинов Д.С., Закирьянов И.Г. ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПАРФЕНОВСКОГО ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНГАРО-ЛЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	19
Дьякова С.А., Сергеева Н.Д., Башкова С.Е. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ КАМСКО-БЕЛЬСКОГО АВЛАКОГЕНА, КАК ВОЗМОЖНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ.....	20
Зервандо Я.В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЛЛЕКТОРОВ ТЮМЕНСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗНЫХ ЭФФЕКТИВНЫХ ТОЛЩИН В РАЗРЕЗАХ РАЗНОЙ ФАЦИАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ.....	22
Зюзюкин И.В. ПРОГНОЗ УГЛЕНОСНОСТИ ЗАПАДНОГО БЕРЕГА ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКИ.....	24
Касимов Ж.Д. ИЗМЕНЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ В УСЛОВИЯХ РАЗГРУЗКИ ГАЗОСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ.....	26
Кокорев Д.И. ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПЛАСТА Ю ₃ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРЕДЕЛАХ АЛЕКСАНДРОВСКОГО СВОДА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	28
Лобес Д.С., Игнатов А.И. НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРОЕНИЕ ПЛАСТА АС12 НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Z (ХМАО-ЮГРА).....	30
Морозова Е.В., Фаварисова Д.М., Сиразиева Р.М., Нургалиев Д.К. ИСТОРИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕФТЕЙ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	31
Назарова А.А. ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ МЕТОДОМ РАМАНОВСКОГО МИКРОЗОНДА В МИНЕРАЛАХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ВЕРХНЕГО ДЕВОНА СЕВЕРО-ОСТАНИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	33
Нурахметов А.Е. ТЯЖЕЛЫЕ МИНЕРАЛЫ В ДОННЫХ ОСАДКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ.....	35
О-Делик Н.Т. УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАЛЕЖИ УГЛЕВОДОРОДОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН).....	37
Паньков В.Н. ПЕРВЫЕ НАХОДКИ ВЕНДСКИХ МАКРОФОССИЛИЙ В ВЕРХНЕМ ДОКЕМБРИИ СРЕДНЕГО ТИМАНА.....	39
Панькова В.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АСПИДЕЛЛОМОРФ ИЗ ВЕРХНЕГО ВЕНДА СРЕДНЕГО УРАЛА.....	40
Смирнов Д.М., Барановская М.Л. ИХНОФАЦИЯ BALANOGLOSSITES В ПСКОВСКИХ СЛОЯХ (НИЖНИЙ ФРАН) В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ПСКОВ.....	42
Солтанова А.О., Трушков П.В., Самойленко В.В. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОМАНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МУХАНО-ЕРОХОВСКОГО ПРОГИБА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	44
Сухих А.О. ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ЮРЯХСКОЙ СВИТЫ НЮЙСКО-ДЖЕРБИНСКОЙ ВПАДИНЫ (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ).....	45
Усова И.И., Михненко Д.В. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ПОКУРСКОЙ СВИТЫ В ПРЕДЕЛАХ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО СЕНТЯБРЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯНАО.....	47
Фаварисова Д.М., Гараев Ф.Н., Хамиева А. Н., Морозова Е.В. НАЗЕМНАЯ ГЕОХИМИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОИСКА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	49
Ходоров И.С. ПОЛИМОДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ БОРА КАК ПРИЗНАК ФАЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ТЕРРИГЕННОГО ПЛАСТА.....	50
Хуснутдинова А.Д., Штеренберг А.М. ФРАКТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД.....	52
Шишова О.А. ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН УЛУЧШЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В НЕОКОМСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПОРОД В ПРЕДЕЛАХ МАЛОБАЛЫКСКОЙ МЕГАСЕДЛОВИНЫ (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	54

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

Белоусов П.Е. ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ	56
Боковой Д. И., Григорьев Г. Д. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ САРМАТСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ФОРТАНГА.....	57
Брагин С.А. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АСБЕСТОНОСНЫХ УЛЬТРАМАФИТОВ КИЕМБАЕВСКОГО МАССИВА (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	58
Вергунов А.В., Шадрина С.С. ВУЛКАНОГЕННЫЙ МАТЕРИАЛ В УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЛОВОЙ СИСТЕМЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ.....	60
Вурмс Д. М.1, Кислов Е.В. СРАВНЕНИЕ СОСТАВА ХРОМШПИНЕЛИ ХРОМИТИТОВ РАССЛОЕННЫХ УЛЬТРАМАФИТ-МАФИТОВЫХ МАССИВОВ: БУШВЕЛЬДА, САРАНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	61
Гатауллин Р.А. ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРИДОТИТОВ СЕВЕРО-УЗЯНСКОЙ ПЛОЩАДИ МАССИВА СЕВЕРНЫЙ КРАКА	63
Готфрид Н. С. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОИСКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	65
Ерофеев А.Е., Левочская Д.В., Якич Т.Ю. ТИПОМОРФИЗМ ПИРИТА КАК МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭПИТЕРМАЛЬНОГО AU-AG МЕСТОРОЖДЕНИЯ СВЕТЛОЕ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	67
Исин А.А. ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРИЧЕСКИ-ЗОНАЛЬНЫХ МАФИТ УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ, УКТУССКОГО (СРЕДНИЙ УРАЛ) И ГАЛЬМОЭНАНСКОГО (КОРЯКСКОЕ НАГОРЬЕ)	69
Калинина Н.А. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХУСЫ-КАРДОНИКСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ СРЕДНЕЮРСКОГО ВОЗРАСТА (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ).....	70
Касым А.Е. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ МАЙТЮБИНСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАЗАХСТАН)	72
Куприянова Ю.Н. ОЦЕНКА МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ	73
Лисина Д.Г. ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОРОД И ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ РУДОНОСНОСТЬ КУЛИЖИНСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНЫЙ САЯН, КИНГАШСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ)	75
Локтев Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГРАНИТОИДОВ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ).....	77
Лычагин М.А. ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ОДНОГО ИЗ УЧАСТКОВ В ПРЕДЕЛАХ АЯН-ЮРЯХСКОГО АНТИКЛИНОРИЯ (МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	78
Максимов П.Н.1, Рудмин М.А. ИНДИКАТОРНАЯ РОЛЬ ЭВАПОРИТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКИХ ООИДОВЫХ ЖЕЛЕЗНЯКОВ АЯТСКОЙ СВИТЫ ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)	79
Минаков М.С., Левочский Б.Б., Левочская Д.В., Якич Т.Ю. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ПРИРОДА РУДНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПЛАГИОКЛАЗОВЫХ ВЕРЛИТОВ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВОГО МАССИВА ДЮКАЛИ (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ).....	81
Молукпаева Д. К. СООТНОШЕНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОПИЛИТОВ И БЕРЕЗИТОВ ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЙ ФЛОИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ.....	83
Молукпаева Д.К. МИНЕРАЛОГИЯ ПЕРВИЧНЫХ И ОКИСЛЕННЫХ РУД СОХАТИНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ)	85
Николаева А. Н. ТЕЛЛУРО-ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В РУДАХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АБЫЗ И МАЛЕЕВСКОЕ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)	87
Паникоровский Т.Л., Яковенчук В.Н., Гойчук О.Ф., Калашникова Г.О., Базай А.В., Кривовичев С.В. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПО СХЕМЕ МОНОКРИСТАЛЛ-МНОКРИСТАЛЛ В ЛИНТИСИТЕ И КУКИСВУМИТЕ.....	89
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ЗОЛОТА В ГРАНИЦАХ ВОЗДВИЖЕНСКОГО	
Пахтаева М. Г. РУДНОГО ПОЛЯ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)	92
Рудмин М.А. ГЛАУКОНИТ И АММОНИЙ: ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА БАЗАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛА ПРИ СОЗДАНИИ НАНОКОМПОЗИТНЫХ УДОБРЕНИЙ.....	93
Румянцева А.О., Кайлачаков П.Э., Белоусов П.Е. ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕОЛИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХОНГУРУУ (РЕСП. САХА)	95
Слуковская М.В., Петрова А.Г., Кременецкая И.П., Мосендз И.А., Иванова Т.К. СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЭКОСИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕРПЕНТИНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ В СУБАРКТИКЕ	97
Филиппова А.А., Ощепкова А.В., Мехоношин А.С. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ АПОКАРБОНАТНОГО НЕФРИТА	98
Хитрин И.С., Максимов П.Н., Рудмин М.А. КОМПЛЕКСНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ГЛАУКОНИТА И МИКРОНУТРИЕНТОВ (ZN, CU, V): ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА	99
Шабутдинов Т. Д., Самигуллин А. А. МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЛЬТРАМАФИТОВ МАССИВА СЫУМ-КЕУ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)	101

Шелементьева А. Ю. НОВЫЕ НАХОДКИ ВЫСОКОВИСМУТОВЫХ ТУРМАЛИНОВ В ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛАХ МАЛХАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	103
Шульгатая И.В. ВИСМУТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В МОГОЧИНСКОМ ЗОЛОТОРУДНОМ РАЙОНЕ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)	104
Якимов Т.С. ГРАНИТОИДЫ ВОЗВЫШЕННОСТИ МЕДВЕДЕВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)	105

Секция 3. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Аникина О.А., Миронов И.К. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ БЕСКОНЕЧНОСТИ НИЖНЕЙ КРОМКИ ТЕЛ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАВИМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ	108
Гантимурова С.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ СКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ ПО СНИМКАМ С БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБВАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ	110
Жданова Ю.Ю. ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПЛАСТАХ СЕВЕРО-ТАМБЕЙСКОГО УЧАСТКА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОДЫ	112
Илюхина Д.М. ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ КУБАДРИНСКОГО РАЗЛОМА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	114
Крутенко Д.С. ДОЮРСКИЙ ФУНДАМЕНТ И ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ	115
Крутенко М.Ф. МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ПАЛЕОЗОЙСКО-МЕЗОЗОЙСКИХ НЕФТЕМАТЕРИНСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	117
Насыров Р.Г., Сергеев М.Е. КАРТИРОВАНИЕ ГЕОТЕМПЕРАТУР ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ	119
Парфирьев Н.П. ПАЛЕОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАЗРЕЗА КАТАВСКОЙ СВИТЫ ВЕРХНЕГО РИФЕЯ В РАЙОНЕ С. ИНЗЕР (ЮЖНЫЙ УРАЛ)	121
Сердюк И.М., Райко К.А. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ТРЕХОСНОМ ИСПЫТАНИИ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ	123
Слоквенко В. О ПОЛИМОДАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОРИСТОСТИ В ТЕРРИГЕННЫХ ПЛАСТАХ НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТА АВ ₁ ¹⁻² САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	125
Федоров В.Г. МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО И КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО ТИПОВ	127
Шойхонова Т.С., Шкиря М.С., Лазурченко А.В. ВЫПОЛНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ПОИСКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ВОСТОЧНОЙ БУРЯТИИ)	129
Штейн А.Д., Оленченко В.В., Овчинникова А.В. КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ И ТЕРМОМЕТРИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПУТЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ПЛОТИНУ МЁРЗЛОГО ТИПА	131
Riabova S.A. GEOMAGNETISCHE WIRKUNG DES SHIVELUCH-VULKANAUSBRUCHS IM JAHR 2023 NACH DATEN DER STATIONEN MAGADAN UND PARATUNKA	133
Riabova S.A. SCHWANKUNGEN DER KRITISCHEN FREQUENZ DER IONOSPHERISCHEN F2-SCHICHT WÄHREND DES ERDBEBENS IM JAPANISCHEN MEER (2024)	134
Riabova S.A. UNTERSUCHUNG DER FUßBALLMODUSAUFTEILUNG BASIEREND AUF GEOMAGNETISCHEN ÜBERWACHUNGSDATEN AM MIKHNEVO-OBSERVATORIUM WÄHREND DES ERDBEBENS IM PAZIFISCHEN OZEAN VOR DER KÜSTE VON TONGA IM JAHR 2022	136

Секция 4. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Андреева А.В., Королёв А.Э. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СХОДА ОПОЛЗНЯ ПРИ ПРОХОДКЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТРАССЫ ЧЕРЕЗ ПОГРЕБЕННЫЕ ОВРАГИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	138
Власова А.Е., Хайдарова А.О., Студенкова Н.А., Козина М.В. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ ПОЛИГОНАМИ ТКО	140
Горячева А.Е., Рыбалкин Л.А. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ	142
Гроза А.Н. РАДОНОВЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ ПРИЧЕРНОМОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА	143
Давыдкова Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	145
Зайцев А.В., Ниязова Ю.А. АНАЛИЗ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ГОРОДА КЕМЕРОВО)	146
Зайцева В.Ю. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТАРМАНСКОЙ ВОДНО-ОЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ В 2023 Г.	148
Козырская К.В., Козырский С.С. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЧЕРНОГОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГРАНИЦАХ ВОДОЗАБОРА	150
Конончук Ф.О. МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ СТАНЦИИ ТЕБА	153

Ли А.С. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	155
Мауль Д.А. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ	156
Муслимов Д.Д., Понизов А.В., Мурлис Д.В., Верещагин П.М., Баранов Д.Ю. ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ БАРЬЕРАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПУНКТОВ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	158
Наволокина В.Ю. МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕВИХИНСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	160
Оберемок И.А. ВЛИЯНИЕ РАЗГРУЗКИ МЕТАН-СОДЕРЖАЩИХ ФЛЮИДОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ШЕЛЬФА МОРЕЙ ВОСТОЧНОЙ АРКТИКИ	162
Орлов А.С., Яковлев Е.Ю., Токарев И.В., Зыков С.Б. ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ПОВЫШЕННЫМ ИЗОТОПНЫМ ОТНОШЕНИЕМ U-234/U-238 (ПРЕДВОЛЖЬЕ, ЕВРОПЕЙСКАЯ ЧАСТЬ РОССИИ)	164
Пальцева Д.Е., Козина М.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРА И СИСТЕМАТИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	166
Парасочка Т.С. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРОДА ГУСИНООЗЕРСКА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ	167
Пензев А.П., Самарин Е.Н., Царев М.А., Шеховцова А.В., Летуновская С.С., Ермолинский А.Б. ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНЪЕКЦИОННОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ	169
Полубелова А.В. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ Р. ЛЕНЫ В ХАНГАЛАССКОМ РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)	171
Райко К.А., Рыбалкин Л.А. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИИ НА ДИСПЕРСНЫЕ ГРУНТЫ	173
Сапрунова И.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЛОЩАДНОГО ОБЪЕКТА СИСТЕМЫ ГАЗОПРОВОДА СЛОЖНОЙ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ КАТЕГОРИИ (АЛДАНСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА САХА)	174
Саржанова А.Б. РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГРУППЫ РОДНИКОВ ЛАНДШАФТНО-РОДНИКОВОЙ ЗОНЫ «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ»	175
Сивцев М.А., Жирков А.Ф., Лыткин В.М. ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОТЛОЖЕНИЙ ЛЕДОВОГО КОМПЛЕКСА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ	177
Смирнов А.Ю. ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В РАЙОНАХ С КРУТОПАДАЮЩИМ РЕЛЬЕФОМ	179
Соколова Е.Д., Моисеева Ю.А. РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МОРСКОЙ ТОЛЩЕ И ПОРОВЫХ ВОДАХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЗОНАХ МЕТАНОВЫХ СИПОВ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА	181
Тукмачев Д.В. ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ 10-Й ХУТОР	183
Халеский В.В. ИЗУЧЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОГИДРОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	184
Харыбина А.С., Воротыгинцев К.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	186
Царев М.А., Лободенко И.Ю., Малофеев А. А., Ермолинский А.Б., Чернов М.С., Пензев А. П. ИЗУЧЕНИЕ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ГЛИНОЗЕМИСТОГО БЕТОНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТОДАМИ ТОМОГРАФИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ	188
Пчелинцева И.В., Цыпленко М.М. РАСЧЁТ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДЛЯ ПЛАСТОВЫХ ВОД АЧИМОВСКОЙ ТОЛЩИ УРЕНГОЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	190
Четверикова А.Г. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ПРОБ ВОДЫ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И АКТИВНОСТЬ СУЛЬФАТВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ БАКТЕРИЙ	192
Чилингер Л.Н., Гатина Н.В. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ПОДТОПЛЕНИЯ И ЗАТОПЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ЖИЛЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	193
Шапочкин Р.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТКИ НОВО-СУХОЛОЖСКОГО КАРЬЕРА НА ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	194

Секция 5. ГЕОЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кузина Д.М., Нургалиев Д.К., Юсупова А.Р., Крылов П.С., Косарева Л.Р. ОЗЕРА – ПРИРОДНЫЕ АРХИВЫ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОСЛЕДНИХ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ	196
Яковлев Е.Ю., Пучков А.В., Дружинин С.В., Кудрявцева А.А. РАДИОАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ	197

Адонин Н.Р., Алентьев Ю.Ю., Оманбоев Д.И., Кокорев О.Н. ТРАНСФОРМАЦИЯ СИСТЕМ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПУНКТОВ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В ВИДУ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	199
Акимова С.С. ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ И ПОЧВОГРУНТОВ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	201
Баранов Д.Ю., Мурлис Д.В., Понизов А.В., Верещагин П.М., Муслимов Д.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУНКТА ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....	202
Беляновская А. ПОВЫШЕННЫЕ СОДЕРЖАНИЯ FE И MN В ПИТЬЕВЫХ ВОДАХ ТЮМЕНИ УСИЛИВАЮТ РИСК РАЗВИТИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ.....	204
Борисова Д.Д. МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ИОНАМИ ФТОРА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	206
Буданова В.В. РТУТЬ В ПОЧВАХ ЛОКАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ.....	208
Быкова Е.М. ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОВСА AVENA SATIVA В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА.....	209
Варламова А.А. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ПОРТОВЫХ ТЕРМИНАЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	211
Вахрушев В.И. КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ХРОНОЛОГИИ ПОСТУПЛЕНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ РЕКИ ЕНИСЕЙ.....	212
Галин А.Н. АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ОТВАЛА ЛЁВИХИНСКОГО РУДНИКА (СРЕДНИЙ УРАЛ).....	214
Гарипова Е.Р. ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ ДЖИДИНСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ МЫРГЭНШЕНО.....	216
Герасимов О.А. СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОБМЕЛЕВШЕГО ПРУДА В САРАТОВЕ.....	218
Герасимова М.А. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ГОРНОГО АЛТАЯ.....	220
Герберт С.А., Шеф А.С. СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕФТЕШЛАМОВ НА ПРИРОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	222
Гончаров Г.А. ОЦЕНКА РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УФА, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН).....	224
Демчук Е.В., Кочарян Г.А. МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	226
Дубенко К.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА АЭРОЗОЛЕЙ ОТ ХРАНИЛИЩА ОКИСЛЕННЫХ РУД ОЗЕРНОГО ГОКА.....	227
Евсеев М. В., Земляков А.И. МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОМСКОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАВОДА.....	228
Егоров Е.К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	230
Зезюн К.А. ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ МАТЕРИАЛА ОТХОДОВ ХВОСТОХРАНИЛИЩ АЛТАЙСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОБЪЕКТА DROSOPHILA MELANOGASTER.....	232
Казакова А.О., Черноштан А.В. АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ В ЧАСТИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТА В ПРОГРАММЕ «1С: ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ».....	233
Казакова А.А., Вершкова Е.М. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ. ВЕРШИНО-ДАРАСУНСКИЙ).....	235
Капинос Л.Ю. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ РЯДОМ С КРУПНОЙ АВТОМАГИСТРАЛЬЮ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИМ ЗАВОДОМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА АЧИНСК МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ.....	236
Крачнакова М.Г. ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ УРАНА В ГОДОВЫЕ КОЛЬЦА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.....	238
Крестьянникова Е.В. СОСТАВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ДРУГИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГОРОДА ТЮМЕНИ, ФОРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ.....	240
Ле Т.Х.Ш ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ГОДОВЫЕ КОЛЬЦА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	242
Леухин И.В. ПЕРВЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА Г. ТАШТАГОЛ МЕТОДОМ НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА.....	243
Ливента Д.С. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПОСЁЛКА САГАН-НУР (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ).....	244
Лобзина Д.В. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ РТУТИ В СОПРЯЖЕННЫХ СРЕДАХ РЕСПУБЛИКИ ХАКАСИЯ.....	246

Мелькер Д.Д., Слепушкина А.А. ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГРАММЫ «1С:ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОРП».....	246
Новикова К.Д. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ТОМСКОГО РАЙОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС ЧЕЛОВЕКА	250
Носов В.В. ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЙОНА ГОРОДА ТОПКИ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	251
Одерова Е.Е., Гончаров Г.А. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ Г. ГОРНЯК (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ).....	253
Плотникова Е.С., Солдатова Е.А. ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА КАЛЬЦИТА	255
Пучков А.В., Дружинин С.В., Орлов А.С. ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА НАКОПЛЕНИЕ И МИГРАЦИЮ РАДИОНУКЛИДОВ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ (НА ПРИМЕРЕ ИЛАССКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ).....	257
Рулик М.А. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЛЕКОПИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	259
Савкив А.С., Гантимурова С.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ИРКУТСК).....	261
Садиров М.Ш., Ткачева А.А. МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБОНАТОВ ТЁМНО-СЕРЫХ ПОЧВ ПОДТАЙГИ ПРИТОМЬЯ.....	264
Санарова Р.Ю. АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ ЧАСТИЦ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСК).....	266
Смехунова Е.А. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ «1С:ЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КОРП» НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА»	267
Софронова С.М. ПОВЕДЕНИЕ УРАНА В ПРИСУТСТВИИ МЕТАЛИЧЕСКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ	267
Стрелкова Ю.Ю., Сальникова Ю. ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ОДНОДОЛЬНЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ Г. КАРАБАШ	270
Стрепетов Д.А. МАКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЗМА БЛАГОРОДНЫХ ОЛЕНЕЙ (SERVUS ELAPHUS) НА ТЕРРИТОРИЯХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН ПРИМОРСКОГО КРАЯ	273
Сушкева Э.С. ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ И ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ	274
Тармёнок Е.О. МИНЕРАЛЬНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ НЕРАСТВОРИМОГО ОСАДКА СНЕГОВОГО ПОКРОВА В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА	275
Тиунова Д.А. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БЕРЕЗЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (BETULA PENDULA L.) И ПОЧВОГРУНТОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЗАВОДА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)	277
Тихомирова А.А. СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКАХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ (ПГТ. ЗЕЛЕНОБОРСК ХМАО-ЮГРА).....	279
Хабарова М.Р. ОРГАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЕ ВЕРХОВОГО ТИПА	280
Храмов А.Е. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ТОМСКА)	282
Цветкова Е.А. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ (Г. УСОЛЬЕ-СИБИРСКОЕ)	283
Чаптаров Д.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	285
Читадзе К.С., Толоконникова З.А. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ КОТХСКОГО ХРЕБТА (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ).....	287
Юсупова А.Р., Кузина Д.М., Захаров Д.С. ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОСАДКОВ ОЗЕР ЮЖНОГО УРАЛА (БОЛЬШОЕ И МАЛОЕ МИАССОВО).....	289

Научное издание

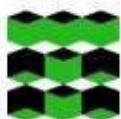
ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

Труды XXVIII Международного молодежного научного симпозиума
имени академика М.А. Усова,
Посвященного 125-летию со дня рождения академика
Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева
и 130-летию со дня рождения члена-корреспондента
Академии наук СССР, профессора Ф.Н. Шахова

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