

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Геологический институт им. Н. Л. Добрецова» Сибирского отделения
Российской академии наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова»

БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

МАТЕРИАЛЫ

*VII Всероссийской молодежной научной конференции,
посвященной 300-летию Российской академии наук
и Десятилетию науки и технологий*

(Улан-Удэ – пос. Максимиха (оз. Байкал), 26–31 августа 2024 г.)

Улан-Удэ
Издательство Бурятского государственного университета имени Доржи Банзарова
2024

УДК 55
ББК 26.3
Б 18

Утверждено ученым советом
Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН
Протокол № 10 от 3 сентября 2024 г.
редакционно-издательским советом Бурятского государственного университета
Протокол № 6 от 8 ноября 2024 г.

Редакционная коллегия

В. С. Ланцева, канд. геол.-минерал. наук
Б. Д.-Ц. Намзалова, канд. биол. наук
М. Л. Москвитина
О. Д.-Ц. Намзалова

Рецензенты

О. Р. Минина, д-р геол.-минерал. наук, зам. директора по научной работе
ГИН им. Н. Л. Добрецова СО РАН
Е. М. Пыжикова, канд. биол. наук, директор Института естественных наук БГУ им. Д. Банзарова

Сборник размещен в системе РИНЦ на платформе
научной электронной библиотеки eLibrary.ru

Б 18 **Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике:** материалы VII Всероссийской молодежной научной конференции. — Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета им. Д. Банзарова, 2024. — 152 с.
ISBN 978-5-9793-1973-5

В сборнике представлены материалы VII Всероссийской Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике, посвященной 300-летию Российской академии наук и Десятилетию науки и технологий. Статьи авторов отражают результаты исследований по широкому кругу вопросов, связанных с общей геологией и геофизикой, магматизмом и геодинамикой, палеонтологией, стратиграфией, региональной геологией, минералогией, металлогенией, рудообразованием, гидрогеологией, геоэкологией. Также обсуждаются возможности применения геофизических методов исследований и геоинформационных технологий.

Издание может быть полезно специалистам различных отраслей геологии и горных наук, аспирантам, студентам геологических специальностей, школьникам.

BAIKAL YOUTH SCIENTIFIC CONFERENCE ON GEOLOGY AND GEOPHYSICS:
Proceedings of the VIIth All-Russian Youth Scientific Conference. — Ulan-Ude: Buryat State University Publishing Department, 2024. — 152 p.
ISBN 978-5-9793-1973-5

The volume presents the materials of the VII All-Russian Baikal Youth Scientific Conference on Geology and Geophysics, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences and the Decade of Science and Technology. The papers reflect the results of research on a wide range of issues related to general geology and geophysics, magmatism and geodynamics, paleontology, stratigraphy, regional geology, mineralogy, metallogeny, ore formation, hydrogeology, and geoecology. The possibilities of using geophysical research methods and geoinformation technologies are also discussed.

The book may be useful to specialists of various branches of geology and mining sciences, postgraduate students, students of geological specialties, and school students.

УДК 55
ББК 26.3

ISBN 978-5-9793-1973-5

© Геологический институт
им. Н. Л. Добрецова СО РАН, 2024
© Бурятский госуниверситет
им. Д. Банзарова, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Аллес Г. А. РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОБАСЕЙНА ТУРГИНО-ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ	8
Бадмажапов Б. Б., Дамдинов Б. Б. МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДООБРАЗОВАНИЯ ОЗЕРНОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	12
Баранова Н. И., Ухлова Г. Д., Лошакова И. Ф. ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТА ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ	15
Бондаренко П. Н., Барыкина О. С., Дылевский К. О. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА КАРАМЫШЕВСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ (г. МОСКВА)	18
Ветлужских Л. И., Скрипников М. С. БИРАМЬИНСКАЯ СВИТА БАРГУЗИНСКОГО ХРЕБТА: СОСТАВ, ОРГАНИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ, СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ	22
Волосов А. С., Хромых С. В. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ДАЙКОВОГО РОЯ КЕРЕГЕТАС, ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН	25
Ворошилов В. А., Царев Р. И., Жуков А. А., Пригара А. М. СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАМЕР БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ МЕТОДАМИ ГЕОФИЗИКИ	28
Гарипова Е. Р., Плюснин А. М. ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУДНИЧНЫХ ВОДАХ И ОТСТОЙНИКАХ БОМ-ГОРХОНСКОГО ГОКА	31
Гонегер Т. А. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ВОЗРАСТ МОНЦОНИТОВ р. КЫДЖИМИТ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ)	34
Гончаров Г. А., Кузина Д. М., Соктоев Б. Р. ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА	37
Дамдинов Б. Б. УСЛОВИЯ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ (ПО ПРИРОДНЫМ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)	40
Дмитриева Н. Г. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТУГНУЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА	43
Журавлев А. И., Округин А. В., Герасимов Б. Б., Лоскутов Е. Е., <u>Кравченко А. А.</u> , Иванов А. И. САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭВОТИНСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО РАЙОНА (АЛДАНО-СТАНОВОЙ ЦИТ)	47
Землянская Н. А. ПАЛЕОЗОЙСКИЕ МОРЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ	50
Иванова Ю. Н. КАРТИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ HARMONIZED LANDSAT SENTINEL-2 ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА	53
Кисельников Ю. В., Проскурнин В. Ф., Шнейдер А. Г. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ КУНАР-СЕРЕБРЯНСКОЙ ПЛОЩАДИ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР)	57
Коровин М. О. УЧЁТ НЕОДНОРОДНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ	61
Ласточкин Е. И., Рампилова М. В., Рампилов М. О. МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛЬШЕИРКИЛИКСКОГО ДИОРИТОВОГО МАССИВА	63
Лисунов Т. М. АКТИВИЗАЦИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТОГЕНЕЗА ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ	66
Маликов Д. Г. ГОРЫ ЮЖНОЙ СИБИРИ КАК ЭКОТОН МАМОНТОВОЙ ФАУНЫ	69
Маликова Е. Л. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ДЮННЫХ МАССИВОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НАДЫМСКОЕ ПРИОБЬЕ)	72
Миронов В. А. ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ: ОСНОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ (НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ГИПОТЕЗ О ГЕНЕЗИСЕ «ЯМАЛЬСКИХ КРАТЕРОВ»)	75
Молукпаева Д. К., Ворошилов В. Г. ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ СОХАТИНОГО ЗОЛОТО-РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА)	78
Москвитина М. Л. LA-ICP-MS АНАЛИЗ ПИРИТОВ ИЗ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД ЗУНХОЛБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)	81
Назихина Н. С., Елбаев А. Л. СТРОЕНИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД БУРГУЙСКОЙ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	84
Наледин Д. А. КАМЕННОУГОЛЬНЫЕ КРИНОИДЕИ ЗАБАЙКАЛЬЯ	86

Намазлы Н. Э. ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕСОГЛАСИЯ И ПЕРЕРЫВЫ В ОСАДКОНАКОПЛЕНИИ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ ОТ СРЕДНЕ-КАСПИЙСКОГО БАССЕЙНА К ЮЖНО-КАСПИЙСКОМУ БАССЕЙНУ МЕТОДОМ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	90
Намзалова Б. Д.-Ц. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	92
Намзалова О. Д.-Ц. МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА-ГОЛОЦЕНА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	95
Николаева А. Н., Мазуров А. К. КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕЛЛУРО-ВИСМУТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В КОЛЧЕДАННЫХ РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ В ОСТРОВОДУЖНЫХ ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)	98
Очирова Л. Р. МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОЛОУСТНЕНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 8 ИЮНЯ 2022 г. в г. УЛАН-УДЭ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)	102
Плюснин А. М. НЕГАТИВНЫЕ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА ВЫЗВАННЫЕ ПОДЪЕМОМ УРОВНЯ ПЛОТИНОЙ ГЭС	105
Предеин П. А., Тубанов Ц. А. ОЦЕНКА МОМЕНТНОЙ МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА ПО ОГИБАЮЩЕЙ КОДА-ВОЛН	110
Рампилов М. О. ВОЛЬФРАМОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ	112
Реутский В. Н. ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА ПРИ АЛМАЗОБРАЗОВАНИИ	115
Сальная Н. В., Иосифиди А. Г. ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ДЕВОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: АНАЛИЗ ДАННЫХ И НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	118
Сальная Н. В., Корзинова А. С. АНАЛИЗ СВЯЗИ ПЕТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗОВ ДЕВОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ	121
Сат С. А., Аюржанаев А. А., Андреев С. Г. РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОРИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 300 ЛЕТ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ (БАССЕЙН Р. ЧИКОЙ)	123
Соктоев Б. Р. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АНТРОПОГЕННЫХ КАРБОНАТАХ	126
Украинцев А. В., Плюснин А. М. ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	129
Чередова Т. В., Зимин Е. С. МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ НА СВАЛКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ	132
Черных В. Н., Содномов Б. В., Жарникова М. А. СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАЛЕДЕЙ В СЕВЕРНОЙ (РОССИЙСКОЙ) ЧАСТИ БАССЕЙНА Р. СЕЛЕНГА	135
Чернявский М. К. ХОЛОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ БУРЯТИИ	138
Чукова Е. И., Константинов С. А., Ухлова Г. Д. ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ	141
Шевырев С. Л. ЛИНЕАМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ В РУЛЕФА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА КАРЛИНСКОГО ТИПА	144
Юргенсон Г. А., Груздев Р. В. ФАКТОРЫ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТО-МЕДНО-МОЛИБДЕН ПОРФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ШАХТАМИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)	147
Erdenejargal Ch., Narantsetseg Ts., Vandan-Osor R., Baatarchuluun O., Damdinjav B. THE DETRITAL ZIRCON U-PB AGES AND GEOCHEMISTRY OF SANDSTONE AND VOLCANIC ROCKS OF THE DUCHGOL FORMATION, NORTH-EASTERN MONGOLIA	150

ПРЕДИСЛОВИЕ

VII Всероссийская Байкальская молодёжная научная конференция по геологии и геофизике, посвященная 300-летию Российской академии наук и Десятилетию науки и технологий состоялась в г. Улан-Удэ и пос. Максимиха (оз. Байкал) с 26 по 31 августа 2024 г.

Конференция была организована Геологическим институтом им. Н. Л. Добрецова СО РАН (ГИН СО РАН) и Бурятским государственным университетом имени Доржи Банзарова (БГУ) при финансовой поддержке ведущих горнодобывающих предприятий Республики Бурятия – ООО «Артель старателей Западная», ООО «Прииск Ципиканский», АО «Забайкальское горнорудное предприятие», ООО «ВВС», ООО «Байкал Золото Романовский», а также Бурятского отделения ПАО «Сбербанк», ПК «Эндемик», Бурятского отделения Российского минералогического общества. Партнерами мероприятия выступили ООО «Озерное» и РОО «Совет молодых ученых Республики Бурятия».

В работе конференции приняли участие более 70 человек, из них с докладами – 59 ученых из России (Улан-Удэ, Чита, Якутск, Новосибирск, Владивосток, Москва, Санкт-Петербург, Пермь, Томск, Ханты-Мансийск) и стран ближнего зарубежья – Монголии (Улан-Батор) и Азербайджана (Баку).

Торжественное открытие конференции проходило 26 августа в конференц-зале ГИН СО РАН, где с приветственными словами выступили: д.г.-м.н., директор ГИН СО РАН А. А. Цыганков, д.и.н., проректор по научной работе БГУ В.В.Номогоева, член-корр. РАН, профессор, д.г.м.-н. И. В. Гордиенко, к.э.н., руководитель отдела геологии и лицензирования Департамента по недропользованию по Республике Бурятия Е. П. Чукреев, к.и.н., начальник отдела науки и высшей школы Министерства образования и науки Республики Бурятия М. В. Елбаева.

На пленарном заседании заслушаны доклады ведущих российских ученых – д.г.-м.н. А. А. Цыганкова (Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ), д.г.-м.н. Г. А. Юргенсона (Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита), член-корр. РАН, д.г.-м.н. В. Ю. Фридовского (Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск), д.г.-м.н., профессора РАН В. Н. Реутского (Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск), д.г.-м.н., профессора РАН С. В. Хромых (Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск), д.г.-м.н. Б. Б. Дамдинова (Центральный научно-исследовательский институт цветных и благородных металлов, г. Москва).

Рабочие заседания конференции проходили с 27 по 31 августа на базе пансионата БГУ «Байкал» в пос. Максимиха, где молодые ученые рассказали о результатах исследований и новых идеях по широкому кругу фундаментальных и прикладных проблем в области наук о Земле. Программа конференции включала следующие секции: «Металлогения и рудообразование», «Магматизм и геодинамика. Минералогия», «Гидрогеология и геоэкология», «Региональная геология, палеонтология и стратиграфия», «Геофизические методы исследования и геoinформационные технологии».

Секцию «Региональная геология, палеонтология и стратиграфия» открывал пленарный доклад заведующей Забайкальским сектором Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского (г. Санкт-Петербург), к.г.-м.н. А. В. Куриленко «О роли стратиграфических исследований при изучении геологического строения Забайкалья». На секции с расширенным докладом «Горы Южной Сибири как экотон мамонтовой фауны» выступил к.г.-м.н. Д. Г. Маликов (Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, г. Новосибирск). Также на секции были прослушаны доклады по результатам палеонтологических исследований, изучению эоловых отложений современных дюнных массивов Западной Сибири и исследованиям перспектив нефтегазоносности Анабарской антеклизы.

Секция «Магматизм и геодинамика. Минералогия» началась с лекции к.г.-м.н. Е. В. Кислова (Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ) о чёрном

нефрите. В работе секции обсуждались вопросы строения, минерального состава и геохимических характеристик магматических пород Забайкалья. Большой интерес вызвал доклад монгольского ученого Erdenejargal Choindonjamts (Институт геологии Монгольской Академии Наук, г. Улан-Батор): «The detrital zircon U-Pb ages geochemistry of sandstone and volcanic rocks of the duchgol formation, north-eastern Mongolia».

Доклады секции «Металлогения и рудообразование» были посвящены актуальным вопросам геологических и генетических аспектов в изучении месторождений черных и цветных металлов, минералогии, геохимии и условиям рудообразования. С пленарными докладами выступили ученые Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ) д.г.-м.н. О. Р. Минина о генезисе и времени формирования руд крупнейшего в России Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения и к.г.-м.н. Л. Б. Дамдинова о минеральном составе и условиях формирования молибденовых руд Булуктаевского Мо-W месторождения.

В докладах секции «Гидрогеология и геоэкология» рассматривались актуальные вопросы изучения поверхностных, подземных и термальных вод, а также геологических процессов, которые с ними связаны. Прозвучали доклады, затрагивающие актуальные в наше время вопросы по геоэкологии, промышленной экологии и инженерной геологии. Секция началась с пленарного доклада от к.г.-м.н. М. К. Чернявского (Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ) на тему «Холодные минеральные источники».

Секцию «Геофизические методы исследования и геоинформационные технологии» открыла лекция д.г.-м.н. А. М. Плюснина (Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ) «Негативные физико-геологические явления на Восточном побережье Байкала вызванные подъемом уровня плотинной ГЭС». Тематика докладов, представленных на секции, охватила широкий спектр исследований по геофизике, палеомагнетизму, интерпретации геолого-геофизических данных, разработкам методологических основ для прогнозирования месторождений полезных ископаемых. Прозвучало несколько докладов о проявлениях сейсмической активности в пределах Байкальской рифтовой системы.

Впервые в рамках Всероссийской Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике состоялась научно-исследовательская школа «Юный геолог», где были представлены доклады самых молодых и начинающих исследователей из пос. Саган-Нур Республики Бурятия (руководитель Г. Д. Чимитов) и г. Чита Забайкальского края (руководители клуба «Юный геолог» Н. Г. Ядрищенская, к.г.-м.н. А. В. Куриленко). Школьники продемонстрировали глубокие знания в области палеонтологии и стратиграфии Забайкалья, а также геоэкологии и минералогии Байкальского региона.

В рамках научно-исследовательской школы «Юный геолог» ежедневно проводились познавательные лекции и обучающие мастер-классы для начинающих молодых ученых. Такие как: «История развития органического мира Земли» (ведущий к.г.-м.н. М. С. Скрипников, ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ), «Палеонтология позвоночных как инструмент в понимании функционирования древних экосистем» (ведущий к.г.-м.н. Д. Г. Маликов, ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), «Пробоподготовка природных вод и их основные физико-химические показатели» (ведущий к.г.-м.н. А. В. Украинцев, ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ). По многочисленным просьбам участников Программа научно-исследовательской школы была дополнена лекцией д.г.-м.н. А. М. Плюснина (ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ) «Феномен Байкала – взгляд из ГОА «Мир»».

Во время работы VII Всероссийской Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике был проведен Конкурс на лучший научный доклад. Победители награждены дипломами и ценными призами, любезно предоставленными партнером конференции ООО «Озерное».

Дипломом I степени награждена Полина Бондаренко (МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва) за доклад «Инженерно-геологическая характеристика потенциально оползневого склона Карамышевской набережной». Дипломом II степени – Сайгаа Сат (БИП СО РАН, г. Улан-Удэ) за доклад «Реконструкция гидротермического режима с использованием исто-

рической древесины за последние 300 лет в Восточном Забайкалье (бассейн р. Чикой)». Дипломом III степени – Анастасия Николаева (НИ ТПУ, г. Томск) за доклад «Комплексное исследование распределения теллуру-висмутовой минерализации в колчеданных рудах месторождений, сформированных в островодужных палеогеодинамических обстановках (Республика Казахстан).

В дни работы конференции были организованы: полевая геологическая экскурсия «Гранитоиды и базиты Ангаро-Витимского батолита» (руководитель к.г.-м.н. М. О. Рампилов) и обзорная экскурсия по г. Улан-Удэ.

В рамках конференции в холле Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН была подготовлена Выставка-продажа научных изданий и методических пособий сотрудников ГИН СО РАН и педагогов БГУ, посвященная Десятилетию науки и технологий.

Состав участников конференции по отраслевой принадлежности представлен следующим образом:

из академических институтов: Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН (Улан-Удэ) – 19 человек, Байкальский институт природопользования СО РАН (Улан-Удэ) – 3 человека, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (Чита) – 1 человек, Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН (Якутск) – 2 человека, Геологический институт РАН (Москва) – 2 человека, Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН (Новосибирск) – 3 человека, Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН (Новосибирск) – 1 человек, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (Москва) – 1 человек, Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (Владивосток) – 1 человек, Institute of geology of Mongolian Academy of Sciences (Mongolia, Ulanbaatar) – 1 человек:

из НИИ: Центральный научно-исследовательский Геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (Москва) – 1 человек, Всероссийский научно-исследовательский Геологический институт им. А.П. Карпинского (Санкт-Петербург) – 1 человек, Всероссийский научно-исследовательский Геологический нефтяной институт (Москва) – 2 человека, АО «ВНИИ Галургии» (Пермь) – 1 человек;

из ВУЗов: Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова (Улан-Удэ) – 1 человек, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск) – 5 человек, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Москва) – 2 человека;

из других организаций: «Музей Природы и Человека» (Ханты-Мансийск) – 1 человек, клуб «Юный геолог» (Чита) – 6 человек, Саган-Нурская средняя общеобразовательная школа (Саган-Нур) – 5 человек.

Оргкомитет VII Всероссийской Байкальской молодежной научной конференции по геологии и геофизике, посвященной 300-летию Российской академии наук и Десятилетию науки и технологий выражает благодарность и признательность администрации Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Бурятского государственного университета им. Доржи Банзарова, руководству ООО «Артель старателей Западная», ООО «Прииск Ципиканский», АО «Забайкальское горнорудное предприятие», Бурятского отделения ПАО «Сбербанк», ООО «ВВС», ООО «Байкал Золото Романовский», ПК «Эндемик», Бурятского отделения Российского минералогического общества, ООО «Озерное» и РОО «Совет молодых ученых Республики Бурятия», финансовая и информационная поддержка которых способствовала проведению конференции, а также к.б.н., директору Института естественных наук БГУ (ИЕН БГУ) Е. М. Пыжиковой, к.б.н., зам. директора по научной работе ИЕН БГУ Е. Н. Бадмаевой, редакционно-издательскому отделу БГУ за участие в издании данного сборника. Особую благодарность оргкомитет выражает руководителю отдела геологии и лицензирования Департамента по недропользованию по Республике Бурятия (Бурятнедра) к.э.н. Е. П. Чукрееву и заведующему Инженерным центром ГИН СО РАН к.г.-м.н. И. Г. Татькову за всестороннюю поддержку и оказанное содействие в организации конференции.

С уважением Оргкомитет конференции

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОБАСЕЙНА ТУРГИНО-ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ

Г. А. Аллес

клуб «Юный Геолог», Чита, Россия, berrog.contact@gmail.com

Аннотация. Обобщены результаты изучения предшественниками ископаемых фаунистических и флористических остатков «обнажения Миддендорфа», расположенного в Тургино-Харанорской впадине. Обнажение известно по находкам рыб, насекомых, конхострак, остракод, гастропод и растений хорошей сохранности. Нижнемеловые (баррем-апт) отложения Забайкалья выделены в тургинскую свиту и известны за пределами региона как Слои с *Lycoptera*. Автором предложена реконструкция палеобасейна Тургино-Харанорской впадины. В раннемеловой период на месте «Обнажения Миддендорфа» находились мелкие озера с глинистым дном и чистой или слабо загрязнённой водой, о чём говорят многочисленные находки личинок подёнок, которые чаще всего обитают в чистой воде; климат был теплоумеренным и влажным. Вулканический пепел, попавший в озера от действующих в окружении впадины вулканов, вероятно, вызвал массовую гибель всех обитателей водоёмов. Тургинская биота хорошо коррелируется с одновозрастными ископаемыми остатками Азии. Фауна и флора этого возрастного уровня впервые обнаружена в Забайкалье и лишь позднее в Китае, Японии и Монголии.

Ключевые слова: Забайкалье, нижний мел, межгорная впадина, флора, фауна, континентальные отложения.

TURGA-KHARANOR PALEOBASIN RECONSTRUCTION

G. A. Alles

«Yuniy Geolog» Club, Chita, Russia, berrog.contact@gmail.com

Abstract. The results of study a faunistic and floristic collection study of the Turga-Kharanor intermontane Basin by predecessors are presented. The Lower Cretaceous sediments of Transbaikal are united into the Turga Formation (Barremian and Aptian), characterized by very numerous faunistic and floristic remains and known as *Lycoptera* Beds. Besides fishes the Turga-Kharanor Basin is well-known for remains of insects, conchostracans, ostracods, mollusks and plants of great preservation. Turga-Kharanor paleobasin reconstruction has been made by author. In Early Cretaceous in the place of the «Middendorf's Outcrop» there were tiny lakes with clay bottoms and clean or mildly contaminated water, as evidenced by many findings of mayflies larvae, which mostly live in clean water; the climate was warm-temperate and moist. Volcanic ash that was getting into the lakes from active volcanoes, located in the hollow's surroundings probably caused a mass extinction of all the pond dwellers. The Turga biota is well-correlated with the similar aged sites of fossil remains in Asia. The fauna and the floristic remains of such age level were first discovered in Transbaikal and only later in China, Japan and Mongolia.

Keywords: Transbaikal, Lower Cretaceous, intermountain Basin, flora, fauna, continental deposits.

В Забайкальском крае находится геологический памятник «Тургинские рыбные сланцы», расположенный на правом берегу р. Турга, правого притока р. Онон, в 1,5 км ниже устья р. Бырка (рис. 1). Обнажение приурочено к северной части Тургино-Харанорской впадины, где выходят на поверхность аргиллиты и алевролиты тургинской свиты нижнего мела. В середине 19 века (1846–1848 гг.) здесь сделаны самые первые находки ископаемых органических остатков в Забайкалье, которые были переданы для изучения российскому путешественнику и натуралисту А.Ф. Миддендорфу во время его Забайкальской экспедиции, в результате чего данное местонахождение часто называют «Обнажением Миддендорфа». Эти отложения описывают как «бумажные» или «рыбные сланцы» [2], т. к. они содержат многочисленные остатки рыб, насекомых, конхострак, остракод, гастропод и растений хорошей сохранности. Именно благодаря остаткам рыб «Обнажение Миддендорфа» широко известно за пределами Забайкалья.

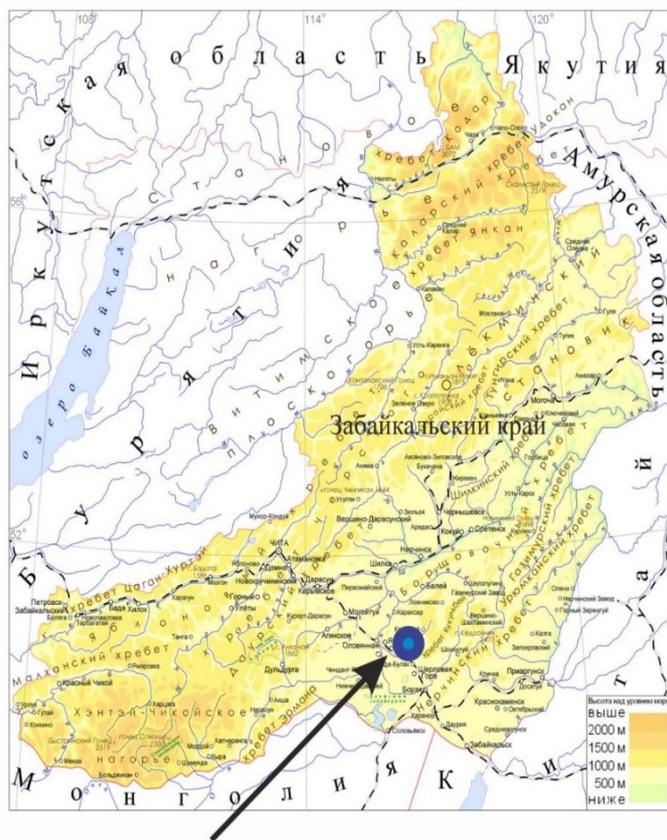


Рис. 1. Местоположение геологического памятника «Тургинские рыбные сланцы».

Работа автора направлена на изучение коллекции фаунистических и флористических остатков Тургино-Харанорской впадины, находящейся в экспозиции Музея Забайкальского филиала ФБУ «ГФГИ по ДФО», г. Чита. Изучено 32 образца с отпечатками рыб, насекомых (стрекоз, комаров, личинок поденок, домиков ручейников), остракод, конхострак, гастропод и флоры.

Рыбы в «Обнажении Миддендорфа» представлены целыми скелетами, жаберными крышками, плавниками и чешуей. Самыми распространенными являются Ликоптеры (*Lycoptera*) – род вымерших рыб (рис. 2). Костистые рыбы *Lycoptera middendorffii* Müller захороняются как в виде фрагментов скелетов, так и целыми скелетами с чешуёй и всеми костными остатками. Часто встречаются напластования скелетов ликоптер. Чаще всего это небольшие рыбки, до 12 см в длину. Ликоптера – одна из самых многочисленных рыб раннемелового периода, найденных на территории Сибири (Россия), Ляонина (Китай), Монголии и Кореи. Описано около 16 видов рода *Lycoptera*.



Рис.2. Отпечатки рыб *Lycoptera middendorffii* Müller.

В 1910 г. О. Рейс из этого же местонахождения описал новый род и вид рыб – *Stichopterus woodwardi* Beiss. В конце 1960-х и начале 1970-х гг. В.Н. Яковлевым определены ещё два новых рода – *Irenichthys* и *Turgoniscus* [2, 4]. Палеонтологи обратили внимание, что остатки рыб зачастую находятся в скрюченном состоянии, и предположили, что животные могли погибнуть из-за попадания в озеро горячего пепла, выброшенного вулканом [4].

Гастроподы (брюхоногие моллюски) также определены в составе пресноводного бентоса Тургино-Харанорского бассейна. Они представлены отпечатками и ядрами мелких форм с конической раковиной, имеющей 3–4 завитка.

Конхостраки (листоногие рачки) из «Обнажения Миддендорфа» отнесены к одному виду *Eosestheria middendorffii* (Jones). Они наиболее многочисленны в описываемом местонахождении и представлены напластованиями отпечатков с редким сохранением хитинового слоя.

Остракоды – ракушковые рачки. Их тело заключено в двустворчатую хитиновую раковину, иногда известково-хитиновую, прозрачную или непрозрачную чечевицеобразной формы. Они очень мелкие. В «Обнажении Миддендорфа» встречаются как массово, так и в единичных захоронениях.

В отложениях памятника природы «Тургинские рыбные сланцы» найдены многочисленные остатки насекомых – подёнок, комаров, жуков, стрекоз, ручейников [3].

Подёнки – древний отряд крылатых насекомых. Личинки поденок в «Обнажении Миддендорфа» встречаются часто и принадлежат одному виду – *Ephemeropsis trisetalis* Eichwald. Представлены крупными экземплярами, которые достигают 3–6 см в длину [5].

Стрекозы – насекомые, относящиеся к типу амфибионтов, то есть живых организмов, успешно приспособившихся к жизни в двух средах. Яйца и личинки развиваются в воде, а взрослые насекомые (имаго) живут на суше. В «Обнажении Миддендорфа» встречены как взрослые особи, так и личинки.

Ручейники – отряд насекомых с полным превращением и водными личинками. Почти все личинки ручейников строят чехлик или домик. Взрослые насекомые (имаго) ручейников – исключительно наземные насекомые, они обитают в тростниках и в траве на берегу водоемов. Личинки ручейников встречаются во всех типах водоемов, но наиболее разнообразны они в реках и ручьях, где распространены практически на всех субстратах. В «Обнажении Миддендорфа» домики ручейников построены из мелких песчинок (*Terrindusia*), травы (*Folindusia*) и мелких остракод (*Ostracindusia*).

Для растительных остатков, найденных в «Обнажении Миддендорфа», характерна фрагментарность, преобладание семян, летучек и чешуи хвойных, что говорит об их дальнем переносе, преимущественно ветром. Определенные остатки представлены: *Equisetum* sp., *Coniopteris* cf. *setacea* Vachrameev, *Otozamites lacustris* Krassilov, *Czekanowskia* ex.gr. *rigida* Heer, *Pseudolarix erensis* Krassilov, *Baisia hirsuta* Krassilov и др. Местонахождение с *Otozamites lacustris* на р. Турга – самое северное для этого рода, обычно растущего в субтропической зоне [1].

Анализ литературы позволил автору сопоставить условия обитания современной и раннемеловой фауны, а также попытаться реконструировать палеобассейн Тургино-Харанорской впадины, сложенной нижнемеловыми породами.

В раннемеловой период климат здесь был теплоумеренным и влажным. На месте «Обнажения Миддендорфа» находились мелкие озера с глинистым дном и чистой или слабо загрязнённой водой, о чём говорят многочисленные находки личинок подёнок, которые чаще всего обитают в чистой воде [5]. В этих озерах плавали многочисленные рыбы, парили остракоды и зарывались в ил конхостраки. В зарослях водных растений, в слабопроточных водах жили мелкие гастроподы и ручейники. Редкие деревья росли далеко от озера, а их листья и семена были принесены к месту захоронения ветром. Вулканический пепел, попадавший в озера от действующих в окружении впадины вулканов, вероятно, вызвал массовую гибель всех обитателей водоемов.

Тургинская биота хорошо коррелируется с одновозрастными местонахождениями ископаемых остатков Азии. Фауна и растительные остатки этого возрастного уровня впервые об-

наружены в Забайкалье и лишь позднее в Китае, Японии и Монголии. Органические остатки забайкальского разреза, а также его литологическое строение близки формациям Исянь (Yixian) и Цзюфотан (Jiufotang) Китая, рассматриваемым в составе группы Джехол (Jehol), и цаган-цабской свите Монголии [1]. Биота «Джехол» широко известна уникальными находками оперенных динозавров, птиц, млекопитающих, следовательно, можно предполагать, что территория памятника природы «Тургинские рыбные сланцы» является перспективной площадью для поисков остатков динозавров в регионе.

Автор благодарен преподавателям клуба «Юный геолог» (г. Чита) Н. Г. Ядрищенской и А. В. Курilenko за помощь в написании статьи.

Литература

1. Бугдаева Е. В. Флора и корреляция тургинских слоёв Забайкалья // Геология и геофизика. 1984. № 11.
2. Рейс О. Фауна рыбных сланцев Забайкальской области // Геологические исследования и развитие работы по линии Сибирской ж.д. Санкт-Петербург, 1910. Вып. 29.
3. Расницын А. П. Позднемезозойские насекомые Восточного Забайкалья. Москва: Наука, 1990. 223 с.
4. Савельева П. Ю. Ископаемая ихтиофауна Забайкалья // Студент и научно-технический прогресс: материалы XLI Международной научной студенческой конференции. Новосибирск, 2003.
5. Синиченкова Н. Д. Поденки. Ephemera // Позднемезозойские насекомые Восточного Забайкалья. Москва: Наука, 1990.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДООБРАЗОВАНИЯ ОЗЕРНОГО КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Б. Б. Бадмажапов, Б. Б. Дамдинов

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
badmazapovbato@gmail.com, damdinov@mail.ru

Аннотация. В работе было рассмотрено Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение. Для выявления особенностей минералов рудной залежи исследовался разрез скважины OZGM-007 этого месторождения. Среди главных рудных минералов преобладали пирит, сфалерит и галенит. В меньшем количестве присутствовали халькопирит, арсенопирит, пирротин и гематит. Были получены данные о составе минералов с помощью сканирующего микроскопа. Исследования проводились на горизонте от 134,3 до 171,7 метров. Эти данные помогут выявить особенности минералов, Специфичность и необычность внутреннего строения минеральных агрегатов и текстурного рисунка первичных руд, достаточно хорошо сохранившихся в условиях слабого метаморфизма, а также проследить эволюцию формирования зерен минералов от осаждения сульфидных гелей до конечных метакристаллов показывая очень сложную природу эволюции рудообразования. Данные содержания микропримесей в сульфидах были определены методом LA-ICP-MS в ИГЕМ РАН, где в различные генерации минералов разобраны и имеют отличимые содержания полезных элементов что, позволяет судить о различных этапах оруденения.

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

MINERALOGICAL FEATURES OF ORE FORMATION OF THE LAKE PYRITE-POLYMETALLIC DEPOSIT

B. B. Badmazhapov, B. B. Damdinov

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
badmazapovbato@gmail.com, damdinov@mail.ru

Abstract. The paper considered the Lake pyrite-polymetallic deposit. To identify the features of the minerals of the ore deposit, the section of the OZGM-007 well of this deposit was studied. Pyrite, sphalerite and galena predominated among the main ore minerals. Chalcopyrite, arsenopyrite, pyrrhotite and hematite were present in smaller amounts. Data on the composition of minerals were obtained using a scanning microscope. The research was carried out on the horizon from 134.3 to 171.7 meters. These data will help to identify the features of minerals, the specificity and strangeness of the internal structure of mineral aggregates and the textural pattern of primary ores, which are quite well preserved in conditions of weak metamorphism, as well as to trace the evolution of the formation of mineral grains from the deposition of sulfide gels to the final metacrystals, showing the very complex nature of the evolution of ore formation. The data on the content of trace impurities in sulfides were determined by the LA-ICP-MS method at IGEM RAS, where in various generations.

Keywords: Ozernoye deposit, pyrite, Yeravninsky ore district, internal structure, ore deposit.

Озерное свинцово-цинковое месторождение находится в Еравнинском районе Бурятской Республики. Оно расположено в пределах Озернинского рудного узла Еравнинского рудного района [1; 2]. В тектоническом плане Еравнинский рудный район относится к Удино-Витимской зоне палеозоид Байкало-Витимской складчатой системы [4]. Для этой территории характерно циклическое развитие, объединяющее вещественные комплексы каледонского, раннегерцинского и позднегерцинского структурных этажей, которые формировались в разных геодинамических условиях.

Все породы разреза Озернинского рудного узла в той или иной степени насыщены сульфидами, в основном пиритом. Сульфидные рудные тела приурочены к нескольким уровням разреза рудовмещающей толщи и представляют собой серию пластовых и пластообразных залежей, разделённых безрудными слоями осадочных и вулканокластических пород мощностью от 5 до 30 метров.

Пробы были отобраны в 2022-2023 году из керна скважины OZGM-0007 на Озерном колчеданно-полиметаллическом месторождении. Образцы представляли собой слоистые, брек-

чиевые, массивные, жильные руды с различной степенью метасоматического и метаморфического преобразования.

Химические составы минералов были определены с использованием сканирующего электронного микроскопа Leo-1430 с приставкой для количественного анализа Inca-Energy. содержания микропримесей в сульфидах были определены методом LA-ICP-MS в ИГЕМ РАН. Аналитические исследования выполнены в Центре коллективного пользования «Геоспектр» Геологического института СО РАН в городе Улан-Удэ.

Для выяснения условий образования рудных минералов исследовался разрез скважины OZGM-007 Озерного месторождения. Изучение объекта проводилось в интервале 83 метров, на горизонтах от +96,6 до +180 метров, и охватывает все типы руд, также исследовались образцы, полученные с самого карьера месторождения.

Разрез скважины состоит из переслаивания туфитов, туфопесчаников, диабазовых порфиров, колчеданно-полиметаллических руд и известковой брекчии с горизонтами полосчатых и брекчиевых руд. Мощность рудных прослоев достигает до 40 метров.

Среди главных рудных минералов преобладают пирит, сфалерит и галенит. В меньших количествах присутствуют халькопирит, арсенопирит, пирротин и гематит.

Пирит наблюдается в трёх генерациях. Пирит-I (осадочно-диагенетический) встречается очень редко. Он представлен сфалерит-галенит-пиритовой почкой или скорее сульфидным гелем размером до 300 мкм. Для пирита-I характерно среднее содержание примесей As (500 ppm) в среднем, отмечаются примеси Ag-700 ppm, Sb-1240, Cd-540, но низкие Cu (12-30 ppm).

Пирит-II (кристаллически-зернистый) где происходило разделение сфалерита и галенита и формирование идиоморфных и гипидиоморфных зерен пирита и цементированием их сфалеритом и галенитом, во всех массивных рудах. Для него характерна пентагон-додекаэдрическая форма кристаллов, размеры достигают в среднем 200 мкм. Для пирита-II установлена уменьшение доли примеси Ag до 30 ppm. Отмечены также незначительные примеси Ga и Ge и Sb до 57 ppm, теряя в содержании значительную часть полезных элементов.

Пирит-III является основным минералом сульфидной ассоциации; он как правило образует гипидиоморфные выделения в сульфидных рудах в ассоциации со сфалеритом, халькопиритом и галенитом, где последующим происходит укрупнение кристаллов пирита в более крупный бесформенный. Для данного морфологического типа встречаются аномальные показатели Mn до 90000 ppm, наблюдаются примеси Ag-200 ppm, Sb-30, Cd-70 и незначительные примеси Ga, Ge, Mo, V, но теряет практически весь Pb-Zn.

Сфалерит встречается в разных формах: как цемент для пирита-I в мелкозернистых полосчатых рудах, как прожилковидные выделения с неровной и шероховатой поверхностью, интенсивно замещающие кристаллы арсенопирита. Крупные агрегаты сфалерита также присутствуют в кварц-сульфидных прожилках. На всей площади крупных выделений сфалерита наблюдается эмульсионная вкрапленность халькопирита. Кроме того, сфалерит, как и другие рудные минералы, диагностируется как включения в пирите.

Арсенопирит представлен кристаллами ромбообразной и угловатой формы с ровными границами. Часто он развивается в кварцевых или кварц-сульфидных микропрожилках. Размер кристаллов арсенопирита варьирует от 0,1 до 1 миллиметра.

Халькопирит встречается в виде редких зёрен угловатой и неправильной формы, размером до 150 микрометров, преимущественно в кварц-сульфидных прожилках. В полосчатых мелкозернистых рудах халькопирит не наблюдается. Кроме того, этот минерал диагностируется в виде эмульсионной вкрапленности в сфалерите из кварц-сульфидных прожилков. Часто халькопирит встречается в сростках с галенитом.

Исследования показали, что в рудном слое происходят изменения состава руд и содержания полезных элементов, что при осаждении сульфидных гелей смешанного состава происходило разделение минералов на различные ассоциации где с последующим вследствие перекристаллизации выходило укрупнению сульфидных руд с захватом в себе зерен основных

полезных минералов сфалерита и галенита где также повреждается данными термобарогеохимических исследований [3], формирование жил и брекчии в дальнейшем требуют исследований.

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

Литература

1. Гордиенко И. В., Нефедьев М. А. Курбино-Еравнинский рудный район Западного Забайкалья: геолого-геофизическое строение, типы рудных месторождений, прогнозная оценка и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2015. Т 57, № 2. С. 114–124.

2. История развития Удино-Витимской островодужной системы Забайкальского сектора Палеоазиатского океана в позднем палеозое / И. В. Гордиенко, А. Н. Булгатов, С. В. Руженцев и др. // Геология и Геофизика. 2010. № 5. С. 589–614.

3. Условия формирования перекристаллизованных руд Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье, Россия) / Л. Б. Дамдинова, Б. Б. Дамдинов, И. В. Викентьев, В. Н. Реутский // Геология рудных месторождений. 2024. Т. 66, № 2. С. 136–149.

4. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) / О. Р. Мина, Н. А. Доронина, Г. Е. Некрасов и др. // Геотектоника. 2016. № 3. С. 63–84.

ОСОБЕННОСТИ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТА ПО ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ

Н. И. Баранова*, Г. Д. Ухлоva, И. Ф. Лошакова

Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия

*baranova_n@vnigni.ru; info@vnigni.ru

Аннотация. Охарактеризованы особенности картографического обеспечения геологоразведочных работ на примере данных Енисей-Хатангской нефтегазоносной области. Приведены основные принципы формирования геолого-геофизической изученности для дальнейшего решения производственных задач внутри организации. Предложена типовая структура ГИС-проекта, состоящая из тематических блоков. Отмечена важность верификации отдельно взятых слоев при проектировании баз данных отдельно взятого проекта.

Ключевые слова: база геоданных, геопространственные данные, геологоразведочные работы, геофизические исследования, геофизическое картографирование, картографическое обеспечение.

FEATURES OF CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR THE FORMATION OF A PROJECT FOR THE INTERPRETATION OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA ON THE EXAMPLE OF THE YENISEY-KHATANGA OIL AND GAS REGION

N. I. Baranova*, G. D. Uhlova, I. F. Loshakova

All-Russian Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia

*baranova_n@vnigni.ru; info@vnigni.ru

Abstract. The authors characterize the features of cartographic support for geological exploration using the example of data from the Yenisey-Khatanga oil and gas region. The basic principles of the formation of geological and geophysical knowledge for further solving production tasks within the organization are given. A typical GIS project structure consisting of thematic blocks is proposed. The importance of verification of individual layers in the design of databases of a single project is noted.

Keywords: geodata database, geospatial data, geological exploration, geophysical research, geophysical mapping, cartographic support.

При проектировании и проведении геолого-разведочных (далее – ГРП) и сопутствующих работ специалисту приходится работать с большим массивом разнородной информации. Эффективность работы предприятий нефтегазовой сферы в современном мире во многом зависит от своевременного предоставления архивной информации межотраслевого характера, включающей в себя геолого-геофизическую и топографическую изученность региона.

Сбор, систематизация и хранение собранных данных является ключевой задачей картографического обеспечения ГРП. При этом нужно учитывать, что часть информации до сих пор хранится в аналоговом виде, а часть – в разрозненных архивах внутри отдельно взятой организации. В связи с этим на начальных этапах работы по сбору и анализу имеющихся данных специалистам приходится каждый раз тратить время на сбор уже ранее использованных материалов [1].

В связи с этим геоинформационные системы (далее – ГИС) являются универсальным средством для удобной работы с разрозненной пространственной информацией. Основная работа в ГИС ведется при помощи геоинформационных баз данных, благодаря которым результаты исследований можно структурировать и использовать широкому кругу специалистов, которые ранее не сталкивались с данными программами. Геоинформационная база данных (далее – БД) является современным инструментом для инвентаризации различных пространственных и атрибутивных данных. В отечественном производстве есть немало при-

меров использования БД как инструмента для анализа и более наглядной визуализации результатов исследований [2].

В настоящем докладе на примере Енисей-Хатангской нефтегазоносной области изложены основные принципы формирования геолого-геофизической изученности для дальнейшего решения производственных задач внутри организации. Енисей-Хатангская нефтегазоносная область является частью обширной арктической зоны Российской Федерации, и ее изучение неразрывно связано с геологоразведочными работами, проводимыми на ней и прилегающих территориях (рис. 1).

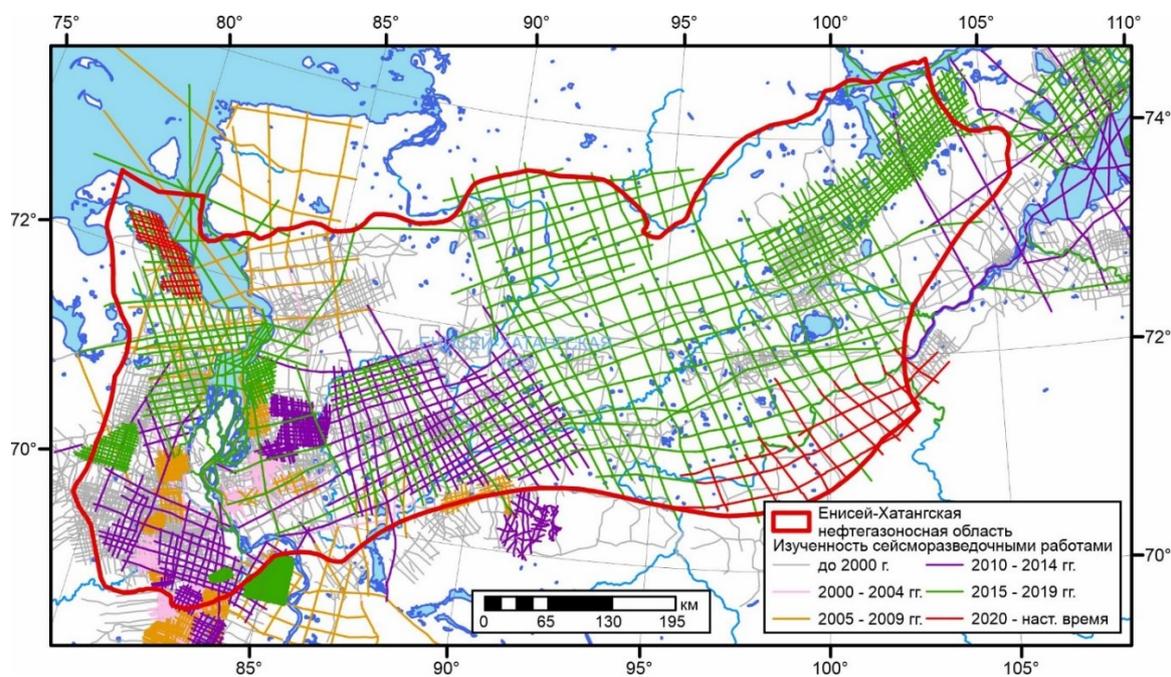


Рис 1. Изученность сейсморазведочными работами

При проектировании ГРП используются различные виды геопространственных данных, классификация которых может быть основана на нескольких принципах [2]. При проектировании структуры БД по региональным работам удобнее классифицировать информацию тематически или территориально, чтобы у пользователя в дальнейшем не возникло проблем с поиском информации.

На основании вышесказанного предлагается включать в состав ГИС-проекта следующие блоки геоданных, представленные на рисунке основной структуры базы данных (рис. 2).

При проектировании самого проекта стоит учитывать протяженность территории исследования и пространственную привязку объектов, а также удобство визуализации информации путем создания картографических произведений. В связи с этим большая часть данных хранится в географической проекции Пулково 1942. Однако, некоторые слои, особенно растры и гриды представлены в их исходной проекции, что обусловлено соображениями сохранности и качества данных и трудоемкостью перепроецирования.

Апробация предложенной структуры базы геоданных выполнена в рамках картографического обеспечения ГРП ФГБУ «ВНИГНИ». Вся исходная атрибутивная информация формируется из открытых источников (слои изученности Росгеолфонда и пр.) и других данных, которые есть в наличии (ГИС-проекты по ранее проведенным на территории работам, графические приложения с изученностью из отчетов, полученных от сторонних организаций).

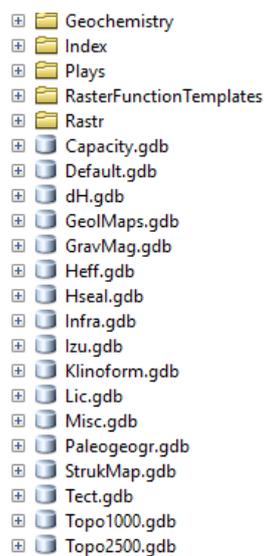


Рис 2. Основная структура базы данных

Верификация данных проводится за счет привязки графических приложений и иллюстраций из отчетов. Проверяется правильность расположения профиля, отсутствие ошибок геометрии, номер профиля. Дополняется таблица атрибутов за счет информации из графических приложений и отчетов. Из отчетов можно получить такую информацию как: кратность, метод съемки, масштаб работ, название и номер партии.

Производится удаление дубликатов и верификация первоначального источника данных о съемке. Многие профили в слое изученности Росгеолфонда попадают туда из отчетов-компиляций или отчетов по переобработке нескольких ретроспективных съемок. В ходе подготовки слоя изученности необходимо установить отчет, являющийся первоначальным источником (отчет о проведении сейсморазведочных работ) и, в случае необходимости, удалить дубликаты.

Результатом работ является верифицированный слой изученности сейсморазведочными работами со следующей атрибутивной информацией: название отчета первоисточника; номер РФГФ; автор; год начала работ; год окончания работ; название площади работ; номер профиля общепринятого образца (XX YY ZZZ, где XX – номер партии, YY – год съемки, ZZZ – номер профиля); название и номер партии; организация-исполнитель; кратность; метод съемки; масштаб работ.

В результате работ по созданию комплексной базы геолого-геофизической изученности был создан единый ГИС-проект, доступный широкому кругу специалистов. Структура проекта позволяет быстро вносить изменения, дополнять новыми работами уже существующую информацию, а также использовать данные при проектировании новых объектов ГРП.

Литература

1. Логинов Д. С. Опыт использования геоданных в картографическом обеспечении геологоразведочных работ // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2021. Т. 61, № 5. С. 598–608. DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-5-598-608.
2. Логинов Д. С. ГИС-проект как единое пространство для работы с геолого-геофизическими данными // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. 2021. № 3(2). С. 259–266. DOI: 10.33764/2618-981X-2021-3-2-259-266
3. Симанов А. А., Пугин А. В. Применение современных геоинформационных технологий при хранении и обработке геолого-геофизических данных // Горный институт УрО РАН. Пермь, 2017.
4. Черемисина Е. Н., Костылева Т. В., Мурадян А. В. Цифровизация в геологоразведке: обзор и анализ современного состояния // Геоинформатика. 2021. № 4. С. 18–27.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА КАРАМЫШЕВСКОЙ НАБЕРЕЖНОЙ (г. МОСКВА)

П. Н. Бондаренко¹, О. С. Барыкина², К. О. Дылевский³

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

¹bonpolina@gmail.com, ²ol.barykina2011@yandex.ru, ³k_dylevskiy@mail.ru

Аннотация. Карамышевская набережная является популярным местом для прогулок, а также районом плотной городской застройки. Несмотря на кажущуюся благоприятность данного района с точки зрения строительства, здесь развиты оползневые процессы, приводящие к разрушению объектов и сооружений в зонах их проявления. Изучение оползневых процессов, проявляющихся на Карамышевской набережной, является актуальной темой в связи с их активностью и пагубным влиянием на застроенную территорию вблизи склона. Последняя активизация оползневого процесса на рассматриваемом участке произошла в 2006 году, что привело к деформации ограды храма и разрушению некоторых хозяйственных построек. Особенно важен вопрос устойчивости изучаемого склона в контексте реконструкции набережной, которую планируется осуществить до конца 2026 года. Целью данной работы является построение цифровой модели оползневого массива на левом берегу Москвы реки на Карамышевской набережной вблизи Храма Живоначальной Троицы в Хорошёве для дальнейшего анализа его устойчивости. Материалы, которые легли в основу исследования, были получены в результате инженерно-геологических изысканий, выполненных ООО «Инженерная геология» в 2022-2023 гг.

Ключевые слова: Карамышевская набережная, анализ устойчивости склона, метод предельного равновесия, метод конечных элементов.

ENGINEERING AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE POTENTIAL LANDSLIDE SLOPE OF KARAMYSHEVSKAYA EMBANKMENT (MOSCOW)

P. N. Bondarenko¹, O. S. Barykina², K. O. Dylevskiy³

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

¹bonpolina@gmail.com, ²ol.barykina2011@yandex.ru, ³k_dylevskiy@mail.ru

Abstract. Karamyshevskaya Embankment is a popular place for walks, as well as an area of dense urban development. Despite the apparent suitability of this area for construction, it is prone to landslide processes, leading to the destruction of objects and structures. The study of landslide processes occurring on Karamyshevskaya Embankment is a relevant topic due to their activity and detrimental impact on the built-up area near the slope. The last activation of the landslide process in the area occurred in 2006, leading to the deformation of the temple fence and the destruction of some utility buildings. The stability of the slope under study is particularly important in the context of the embankment's reconstruction, which is planned to be completed by the end of 2026. The aim of this work is to construct a digital model of the landslide mass on the left bank of the Moscow River near Karamyshevskaya Embankment, close to the Church of the Life-Giving Trinity in Khoroshevo, for further analysis of its stability. The materials for the research were obtained as a result of engineering-geological surveys conducted by LLC "Engineering Geology" in 2022-2023.

Keywords: Karamyshevskaya embankment, slope stability analysis, limit equilibrium method, finite element method.

В геологическом строении рассматриваемого участка Карамышевской набережной представлены образования различного возраста, генезиса и литологического состава: морские глинистые отложения средне- и верхнеюрского возраста, морские супесчаные и песчаные отложения верхнеюрского и нижнемелового возраста, флювиогляциальные суглинистые и аллювиальные песчаные отложения среднечетвертичного возраста; оползневые отложения верхнечетвертичного и современного возраста, объединяющие вышеперечисленные отложения в нарушенном залегании, смещенные; современные техногенные образования, представленные насыпными песчаными и глинистыми грунтами с включениями строительного мусора. По данным бурения было установлено, что основным деформируемым горизонтом на рассматриваемом участке являются глинистые отложения юрского возраста. В пределах рассматриваемого массива встречается один безнапорный водоносный горизонт, формирую-

щийся в толще вышеперечисленных отложений за исключением глинистых средне- и верхнеюрских [2].

В рамках инженерно-геологических изысканий на Карамышевской набережной было изучены инженерно-геологические условия исследуемого участка, а также установлена сеть геотехнического мониторинга с целью наблюдения за устойчивостью рассматриваемого при-склонового массива. В сеть мониторинга входят пьезометрические и инклинометрические скважины, а также грунтовые реперы. Наблюдения за изменением ствола инклинометрических скважин на исследуемом участке в 2023-2024 году показали, что оползневых подвижек не наблюдается.

Согласно СП 116.13330.2012 [1], нахождение коэффициента устойчивости склона (откоса) может производиться как с использованием традиционных методов теории предельного равновесия (с разбиением призмы оползания на отсеки или без оного), так и упругопластическими расчетами методом конечных элементов с использованием метода снижения прочностных характеристик.

Построение расчетной модели осуществлялось в программном обеспечении Rocscience Slide2 по двум профилям (рис. 1).

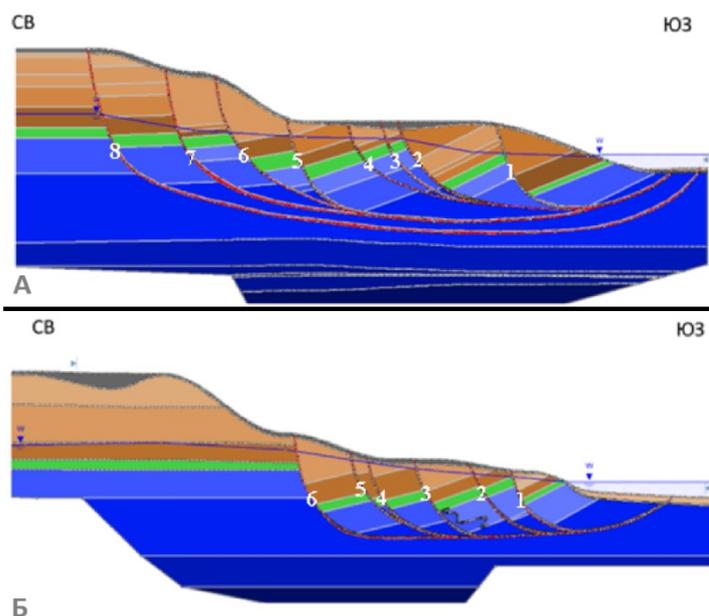


Рис. 1. Модели, построенные в программе Slide2 (Rocscience), для расчета устойчивости оползневой массы по профилю I-I (А) и II-II (Б)

По заданным вручную поверхностям скольжения осуществлялся расчет устойчивости четырьмя наиболее популярными методами: упрощенный Ямбу, упрощенный Бишопа, Спенсера, Morgenstern и Прайса. Дополнительно после проведения расчетов устойчивости по заданным поверхностям скольжения был запущен процесс автоматического подбора наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности. Это было сделано с целью прогноза развития оползневых процессов на рассматриваемой территории. Расчет осуществлялся по модели Мора-Кулона, поэтому в программу необходимо было внести плотность в естественном состоянии (для грунтов, находящихся ниже УПВ, также указывалась плотность в водонасыщенном состоянии), угол внутреннего трения и удельное сцепление. По перечисленным выше параметрам, а также по их возрасту и генезису было выделено 17 инженерно-геологических элементов, включая зону скольжения. Данные прочностных характеристик зоны скольжения (перематия) были получены путем испытания образцов юрских глин в приборах одноплоскостного среза в лаборатории методом “плашка по плашке”. Необходимые для построения математической модели показатели свойств грунтов определялись в грунтовой лаборатории согласно соответствующим стандартам.

По результатам расчетов были составлены таблицы со значениями коэффициентов устойчивости (K_y), полученными для каждой рассматриваемой поверхности (рис. 2).

Коэффициент устойчивости склона (разрез I-I), определяемый по методу					Коэффициент устойчивости склона (разрез II-II), определяемый по методу				
№ пов-ти	Упрощенный Янбу	Упрощенный Бишопа	Спенсера	Моргенштерна и Прайса	№ пов-ти	Упрощенный Янбу	Упрощенный Бишопа	Спенсера	Моргенштерна и Прайса
1	2.757	2.970	3.481	3.435	1	1.818	1.938	2.158	2.135
2	2.103	2.240	2.379	2.319	2	1.764	1.876	2.053	2.041
3	2.198	2.349	2.515	2.444	3	1.821	1.937	2.106	2.040
4	2.929	3.092	3.199	3.125	4	2.106	2.243	2.399	2.318
5	2.687	2.854	3.047	2.916	5	1.879	1.999	2.096	2.049
6	1.662	1.775	1.860	1.817	6	1.905	2.026	2.189	2.081
7	1.283	1.361	1.424	1.381					
8	1.208	-	-	-					

Рис. 2. Значения коэффициента устойчивости присклонового массива по различным плоскостям скольжения для разреза I-I (слева) и разреза II-II (справа)

По полученным значениям коэффициентов устойчивости можно судить о том, что исследуемая территория на данный момент не является оползнеопасной. Об этом свидетельствует тот факт, что значения K_y превышают значение, принимаемое для состояния предельного равновесия, равное единице [3]. Тем не менее, стоит отметить, что именно то оползневое тело, смещение которого наблюдалось в 2006 году (разрез I-I, поверхность №7), имеет наименьший коэффициент устойчивости, полученный по всем методам.

Путем автоматического подбора для каждого профиля были определены наиболее опасные (наименее устойчивые) участки оползневой массы. Также были выбраны такие плоскости скольжения, коэффициент устойчивости при которых составляет менее 1 (рис. 3). Данные области приурочены к участкам рельефа, на которых склон имеет максимальные значения угла наклона, а также захватывают современные техногенные отложения и частично аллювиальные отложения третьей надпойменной террасы р. Москвы. Глубина захвата таких оползней не превышает 2 метров.

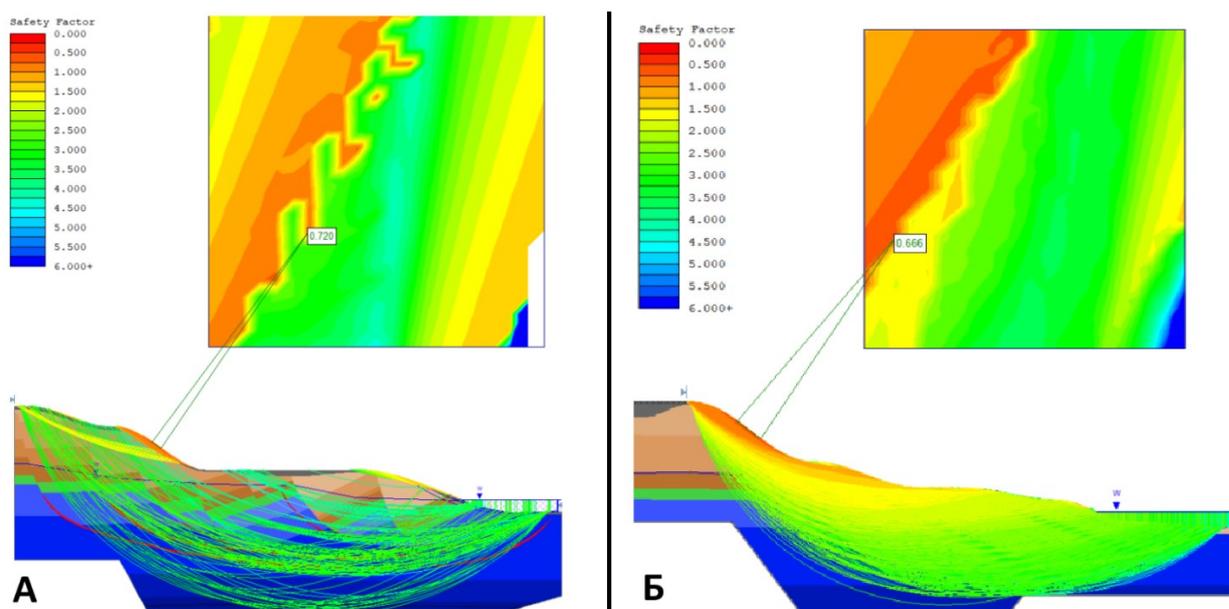


Рис. 3. Результат поиска наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности по профилю I-I (А) и по профилю II-II (Б) методом Моргенштерна и Прайса. Цвет слоев соответствует таблице 1, числами показано значение минимального коэффициента устойчивости. Цвет поверхностей скольжения соответствует шкале, приведенной на изображении, обозначающей различные значения коэффициента устойчивости

Сравнивая результаты, полученные в ходе автоматического подбора наиболее ослабленных зон, и расчета по заданным поверхностям скольжения можно сделать вывод, что рассматриваемый массив является устойчивым. Однако не стоит игнорировать факт наличия неустойчивых участков в местах увеличения крутизны склона. Несмотря на относительно небольшую глубину заложения, деформация данной части массива может привести к нарушению инфраструктуры реконструируемой набережной.

По результатам оценки устойчивости склона в программном обеспечении Rocscience Slide2 можно сделать следующие выводы:

- исследуемый участок склона Карамышевской набережной является устойчивым в естественных условиях (минимальный $K_y = 1.283$ по упрощенному методу Ямбу, максимальный $K_y = 3.481$ по методу Спенсера);
- данные об устойчивости склона коррелируют с современными инклинометрическими наблюдениями, демонстрирующими отсутствие проявления оползневых процессов, связанных с формированием оползней глубокого и очень глубокого заложения;
- по результатам расчетов устойчивости с автоматическим подбором выявлены гипотетические поверхности скольжения с глубиной заложения около 2 метров в техногенных и аллювиальных песчаных образованиях. Эти данные необходимо учитывать при реконструкции набережной, так как деформации дисперсных грунтов могут привести к нарушению инфраструктуры облагораживаемой территории. Для предотвращения деформаций следует произвести укладку георешеток с засеиванием почвы растительностью, а также воздержаться от строительства крупных сооружений вблизи бровки склона.

Литература

1. Инженерная защита территорий, зданий сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003: СП 116.13330.2012: национальный стандарт Российской Федерации: введ. 01.01.13 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Изд. официальное. Москва: Минрегион России, 2012. 65 с.
2. Отчет по результатам инженерно-геологических изысканий на объекте «Реконструкция Карамышевской набережной. Этап 1. Этап 1.1. «Противооползневые мероприятия. Благоустройство» / ООО «Инженерная геология». Москва, 2023.
3. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог: ОДМ 218.2.006-2010: введ. 30.03.11 / Управление строительства и проектирования автомобильных дорог Федерального дорожного агентства (РОСАВТОДОР). Москва, 2010. 114 с.

БИРАМЬИНСКАЯ СВИТА БАРГУЗИНСКОГО ХРЕБТА: СОСТАВ, ОРГАНИЧЕСКИЕ ОСТАТКИ, СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Л. И. Ветлужских, М. С. Скрипников

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
L_vetla@mail.ru

Аннотация. Бирамьинская свита Ангаро-Баргузинской горной страны содержит ископаемые остатки нижнего кембрия, представленные археоциатами, трилобитами, брахиоподами, пелециподами и другими фоссилиями. Данные органические остатки содержатся в образцах коллекций, собранных геологами съемочных и тематических партий в разные годы. Остатки уверенно датируют свиту нижним кембрием, которая имеет нормальные границы с подстилающей турикской (терригенной) и перекрывается ирланданской (терригенно-карбонатной) свитами.

Ключевые слова: Кембрий, археоциаты, трилобиты, бирамьинская свита.

THE BIRAMYA FORMATION OF THE BARGUZIN RIDGE: COMPOSITION, ORGANIC FOSSILS, STRATIGRAPHIC LAYOUT

L. I. Vetluzhskikh, M. S. Skripnikov

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
L_vetla@mail.ru

Abstract. The Biramyia Formation of the Angara-Barguzin mountainous country contains fossils of the Lower Cambrian, represented by archaeocyaths, trilobites, brachiopods, pelecypods and others. These organic fossils are contained in samples collected by geologists during survey and thematic work in different years. The fossils confidently determine the Formation age as the Lower Cambrian, which has normal boundaries with the underlying Turik (terrigenous) Formation and is covered by the Irkandan (terrigenous-carbonate) Formation.

Keywords: Cambrian, archaeocyaths, trilobites, Biramyia Formation.

Кембрийские отложения Ангаро-Баргузинской горной страны развиты преимущественно в бассейне р. Светлой на северо-востоке Баргузинского хребта, а также в бассейне р. Катеры на северных склонах Уколкитского и Северо-Муйского хребтов [1]. Кембрийские отложения в этом районе были условно выделены В.В. Домбровским еще в 1941 г., но к ним он ошибочно присоединял метаморфические толщи, которые впоследствии были отнесены к катерской серии верхнего протерозоя. О кембрийском возрасте этих отложений окончательно стали говорить после находок в 1956 г. П.Ч. Шобогоровым остатков трилобитов и археоциат в известняках в бассейне р. Светлой. Им же была разработана стратиграфическая схема кембрийских отложений Баргузинского хребта, которая в дальнейшем только уточнялась разными исследователями [1]. Кембрийские отложения Ангаро-Баргузинской горной страны разделяются на три свиты (снизу): турикскую (терригенную, алданский надъярус нижнего кембрия), бирамьинскую (доломиты и известняки, ленский надъярус нижнего кембрия) и ирланданскую (терригенно-карбонатную, средний кембрий).

Бирамьинская свита была выделена по р. Бирамья, левому притоку р. Томпуда, Левая и Правая Бирамья). Разрез свиты представляется следующим образом. На турикской свите согласно залегает пачка (500-600 м) темно-серых тонкозернистых нередко афанитовых, неяснослоистых или массивных доломитов и реже доломитовых известняков с водорослями *Osagia compacta* Kogol. вверху. Выше темные доломиты постепенно переходят в пачку (400 м) светло-серых, почти белых, сахаровидных мраморизованных известняков и доломитов, в верхней части которой (по р. Бирамье) содержатся остатки трилобитов: *Kooteniella acuta* N. Tchern., *K. slatkowskii* (Schm.), *Edelsteinaspis gracilis* Lerm., *E. ornata* Lerm., *Kounamkites* sp. nov., *Erbia* sp.; брахиоподы - *Nisusia* sp., *Kutorgina* sp.; археоциаты - *Ethmophyllum karagani* Vologd.; пелециподы - *Bagenovia* sp. По своему составу фауна отвечает еланскому горизонту р. Лены, относящемуся к самым верхам нижнего кембрия. Мощность бирамьин-

ской свиты 900-1000 м [2]. Из разреза кембрийских отложений Ангаро-Баргузинской горной страны (бассейн р. Бирамья) специалистами палеонтологами изучались коллекции, содержащие образцы с трилобитами и археоциатами.

Авторами изучались эти коллекции, собранные в разные годы геологами Шобогоровым П.Ч. (1956), Чесноковым В.С. (1959), Тарасовым Ю.С. (1961, 1963), Филатовым В.Г. (1964), Цыреновым Д.Ц. (1966), Осокиным П.В. (1986), Крахиным А.А. (2005).

1. Точка Шобогорова П.Ч. сборов 1956 года по р. Бирамья определялась Л.В. Огиенко и В.В. Латиным. Трилобиты - *Kooteniella acuta* N. Tchern., *Edelsteinaspis gracilis* Lerm., *Kounamkites dubitabilis* Ogienko, брахиоподы - *Nisusia* sp., *Kutorgina* sp., археоциаты - *Ajacityathus* sp. Нижний кембрий, ленский надъярус, верхи.

2. Сборы Чеснокова В.С. 1959 г. по р. Бирамья. Определение Огиенко Л.В. Трилобиты - *Edelsteinaspis ornate* Lerm., *E. sp. Kooteniella slstkowskii* (Schmidt), *Kootenia sibirica* Lerm., *Kounamkites* sp. Брахиоподы - *Kutorgina* sp., *Nisusia* sp. Нижний кембрий, ленский надъярус, верхняя часть.

3. Коллекция Тарасова Ю.С. 1961 года по р. Бирамья. Обр.10011. Определения Б.А. Далматова. Трилобиты - *Edelsteinaspis ornata* Lerm., *E. biramjensis* Suv., *Kootenia sibirica* Lerm., *Kooteniella slatkowskii* (Schmidt); брахиоподы - *Kutorgina* sp., *Nisusia* sp. Археоциаты не определялись. Нижний кембрий, ленский надъярус, еланский горизонт.

Эта же коллекция частично определялась Л.В. Огиенко: трилобиты - *Kooteniella acuta* N. Tchern., *Edelsteinaspis gracilis* Lerm., *Kounamkites dubitabilis* Ogienko; брахиоподы - *Nisusia* sp., *Kutorgina* sp. Археоциаты (определение А.Г. Вологодина) - *Ethmophyllum karagani* Vol. Трилобиты (определение Н.И. Суворовой) - *Edelsteinaspis cf. ornata* Lerm., *Erbia* sp. Пеллециподы - *Bagenovia* sp. Возраст - нижний кембрий, ленский надъярус, еланский горизонт.

4. Коллекция Тарасова Ю.С. 1963 года сборов. Обр.10011. Определения М.М. Язмира (археоциаты), Б.А. Далматова (трилобиты, брахиоподы).

Нижняя половина разреза - доломиты серые, темно-серые, массивные, с прослоями известняков с микрофитолитами *Osagia compacta* Korol. Верхняя половина разреза - серые, светло-серые до белых мраморизованные известняки, полосчатые и пятнистые доломиты и доломитизированные известняки, редко чистые известняки. В верхней пачке разреза в доломитах присутствуют: трилобиты - *Kooteniella acuta* N. Tchern., *K. slatkowskii* (Schmidt), *Kootenia sibirica* Lerm., *K. immanis* Sivov, *Edelsteinaspis gracilis* Lerm., *E. biramjensis* Suvorova, *E. ornata* Lerm., *Dorypyge* sp., *Kounamkites dubitabilis* Ogienko, *Corynexochus* sp., *Binodaspis prima* Pokr., *B. spinosa* Lerm. Брахиоподы - *Nisusia* sp., *Kutorgina* sp. Археоциаты - *Ethmophyllum ratum* Vologdin. Нижний кембрий, ленский надъярус, еланский горизонт.

5. Коллекция Филатова В.Г. 1964 года сборов по р. Бирамья, обр.652а, определение Б.А. Далматова, Л.И. Ветлужских.

Трилобиты - *Edelsteinaspis ornata* Lerm., *Kooteniella slatkowskii* (Schmidt), *Kootenia* sp., *K. sibirica* Lerm., *Bonnia* sp., брахиоподы - *Kutorgina* sp. Археоциаты плохой сохранности. Нижний кембрий, ленский надъярус, верхняя часть.

6. Коллекция Цыренова Д.Ц. 1966 года сборов в бассейне р. Бирамья, обр.77. Определение Б.А. Далматова, Л.И. Ветлужских. Трилобиты - *Edelsteinaspis biramjensis* Suv., *E. ornata* Lerm., *E. sp.*, *Kooteniella slatkowskii* (Schmidt), *Kooteniella* sp., брахиоподы - *Nisusia* sp., *Kutorgina* sp. Археоциаты не определялись.

7. Коллекция Осокина П.В. 1986 года сборов, бассейн р. Бирамья, руч. Трилобитовый. Определение Ветлужских Л.И. Обр. 2146А, в 1000-1500 м от устья ручья Трилобитового. Трилобиты - *Kooteniella slatkowskii* Schmidt, *Kooteniella* sp., *Kootenia* sp., *Edelsteinaspis biramjensis* Suv., *E. ornata* Lerm., *Laminurus* ? sp., ? *Soloncella* sp. sp. nov.

8. Коллекция Крахина А.А. 2005 года сборов, обр.1600. Определение Ветлужских Л.И. Трилобиты - *Kooteniella slatkowskii* Schmidt, *Kooteniella* sp., *Kootenia* sp., *Edelsteinaspis biramjensis* Suv., *E. ornata* Lerm.

Таким образом, ископаемые бирамьинской свиты в сборах геологов различных годов, представленные остатками трилобитов, археоциат, брахиопод, пеллеципод изучены в образ-

цах, тогда как для изучения археоциат и водорослей необходимо изготовить палеонтологические шлифы. Дальнейшее изучение коллекций позволит расширить списочный состав археоциат и других остатков, таких как водоросли, которые часто являются породообразующими для органогенных известняков.

Литература

1. Салоп Л. И. Геология Байкальской горной области. Т.1. Стратиграфия. Москва: Недра, 1964. 515 с.
2. Стратиграфический словарь СССР. Кембрий, ордовик, силур, девон. Ленинград: Недра, 1975. 622 с.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ДАЙКОВОГО РОЯ КЕРЕГЕТАС, ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

А. С. Волосов, С. В. Хромых

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия
volosovalex@gmail.com, serkhrom@mail.ru

Аннотация. Изучены и охарактеризованы породы Керегетасского дайкового роя. Установлено 2 эпизода магматической активности: формирование Коскемпирской интрузии в среднем карбоне и образование Bt-Amp интрузий, щелочных лейкогранитов Керегетасской интрузии, а также даек Керегетасского роя в ранней перми. Полученные данные по породам позволяют предполагать наличие трех родоначальных магм, которые привели к формированию данного объекта. Основным геодинамическим механизмом формирования дайкового пояса являются процессы растяжения литосферы, происходящие в условиях повышенного температурного градиента в литосфере, вызванного активностью Таримского плюма.

Ключевые слова: дайковый рой, мантийно-коровое взаимодействие, Таримский плюм, Восточный Казахстан.

MODEL OF FORMATION OF THE KEREGETAS DYKE SWARM, EAST KAZAKHSTAN

A. S. Volosov, S. V. Khromykh

V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia
volosovalex@gmail.com, serkhrom@mail.ru

Abstract. The rocks of the Keregetas dyke swarm have been studied and characterized. 2 episodes of magmatic activity have been established: the formation of the Koskempir intrusion in the middle carboniferous and the formation of Bt-Amp intrusions, alkaline leukogranites of the Keregetas intrusion, as well as dikes of the Keregetas swarm in the early Permian. The obtained rock data suggest the presence of three ancestral magmas that led to the formation of this object. The main geodynamic mechanism of the formation of the dike belt is the processes of lithospheric stretching occurring under conditions of an increased temperature gradient in the lithosphere caused by the activity of the Tarim plume.

Keywords: dike swarm, mantle-crustal interaction, Tarim plume, East Kazakhstan.

Дайковые рои представляют собой крупные скопления даек, расположенных на относительно небольшой территории. Рои, содержащие в себе множество даек различного состава, являются отражением эндогенной активности в литосферной мантии и вышележащей земной коре. При этом состав даек как слабо дифференцированных тел, обычно отражает состав магм, образованных на разных уровнях литосферы [3].

Объектом исследования является Керегетасский дайковый рой, расположенный в Восточном Казахстане. В геодинамическом плане этот регион представляет собой Обь-Зайсанскую складчатую систему, сформированную в позднем палеозое при взаимодействии Сибирского и Казахстанского палеоконтинентов и последующем закрытии Обь-Зайсанского палеоокеанического бассейна. Дайки Керегетасского роя располагаются в Жарма-Саурской зоне Обь-Зайсанской складчатой системы [2]. Керегетасский рой представляет интерес для исследования из-за скопления на относительно небольшой территории большого количества хорошо обнаженных дайковых тел, которые сложены породами разнообразного состава (кислые, средние, лампрофировые и основные). Это свидетельствует о проявлении процессов мантийно-корового взаимодействия, параметры которых можно выявить при исследовании даек.

Керегетасский дайковый рой располагается на территории 12*14 км. Раннекаменноугольные (турне – визе) вмещающие отложения прорваны Коскемпирской интрузией, сложенной габбро, кварцевыми диоритами и гранодиоритами, отнесенными к саурской серии раннего карбона [1]. Коскемпирская интрузия прорвана несколькими мелкими интрузиями биотито-

вых гранитов. Кроме того, на юго-западе Керегетасского участка расположена вытянутая дайкообразная интрузия Керегетас размерами 8*0,5 км, сложенная амфиболовыми лейкогранитами. Подавляющее большинство даек имеет северо-восточное простирание. Количество даек составляет не менее чем 250 тел, мощностью от 1.5-2 метров до 8-10 метров.

Было уточнено внутреннее строение и взаимоотношения геологических тел Керегетасского участка, уточнен состав дайковых пород. В составе Керегетасского роя преобладают дайки двух разновидностей: 1) лампрофиры и диориты и 2) гранодиорит-порфиры, они суммарно составляют около 85 % от общего числа даек. Около 10% даек сложено долеритами, и около 5 % - гранит-порфирами и аплитами.

Возраст интрузий был оценен нами путем U-Pb изотопного датирования цирконов. Для датирования были выбраны три пробы из интрузий различного типа: 1) кварцевые диориты Коскемпирской интрузии, которые показали возраст в 317 ± 2 млн лет, 2) амфиболовые граниты Керегетасской интрузии, возраст которых составил 292 ± 4 млн лет, 3) биотитовые граниты малой интрузии с полученным возрастом в 284 ± 3 млн лет. Возраст даек был оценен Ar-Ar датированием раннемагматических вкрапленников амфибола из лампрофира: позраст плато составил 287 ± 4 млн лет.

Таким образом, можно выделить два этапа магматизма: 1) формирование Коскемпирской интрузии в среднем карбоне и 2) образование Vt-Amp интрузий, щелочных лейкогранитов Керегетасской интрузии, а также даек Керегетасского роя в ранней перми

Нами изучена петрография пород дайкового комплекса: породы Коскемпирского интрузии представлены неравномернозернистыми микрогаббро и гранодиоритами, Керегетасская гранитная интрузия сложена щелочными арфведсонитовыми лейкогранитами, интрузии кислого состава сложены Vt-Amp гранитами, дайки основного состава – неравномернозернистыми долеритами. Дайки лампрофирового и среднего составов по сути являются схожими породами, которые имеют схожий минеральный состав и отличаются только степенью идиоморфизма: в лампрофирах наиболее идиоморфный только амфибол, а в средних породах – амфибол и плагиоклаз. Лампрофиры представлены спессартитами, дайки среднего состава представлены в основном микродиоритами и диорит-порфирами, дайки кислого состава – гранодиорит-порфирами и гранитами.

Наиболее сильно среди всех групп пород по минеральному составу выделяются щелочные лейкограниты Керегетасской интрузии. В этих породах амфибол представлен арфведсонитом, плагиоклаз альбитом, а также отличается набором акцессорных минералов. По вещественному составу лейкограниты содержат наибольшее количество SiO_2 . На РЗЭ спектрах породы демонстрируют наибольшее обогащение элементами, а также наиболее выраженную отрицательную европиевую аномалию. На мультиэлементных спектрах эти породы также демонстрируют наибольшие содержания элементов и выделяются по наличию крупных отрицательных аномалий по Ba, Sr и Ti, относительно других пород кислого состава.

Спектры распределения РЗЭ даек долеритов обнаруживают 2 типа, отличающихся по содержанию редкоземельных элементов в целом: первый тип имеет более высокие содержания РЗЭ. Дайки диоритов также обнаруживают 2 типа спектров. Первый тип схож со спектрами первого типа даек долеритов, за исключением наличия слабо выраженной отрицательной европиевой аномалии. Спектры распределения диоритов второго типа схожи со спектрами даек долеритов второго типа, а также спессартитовых даек. Европиевая аномалия в спессартитах и диоритах этого типа отсутствует. Дайки гранодиорит-порфиров демонстрируют два типа спектров: 1 тип характеризуется ярко выраженной европиевой аномалией; 2 тип характеризуется отсутствием европиевой аномалии и значительно меньшим содержанием тяжелых РЗЭ. Спектры даек гранит-порфиров схожи со спектрами второго типа гранодиорит-порфиров, в целом содержат меньше РЗЭ, относительно даек гранодиорит-порфиров.

По вещественному составу среди даек выделяется две группы пород. Первая группа включает дайки долеритов 1 типа, дайки диорит-порфиров 1 типа, а также дайки гранодиорит-порфиров 1 типа. Вторая группа включает дайки долеритов 2 типа, дайки диорит-

порфириров 2 типа, дайки спессартитов, а также дайки гранодиорит-порфириров 2 типа и гранит-порфириров.

Гранитные интрузии и дайки кислого состава в некоторой степени различаются по минералогическому составу: железистость амфиболов и биотитов в гранитных интрузиях выше. По вещественному составу эти породы обнаруживают схожее поведение РЗЭ с дайками гранодиорит-порфириров 1 типа, при этом общее содержание элементов в гранитных интрузиях выше. Аналогичная зависимость наблюдается на мультиэлементных спектрах: общее содержание элементов в гранитных интрузиях выше, чем в дайках гранодиорит-порфириров 1 типа. При этом гранитные интрузии обнаруживают положительную аномалию по Th, а также большие отрицательные аномалии по Ba, Sr, Ti и меньшие по Nb, относительно даек гранодиорит-порфириров 1 типа.

Полученные данные по породам Керегетасского роя позволяют предполагать наличие трех родоначальных магм, которые привели к формированию данного объекта. Первая, предположительно базитового состава из мантии, магма сформировала дайки первого типа (долеритовые, диорит-порфирировые и гранодиорит-порфирировые), при чём дайки долеритов и диорит-порфириров образованы, в результате дифференциации базитовой магмы, а дайки гранодиорит-порфириров путем дифференциации и небольшой роли контаминации. Гранитные интрузии также являются продуктом дифференциации данной магмы, но из-за некоторых отличий, в первую очередь по химическому составу, стоит предполагать большую роль контаминации корового материала, относительно даек гранодиорит-порфириров. Вторая родоначальная магма сформировала дайки 2 типа (долериты, спессартиты, диорит-порфириды, гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры), при чём вариации пород по составу получены за счёт дифференциации первичной базитовой магмы, за исключением даек гранодиорит-порфириров и гранит-порфириров, где могла иметь место коровая контаминация. Формирование лейкогранитов Керегетасской интрузии произошло предположительно из третьей, нижнекоровой гранитной магмы.

Образование даек и Керегетасской интрузии в ранней перми связано с пост-орогенными процессами в обстановке растяжения, происходящей в условиях повышенного температурного градиента в литосфере, вызванного активностью Таримского плюма [2].

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 23-27-00224).

Литература

1. Габбро-гранитные серии западной части Зайсанской складчатой системы / П. В. Ермолов, Э. П. Изох, А. П. Пономарёва и др.. Новосибирск: Наука, 1977. 246 с.
2. Хромых С. В. Позднепалеозойский базитовый магматизм Алтайской аккреционно-коллизонной системы (Восточный Казахстан): дис... д-ра геол.-мин. наук. Новосибирск, 2020. 439 с.
3. Hürlimann, N., Müntener, O., Ulmer, P., Nandedkar, R., Chiaradia, M., Ovtcharova, M. 2016. Primary magmas in continental arcs and their differentiated products: petrology of a post-plutonic dyke suite in the Tertiary Adamello batholith (Alps). *Journal of Petrology*. 57 (3): 495–534.

СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ КАМЕР БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ МЕТОДАМИ ГЕОФИЗИКИ

В. А. Ворошилов, Р. И. Царев, А. А. Жуков, А. М. Пригара

Акционерное общество «ВНИИ Галургии», Пермь, Россия
vlad13a@gmail.com

Аннотация. В статье представлены материалы выполненных опытно-методических геофизических исследований в пределах месторождения калийных солей, с целью изучения информативности геофизических методов при дистанционном контроле мощности и состояния целиков, отделяющих камеры большого сечения. Опытные-методические работы включали в себя сейсморазведочные исследования методом отраженных волн по методике общей глубинной точки с регистрацией продольных и поперечных волн, а также георадиолокационные исследования с центральными частотами антенн 100 МГц и 400 МГц. Представлены результаты анализа данных методов георадиолокации и сейсморазведки. Установлено, что возможно получения отражений от разного уровня камеры большого сечения при проведении георадиолокационных работ. Даны рекомендации по отделению геологических отражений от стенок камеры большого сечения при проведении сейсморазведочных работ.

Ключевые слова: камеры большого сечения, георадиолокация, сейсморазведка, целики, шламы.

METHOD OF REMOTE CONTROL OF LARGE-SECTION DRIFTS USING GEOPHYSICAL METHODS

V. A. Voroshilov, R. I. Tsarev, A. A. Zhukov, A. M. Prigara

Join Stock Company «VNII Galurgii», Perm, Russia
vlad13a@gmail.com

Abstract. The article presents the materials of pilot geophysical surveys carried out within the potash salt deposit to study the informativeness of geophysical methods for remote monitoring of the capacity and condition of pillars separating large cross-sectional chambers. Experimental and methodological works included seismic surveys by the reflected wave method using the common depth point technique with registration of longitudinal and transverse waves, as well as georadiolocation surveys with the centre frequencies of 100 MHz and 400 MHz antennas. The results of analysing the data of GPR and seismic methods are presented. It is established that it is possible to obtain reflections from different levels of the chamber of a large cross-section during georadiolocation works. Recommendations on separation of geological reflections from the walls of a large cross-section chamber during seismic exploration are given.

Keywords: large-section drifts, georadiolocation, seismic survey, targets, slimes.

Согласно регламенту технологического производственного процесса, в камерах большого сечения (КБС) происходит размещение шламов, их отстаивание с последующим разделением на твердую и жидкую фазу. В процессе эксплуатации КБС целики могут находиться в одном из четырех состояний:

- первое – ненарушенный целик, КБС не заполнена шламами;
- второе – ненарушенный целик, КБС заполнена шламами;
- третье – нарушенный целик, КБС заполнена шламами;
- четвертое – нарушенный целик, разлив пульпы из КБС.

Жизненный цикл целика КБС, при ее безопасной эксплуатации, представляет из себя переход из первого состояния во второе.

В результате разбавления шлама шахтными рассолами и отстаивания, в КБС и рассоло-сборниках происходит остывание шлама и выпадение KCl. При этом из-за недостаточной насыщенности шлама по NaCl и нарушения равновесия NaCl-KCl, один кубометр шлама может растворить порядка 11 дм³ целика. Так, при недостаточной насыщенности подаваемых рассолов натриевыми и калийными солями в КБС возможен переход изучаемого целика КБС из второго состояния в третье и его активное выщелачивание. При дальнейшей подаче

опресненных техногенных рассолов возможен переход КБС в четвертое состояние и как следствие – размыв целика.

Основная суть геофизических исследований методами георадиолокации [1] и сейсморазведки [2] для случая контроля КБС сводится к регистрации отражений от противоположной границы междукамерного целика, или, иначе говоря, от выработок, находящихся с противоположной стороны междукамерного целика. Оценка изменения интенсивности отражения, его формы и времени прохождения упругих и электромагнитных волн в течение времени позволит судить об изменении физических свойств междукамерных целиков и размеров КБС, заполненных шламами.

По результатам георадиолокационных исследований получен геоэлектрический разрез (рис. 1). На разрезе выделяются как отражения от разных уровней КБС, так и отражения, связанные с геологическим строением целика – складками и глинистыми прослоями [3,5].

Разница в амплитуде между отражениями от разных уровней КБС (дальние отражения более динамически выражены) обусловлена диаграммой направленности георадиолокационных исследований: отклонение луча от горизонтальной плоскости для ближнего отражения составляет 30° , для дальнего – 15° . Ближнее отражение прослеживается на всей длине профиля и изменяется от 3 до 38 м. В центральной части профиля минимальная мощность целика оценивается в диапазоне от 33 до 38 м, что согласуется с результатами маркшейдерской съемки. Поскольку ближайшее отражение прослеживается на всем протяжении профиля можно сделать вывод об отсутствии нарушений целостности и/или физических свойств целика.

Продольные волны в шахтных условиях обладают меньшей амплитудой, чем поперечные [4], кроме того, при описанном выше способе возбуждения образуются сильные отраженные поперечные волны от выше и ниже лежащих геологических слоев. Основной задачей при обработке подобных данных является идентификация отражения на продольных волнах и фильтрация отражений на поперечных волнах.

О природе волны можно судить по наличию/отсутствию смещения отражения при сравнении временных разрезов, полученных по ударам по верхней и нижней линии ПВ. Так, отражение на продольных волнах (от стенки КБС) не будет смещено, а отражение на поперечной волне (от МГ) будет смещено, в данных геологических условиях, ближе к 0 для верхней линии ПВ.

Таким образом, на сейсмограммах присутствуют две отраженные волны, на скорости продольных волн – отражение от стенки КБС (отражение на 17 мс, глубина 40 м), на скорости поперечных волн – от пласта МГ (отражение на 8 мс, глубина 10 м). Обычно, фильтрация разноскоростных отражений происходит путем ввода кинематических поправок. Из-за малых времен прихода обоих отражений на сейсмограмме присутствует лишь центральная часть годографа, которая в результате ввода кинематических поправок изменяется меньше всего. В связи с этим, на временных разрезах, просуммированных с различным скоростным законом, присутствуют оба отражения.

На разрезе (рис. 2) выделяется четкое протяженное отражение от стенки КБС. Положение границы выдержано от 13 до 38 м, что соответствует маркшейдерской съемке участка и соотносится с данными, полученными по георадиолокации.

Таким образом, можно сделать вывод, что с использованием георадиолокации возможно получение нескольких отражений от разных уровней КБС, в зависимости от расстояния и угла прихода отраженной волны, отражения будут иметь разные динамические характеристики. Применение сейсморазведки на продольных волнах для обследования целиков КБС сильно ограничено (малой мощностью целиков), и возможно лишь при наблюдениях по двум линиям ПВ.

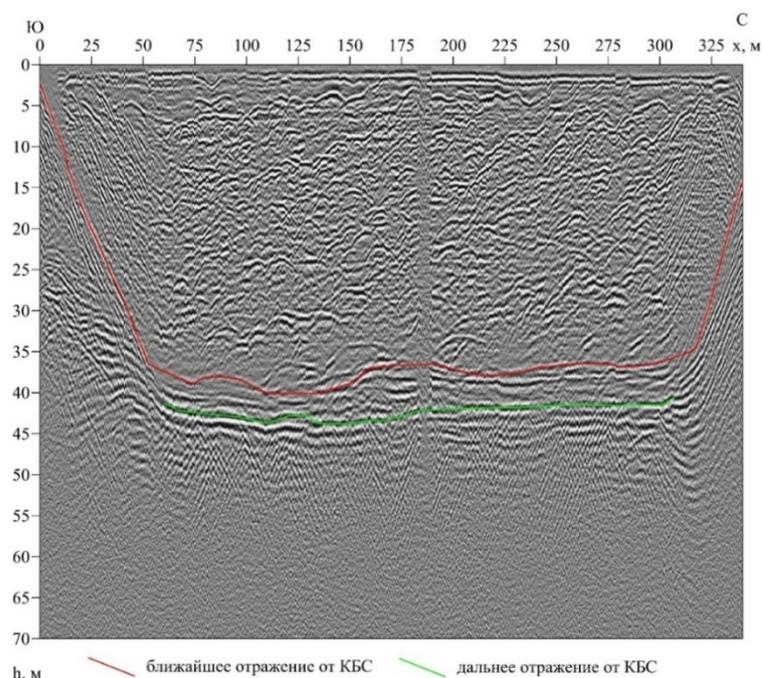


Рис. 1. Геоэлектрический разрез по результатам георадиолокационных работ

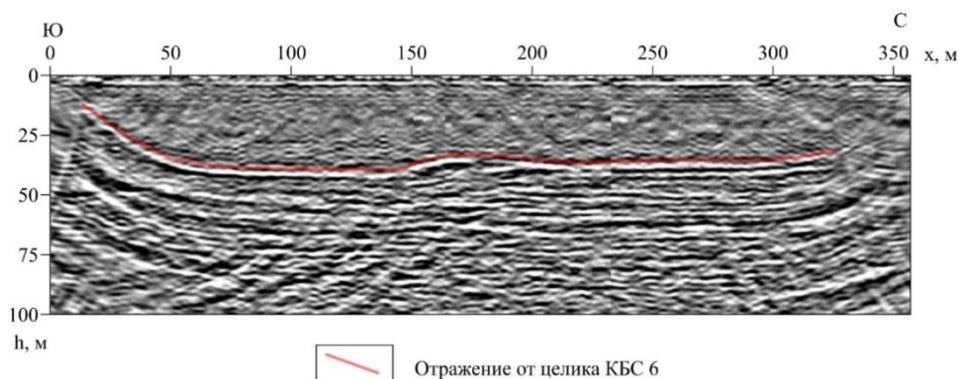


Рис. 2. Глубинный разрез по результатам сейсморазведочных работ на продольных волнах

Литература

1. Владов М. Л., Старовойтов А. В. Введение в георадиолокацию: учебное пособие. Москва: Изд-во МГУ, 2004.
2. Боганик Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка: учебник для вузов. Тверь: Изд-во АИС, 2006.
3. Жуков А. А. Адаптация методов георадиолокации и ультразвуковой томографии для решения горно-геологических задач в условиях калийных месторождений (на примере Верхнекамского месторождения солей). Пермь, 2017.
4. Влияние направленности источников и приемников на результаты шахтной сейсморазведки / А. А. Жуков, А. М. Пригара, Р. И. Царев и др. // Геофизика. 2019. № 5. С. 26.
5. Решение горнотехнических задач на месторождении калийных солей методами геофизики / А. А. Жуков, А. М. Пригара, Р. И. Царев, В. А. Ворошилов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 5-1. С. 82–91.

ТОКСИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РУДНИЧНЫХ ВОДАХ И ОТСТОЙНИКАХ БОМ-ГОРХОНСКОГО ГОКа

Е. Р. Гарипова, А. М. Плюснин

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
garipova1987@mail.ru, plusnin@ginst.ru,

Аннотация. Воды, отобранные на Бом-Горхонском месторождении по химическому типу кислые сульфатные и слабокислые гидрокарбонатно-сульфатные. Установлены высокие концентрации токсичных элементов, таких как бериллий, алюминий, марганец, цинк и кадмий. Изучено содержание редкоземельных элементов, максимальные концентрации отмечаются в кислых сульфатных водах отстойников в долине реки Зун-Тигня.

Ключевые слова: рудные объекты, отстойники, кислые воды, токсичные элементы, лантаноиды.

TOXIC ELEMENTS IN MINE WATERS AND SEDIMENTATION POOLS OF BOM-GORKHONSKY MINING AND PROCESSING PLANT

E. R. Garipova, A. M. Plusnin

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
garipova1987@mail.ru, plusnin@ginst.ru,

Abstract. Waters collected at the Bom-Gorkhonskoye deposit are acidic sulfate and weakly acidic hydrocarbonate-sulfate by chemical type. High concentrations of toxic elements such as beryllium, aluminum, manganese, zinc and cadmium were found. The content of rare earth elements was studied, the maximum concentrations were noted in acidic sulfate waters of settling tanks in the Zun-Tignya River valley.

Keywords: ore objects, settling tanks, acidic waters, toxic elements, lanthanides.

Бом-Горхонское вольфрамное месторождение расположено в западной части Читинской области, в Цаган-Хуртейском хребте, на водоразделе рек Бом-Горхон, Мышетая и Зун-Тигня. Месторождение было открыто в 1960 г. А.Ф. Скалкиным и В.И. Сизых. Минеральный состав руд сложный. Главные рудные минералы: кварц, мусковит, пирит, гюбнерит, микроклин; второстепенные: флюорит, серицит, альбит, молибденит, висмутин, козалин, сфалерит [2].

Разработка месторождения проводится с 1986 г. открытым и подземным способами. Обогащение руды осуществлялось обогатительной фабрикой методом флотации с получением вольфрамитового и сульфидного концентратов. Отходы складировались в долине рек Бом-Горхон и Зун-Тигня.

Основными источниками загрязнения окружающей среды токсичными элементами на Бом-Горхонском месторождении являются карьер, штольни, пруды отстойники, хвостохранилища и отвалы добычи.

Нами проведены исследования химического состава воды рудных объектов (карьера, штолен) и отстойников в долине рек Бом-Горхон и Зун-Тигня. Анализ макрокомпонентного состава вод выполнен в лаборатории гидрогеологии и геоэкологии ГИН СО РАН (г. Улан-Удэ) с использованием стандартных методик. Анализа на содержание микроэлементов в воде проводился в лаборатории водной микробиологии Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск) методом индуктивно связанной плазмы на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 се по опубликованной методике [3].

Воды, отобранные на рудных объектах слабокислые, сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые, среднее значение общей минерализации составляет 755,62 мг/л. Воды в прудах отстойниках в долине реки Бом-Горхон имеют слабокислую реакцию, по химическому типу сульфатные кальциевые, среднее значение общей минерализации составляет 1207,02 мг/л. Другой химический состав имеют воды отстойников в долине реки Зун-Тигня. Здесь воды сульфатные кальциевые, имеют кислую реакцию среды (рН = 3,19), среднее значение общей минерализации составляет 3432,39 мг/л.

Воды рудных объектов, менее минерализованные, чем воды в отстойниках, где минерализация растет из-за кислой среды и активного взаимодействия воды с породами. В пробах воды обнаружены аномально высокие концентрации токсичных элементов, таких как бериллий, алюминий, марганец, цинк и кадмий (табл.1), а также высокие концентрации редкоземельных элементов.

Наиболее высокие концентрации токсичных элементов выявлены в водах отстойников в долине реки Зун-Тигня, так по цинку наблюдаются превышения предельно допустимых норм для вод рыбохозяйственного значения в 55000 раз, по алюминию в 3800 раз по марганцу в 3500 раз, по бериллию в 140 раз.

Таблица 1. Химический состав воды, мкг/л.

Элементы	П.О	ПДК [4]	Рудные объекты	Отстойники в долине реки Бом-Горхон	Отстойники в долине реки Зун-Тигня
Be	0,08	0,3	19,49	2,44	42,91
Al	5,58	40,0	6077,42	914,66	150674,00
Mn	0,15	10,0	3953,89	6177,83	34894,93
Fe	0,73	100,0	22,87	56,42	10059,93
Co	0,06	10,0	8,01	9,26	215,51
Ni	0,19	10,0	15,69	21,28	171,06
Cu	0,87	1,0	50,07	8,32	350,12
Zn	1,75	1,0	5846,28	3090,06	55119,59
Cd	0,04	5,0	218,23	80,54	594,19
Pb	0,001	-	0,03	0,03	0,02
Pb	0,10	6,0	0,92	1,74	3,03

Примечание П.О. – предел обнаружения методики анализа

Было определено содержание лантаноидов в пробах воды. Среднее суммарное содержание лантаноидов составляет: в водах рудничных объектов составляет 37,43 мкг/л, в отстойниках долины реки Бом-Горхон – 9,56 мкг/л, в отстойниках долины реки Зун-Тигня – 487,09 мкг/л. Во всех пробах наблюдается преобладание легких редкоземельных элементов над тяжелыми, наиболее высокая концентрация характерна для церия (рис. 1(а)).

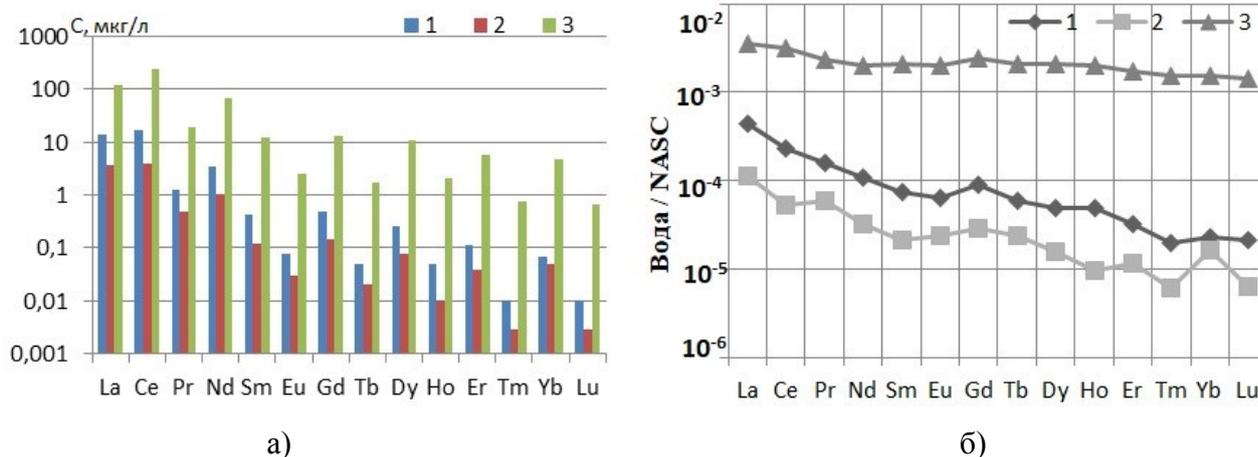


Рис. 1. Содержание редкоземельных элементов в водах, мкг/л (а) и нормированные относительно NASC (б).
Примечание: 1 – рудные объекты, 2 – отстойники в долине реки Бом-Горхон, 3 – отстойники в долине реки Зун-Тигня

Из графика, представленного на рис. 1 (б) видны различия в концентрациях редкоземельных элементов между водами рудных объектов и отстойников. В водах, отобранных в отстойниках долины реки Зун-Тигня, наблюдаются наиболее высокие содержания лантаноидов, спектр характеризуется сравнительно равномерной конфигурацией распределения редкоземельных элементов.

Лантаноиды поступают в воды рудничных объектов и отстойников при окислительном разложении сульфидной минерализации, а в воды отстойников еще в результате взаимодействия кислых вод с породообразующими минералами. В кислой среде миграционная способность многих металлов увеличивается [1].

Литература

1. Редкие земли в поверхностных и подземных водах на территории размещения вольфрамдобывающего производства Забайкалья / А. М. Плюснин, В. В. Дабаева, Д. И. Жамбалова и др. // Геохимия. 2020. Т. 65, № 7. С. 711–728.

2. Сизых В. И. Бом-Горхонское вольфрамное месторождение // Месторождения Забайкалья / коллектив авторов; под редакцией Н. П. Лавёрова (в 2 кн.). Кн. 1. Москва: Геоинформмарк, 1995. Т. 1. С. 134–138.

3. Современное состояние вод р. Селенги на территории России по главным компонентам и следовым элементам / Е. П. Чебыкин, Л. М. Сороковикова, И. В. Томберг // Химия в интересах устойчивого развития. 2012. Т. 20, № 5. С. 613–631.

4. Приказ Минсельхоза РФ №552 от 13.12.2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ВОЗРАСТ МОНЦОНИТОВ р. КЫДЖИМИТ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ)

Т. А. Гонегер

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
goneger@ginst.ru

Аннотация. В пределах Юго-Западной части Витимского плоскогорья проведено петролого-геохимическое изучение монцонитов, габбродиоритов и гранитов. Получены новые данные по их химическому составу. Проведена сравнительная характеристика раннепалеозойских монцонитов и позднепалеозойских гранитов бассейна р. Кыджимит (руч. Хортяк и Сосновский).

Ключевые слова: монцониты, р. Кыджимит, Витимское плоскогорье.

MATERIAL COMPOSITION AND AGE OF KYDZHIMIT RIVER MONZONITES (SOUTHWESTERN PART OF THE VITIM PLATEAU)

T. A. Goneger

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
goneger@ginst.ru

Abstract. Petrological-geochemical study of the southwestern part of the Vitim Plateau has been carried out. The new data on chemical composition of monzonites, gabbro-diorites and granites has been obtained. The comparative features of the Early Paleozoic monzonites and Late Paleozoic granites of the Kyzhimit River basin (the Khortyak and Sosnovsky streams) are given.

Keywords: monzonites, Kyzhimit River, Vitim Plateau.

В Кыджимит-Заза-Холойском междуречье Западного Забайкалья распространяются породы различного возраста и состава, здесь в пределах Кыджимитского участка обнажаются докембрийские, кембрийские и девонские отложения. Кембрий образован породами олдындинской свиты. Преимущественно это андезибазальты, андезитовые порфириты с прослоями дацитов и туфов [2]. Широкое распространение имеют и интрузивные комплексы: витимканский, атарханский и кыджимитский, сложенные габбро-диоритами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами, гранитами, сиенитами и монцонитами.

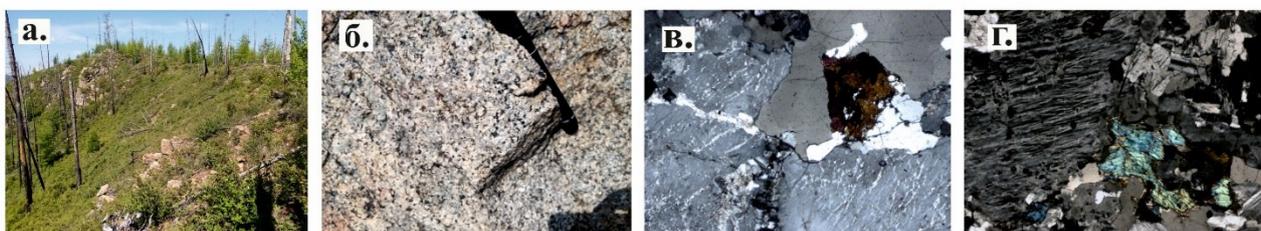


Рис. 1. а – фотография коренных выходов р. Хортяк; б – макрофотография монцонита (Обр. X22-35); в, г – микрофотографии монцонита

Следует отметить, что имеются определения абсолютного возраста гранитоидов (vPZ_3) в верховье р. Хортяк равные 293,1 млн лет, датировки граносиенитов равные 471,1 млн лет [3] и кварцевых монцонитов 490 млн лет [1]. Исследованные монцониты отобраны на левобережье р. Кыджимит (в бассейне ручьев Сосновский и Хортяк) - это небольшие массивы (рис. 1а) – интрузии, на геолого-съёмочных картах отмечены как витимканский комплекс. Цель работы изучить вещественный состав интрузивных пород левобережья р. Кыджимит.

Для сравнительной характеристики опробованы и изучены гранитоиды по левому борту в верховье р. Хортяк в точке с абсолютной отметкой 1601 м. Это светло-розовые порфировид-

ные граниты с биотитом и лейкограниты. По вещественному составу и облику монцониты отличаются от гранитов и представляют собой светло-серые средне-крупнозернистые породы с включениями темного минерала до 5% (пироксен-амфиболовые породы с биотитом), слегка порфирированные (рис. 1б). В шлифах главные минералы - представлены щелочным полевым шпатом, кварцем, плагиоклазом. Щелочной полевой шпат имеет пертитовое строение, по форме вростков можно выделить ленточные, переплетающиеся и взаимопроникающие. Цветной минерал выделяется в виде неправильных, призматических и таблитчатых кристаллов пироксена, амфибола и биотита (рис. 1в,г). Акцессорные минералы представлены в виде небольших включений апатита, циркона и рудных минералов. По составу пироксены относятся к группе Ca-Mg-Fe состава, вида – клиноферросилит и пижонит, выявлены единичные определения авгита. Амфиболы монцонитов по составу попадают в поле железистых роговых обманок.

Породы характеризуются нормальной и повышенной щелочностью, сумма щелочей натрия и калия от 4 до 6 мас. % (рис. 2а) и превышает 8 мас. %, монцониты принадлежат к высококальцевой и шшонит-латитовой сериям, содержание K_2O от 4,74-6,24, отношение $K_2O/Na_2O > 1$. Отличия в составах наблюдаются на диаграмме отношения $(FeOT/(FeOT+MgO))/SiO_2$, показывающая магнизиальность и железистость (рис. 2в). В монцонитах, гранитах и диоритах р. Хортяк и Сосновский значения отношения составляют ≥ 0.8 , а в гранитах верховья р. Хортяк эти значения ниже. Насыщенность алюминием также различна (рис. 2б).

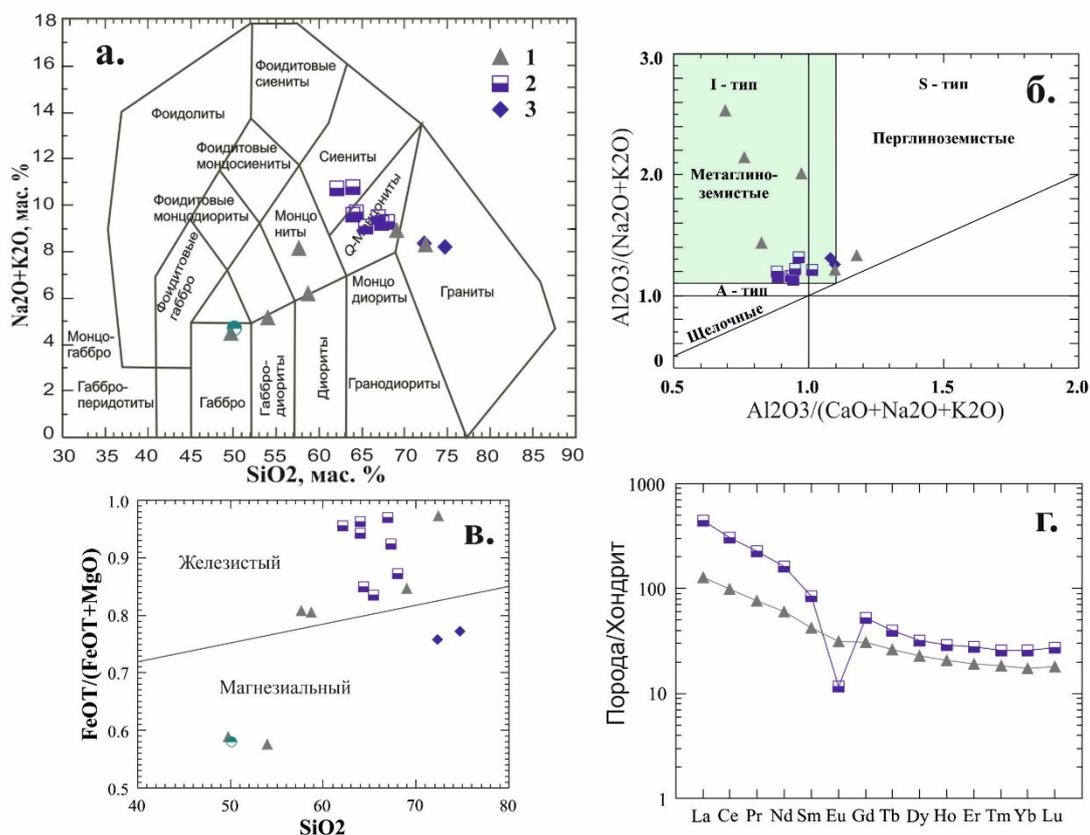


Рис. 2. а – диаграмма петрохимической классификации плутонических (интрузивных) пород. Цифрами: 1- породы руч. Сосновский; 2 –породы прав. борта руч. Хортяк; 3 – верховья руч. Хортяк; б – график нормированных по отношению к хондритам содержаний РЗЭ; в – дискриминационная диаграмма отношения ANK/ACNK [5], показывающая насыщенность алюминием; г – диаграмма отношения $FeOT/(FeOT+MgO)$ к SiO_2 [4]

Монцониты обогащены Sr, Ba, Rb, Zr, Hf, спектры содержания РЗЭ показывают дифференцированное распределение, что выражается дефицитом тяжелых элементов Gd-Lu по отношению к легким La-Nd с отчетливым проявлением Eu аномалии. Спектры распределения

РЗЭ в монцонитах и габбродиоритах хорошо соотносятся, в габбродиоритах отмечаются чуть пониженные содержания и слабее проявленная аномалия Eu (рис. 2г). В монцонитах такие элементы, как La, Ce, U, Pr, Th концентрируются в минералах паризита в ассоциации с рутилом, уранинита – единичные включения в ильмените и др. окислов. Габбродиориты изучены по р. Сосновский, встречены в виде ксенолитов в более кислых породах. В их составе отмечаются моноклинные пироксены (авгит и диопсид), амфибол - актинолитового ряда. Отмечается присутствие небольшого количества кварца. Из второстепенных минералов биотит в ассоциации с титанитом, магнетитом и мелкими включениями апатита и циркона. Титан в породе связан, скорее всего, с железом и выделяется в виде ильменита.

Таким образом, получены новые данные по вещественному составу монцонитов, образованных в раннепалеозойский этап магматизма с диапазоном 470-490 млн лет. Требуется пересмотр отнесения их к витимканскому интрузивному комплексу.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН им. Н.Л. Добрецова по проекту IX.124.1.3 «Палеоокеанические и окраинно-континентальные комплексы в структурах складчатых поясов: состав, возраст, условия формирования и геодинамические обстановки», номер гос. рег. АААА-А17-117011650013-4.

Литература

1. Гонегер Т. А., Минина О. Р. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Западного Забайкалья // Материалы IV Международной научной конференции, посвященной 50-летию Геологического института им. Н. Л. Добрецова СО РАН. Улан-Удэ. Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2023. С. 154–157.
2. Геология Багдаринского района (Витимское нагорье, Забайкалье) / О. Р. Минина, С. В. Руженцев, В. А. Аристов // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2006. С. 31–35.
3. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция / С. В. Руженцев, О. Р. Минина, Г. Е. Некрасов // Геотектоника. 2012. № 2. С. 3–28.
4. 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. *Petrology* 42: 2033-2048.
5. Maniar P. D., Piccoli P. M. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol.Soc.Am.Bull.* 101 (5): 635-643.

ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА УФА

Г. А. Гончаров¹, Д. М. Кузина², Б. Р. Соктоев¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

gavriil.goncharov@gmail.com, bulatsoktoev@tpu.ru

²Казанский федеральный университет, Казань, Россия

di.kuzina@gmail.com

Аннотация. В работе представлены результаты анализа почвогрунтов на территории города Уфа с помощью экспресс-метода, который позволяет оценить воздействие техногенных объектов на почвенный покров в количественном соотношении привнесения Fe-содержащих соединений. Проанализированы результаты по различным группам магнетиков (диа-/парамагнетики, ферромагнетики и суперпарамагнетики) с различными магнитными свойствами, а также изучен вклад каждого в результат общей магнитной восприимчивости. Рассмотрена корреляция ореолов повышенных концентраций тяжелых металлов на территории города с территориями повышенных значений МВ вблизи основных промышленных объектов.

Ключевые слова: почвенный покров, магнитная восприимчивость, ферромагнетизм, промышленный комплекс, Уфа.

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT OF URBAN SOIL COVER ON THE TERRITORY OF UFA CITY

G. A. Goncharov¹, D. M. Kuzina², B. R. Soktoev¹

¹National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

gavriil.goncharov@gmail.com, bulatsoktoev@tpu.ru

²Kazan Federal University, Kazan, Russia

di.kuzina@gmail.com

Abstract. The research results of soil analysis in the territory of Ufa city using express method, which allows to estimate the impact of anthropogenic objects on the soil cover in the quantitative ratio of Fe-containing compounds introduction. The results for different groups of magnetics (dia-/paramagnetics, ferromagnetics and superparamagnetics) with different magnetic properties were analyzed, and the contribution of each to the result of the total magnetic susceptibility was studied. The correlation of halos of increased concentrations of heavy metals in the city territory with the areas of elevated values of MS near the main industrial facilities is considered.

Keywords: soil cover, magnetic susceptibility, ferromagnetism, industrial complex, Ufa.

В течение второй половины XX в. – начала XXI в. произошло значительное ускорение процесса урбанизации, что привело к быстрому росту городских территорий. Параллельно с их развитием происходит и рост индустриализации урбанизированных территорий. Вместе с этим возрастает обеспокоенность общественности относительно воздействия на компоненты окружающей среды, в том числе на почвенный покров. Почвогрунты являются достаточно хорошим индикатором состояния окружающей среды, поскольку выбрасываемые химические соединения (тяжелые металлы, органические вещества и другие) аккумулируются в верхних горизонтах почвенного покрова. Это негативно сказывается на качестве почв и создает потенциальные риски для здоровья человека и экосистемы [3].

Одним из экспресс-методов, позволяющих получить качественную и количественную оценку воздействия техногенных объектов на почвенный покров, является анализ магнитной восприимчивости (МВ) [1,6]. Данный показатель определяется суммарным влиянием веществ с различными магнитными свойствами (диа-/парамагнетики, ферромагнетики и суперпарамагнетики) и отражает, в первую очередь, количество Fe-содержащих соединений, их состав, строение и доменность.

На территории города Уфа с населением более 1,1 млн. человек сконцентрировано большое количество объектов промышленности различных отраслей. Ведущими из них являются комплекс нефтеперерабатывающих заводов, цеха моторостроительных объединений, пред-

приятия энергетического комплекса, лесобрабатывающие заводы и перегрузочные железнодорожные станции, которые в совокупности оказывают комплексное негативное воздействие на окружающую среду [2,7]. Исследования компонентов МВ были проведены на территории г. Уфа для 50 проб почвогрунтов, отобранных в 2021 и 2022 году. Измерения проводились на коэрцитивном спектрометре J_meter [4,8]. Для образцов в автоматическом режиме измерялись кривые нормального остаточного намагничивания при непрерывном росте внешнего магнитного поля до 1.5 Тл. Получены полные петли гистерезиса одновременно по остаточной и индуктивной намагниченностям. По кривым нормального намагничивания определен вклад в магнитную составляющую различных компонентов почвогрунта: ферромагнитной (k_{ferro}), диа-/парамагнитной (k_{para}) и суперпарамагнитной (k_{super}) (4).

Выборка проб была дифференцирована относительно крупнейших производств, находящихся в непосредственной близости к местам отбора проб.

Результаты показали, что общая МВ почвогрунтов на исследуемой территории изменяется в широком интервале – $5,68E-04$ – $9,64E-03$ м³/кг (рис. 1), при этом основной вклад в МВ вносят ферромагнетики: от 90 % – в районах, удаленных от основных промышленных предприятий города, до 99% – на территории перегрузочной железнодорожной станции Дёма. Ферромагнетиками чаще всего являются переходные металлы – железо, никель, кобальт, хром и их сплавы, а также сплавы редкоземельных металлов. Необходимо отметить, что химические элементы, наиболее опасные для здоровья человека, относятся именно к этой группе и имеют тенденцию к накоплению в почвенном покрове. Они могут поступать в организм человека пероральным, дермальным и ингаляторным способами [5].

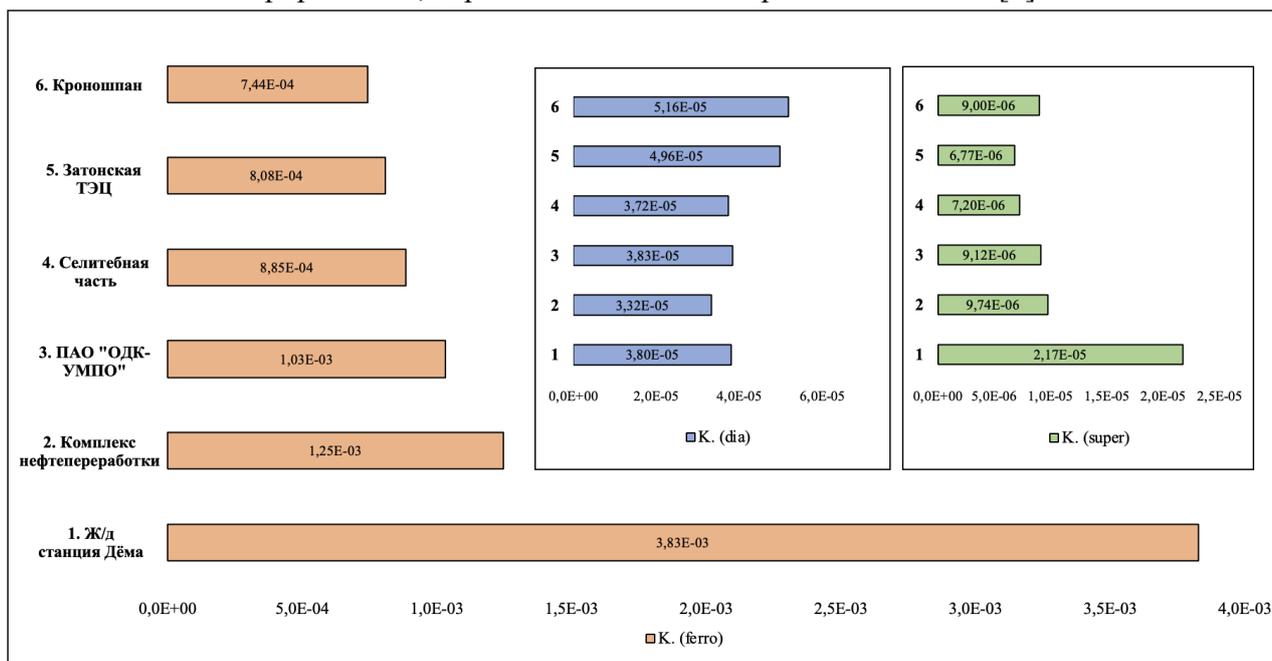


Рис. 1. Диаграмма значений магнитной восприимчивости для районов города.

Примечание: K. (ferro) – ферромагнитная составляющая, K. (dia) – диа-/парамагнитная составляющая, K. (super) – суперпарамагнитная составляющая

Ранее проведенные исследования объёмной МВ [2] на данной территории выделяли несколько ореолов повышенных значений в северной (вблизи цехов металлообработки) и южной (вблизи железных дорог) частях города, что коррелирует с результатами, полученными в настоящем исследовании. Также можно отметить корреляцию МВ с содержаниями тяжёлых металлов в почвогрунтах на территории Уфы: максимальные значения МВ пространственно совпадают с ореолами высоких концентраций Cr и Ni [7].

К диа-/парамагнетикам относятся осадочные горные породы (гипс, известняк, песчаник, глина) и некоторые органические соединения [9]. При анализе полученных результатов выделяется следующая тенденция: процентное соотношение и количественная оценка МВ диа-/парамагнетиков имеет обратную зависимость со значениями для ферромагнетиков, а также

максимальные значения МВ диа-/парамагнетиков характерны для районов, где отсутствуют крупные промышленные объекты.

Содержание суперпарамагнетных минералов при схожей корреляции с ферромагнетиками, не превышает 1,5 %.

Таким образом, проведенные исследования по изучению компонент магнитной восприимчивости показывают, что данный параметр достаточно хорошо выявляет крупные промышленные объекты, среди выбросов которых присутствуют соединения тяжелых металлов – ферромагнетиков. Изучение компонент магнитной восприимчивости является быстрым и недорогим методом и может быть использовано для выделения зон с интенсивной антропогенной нагрузкой.

Отбор и изучение проб почв выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWW-2023-0010). Измерения на коэрцитивном спектрометре выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZSM-2023-0023).

Литература

1. Водяницкий Ю. Н., Шоба С. А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2015. №. 1. С. 13–20.
2. Гончаров Г. А., Соктоев Б. Р., Фархутдинов И. М. Эколого-геохимическая оценка состояния почвенного покрова на территории города Уфы // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2023. Т. 334, № 11. С. 61–79.
3. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв: учебник. Москва: Академический проект, 2007. 240 с.
4. Нургалиев Д. К., Ясонов П. Г. (2009) Полезная модель “Коэрцитивный спектрометр”. Патент № 81805. Государственный реестр полезных моделей Российской Федерации, 27 марта.
5. Черных Н. А., Баева Ю. И. Тяжелые металлы и здоровье человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2004. №. 1. С. 125–134.
6. Язиков Е. Г., Осипова Н. А., Таловская А. В. Магнитная восприимчивость дорожной пыли как индикатор загрязнения территории в зоне воздействия предприятий угледобычи // Оптика атмосферы и океана. 2021. Т. 34, №. 6. С. 434–439.
7. Goncharov G., Soktoev B., Farkhutdinov, I., Matveenko I. Heavy metals in urban soil: contamination levels, spatial distribution and human health risk assessment (the case of Ufa city, Russia) // Environmental Research. 2024 Art. 119216.
8. Iassonov P. G., Nourgaliev D. K., Burov B. V., Heller F. (1998) A modernized coercivity spectrometer. Geol. Carpathica, (49): 224-226.
9. Kosareva L. R., Nourgaliev D. K., Kuzina D. M., Spassov S., Fattakhov A. V. Ferromagnetic, dia-/paramagnetic and superparamagnetic components of Aral Sea sediments: significance for paleoenvironmental reconstruction // ARPN Journal of Earth sciences. Vol. 4; 1: 1-6.

УСЛОВИЯ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ (ПО ПРИРОДНЫМ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ДАННЫМ)

Б. Б. Дамдинов

Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных
и благородных металлов, Москва, Россия
damdinov@tsnigri.ru

Аннотация. На основе изучения сульфидных руд из офиолитов, руд Зун-Холбинского золото-сульфидно-кварцевого и Озерного полиметаллического месторождений, в комплексе с экспериментальными исследованиями метаморфизма сульфидных руд установлено, что одним из вероятных механизмов образования месторождений (золото)-кварц-сульфидного типа, а также полиметаллических месторождений гидротермального и MVT типов, является метаморфогенно-гидротермальный процесс, в ходе которого происходит мобилизация рудообразующих компонентов из первичных сульфидсодержащих отложений и миграция этих компонентов в область рудоотложения в составе водно-солевых флюидов p-Q типа. Главными факторами, влияющими на перенос и отложение рудных элементов, являются солевой состав и концентрация флюида, P-T-параметры рудообразующего процесса и наличие градиентов физико-химических параметров (давления, температуры и др.).

Ключевые слова: кварц-сульфидные руды, метаморфизм, условия образования, механизмы.

CONDITIONS AND MECHANISMS OF FORMATION OF QUARTZ-SULFIDE ORES OF VARIOUS TYPES OF DEPOSITS (BASED ON NATURAL AND EXPERIMENTAL DATA)

B. B. Damdinov

Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow, Russia
damdinov@tsnigri.ru

Abstract. Based on the study of sulfide ores from ophiolites, ores of the Zun-Kholba gold-sulfide-quartz and Ozernoye polymetallic deposits, in combination with experimental studies of the metamorphism of sulfide ores, it was established that one of the probable mechanisms for the formation of deposits is the (gold)-quartz-sulfide type, as well as polymetallic deposits of hydrothermal and MVT types is a metamorphogenic-hydrothermal process, during which the mobilization of ore-forming components from primary sulfide-containing sediments and the migration of these components into the area of ore deposition occurs in the composition of p-Q type aqueous-salt fluids. The main factors influencing the transport and deposition of ore elements are the salt composition and fluid concentration, P-T parameters of the ore-forming process and the presence of gradients of physicochemical parameters (pressure, temperature, etc.).

Keywords: quartz-sulfide ores, metamorphism, formation conditions, mechanisms.

Условия и механизмы формирования орогенных золото-сульфидно-кварцевых и «эпигенетических» полиметаллических месторождений до сих пор остаются предметом дискуссий. Это обусловлено тем, что зачастую такие месторождения не имеют видимой связи с магматизмом, что не позволяет однозначно идентифицировать происхождение рудообразующих гидротермальных флюидов и источники вещества. Одной из популярных в настоящее время моделей формирования орогенных месторождений золота является модель метаморфической деволатилизации [6], согласно которой рудоносный флюид выделяется при метаморфизме водосодержащих минералов и карбонатов. В работе [5], предложена другая модель, согласно которой рудообразующие флюиды являются продуктами дегидратации субдуцирующей океанической коры. Действительно, золото-сульфидно-кварцевые месторождения часто пространственно связаны с шовными зонами, трассирующимися выходами пород офиолитовой ассоциации.

Исследования офиолитов Восточного Саяна показали наличие в верхней вулканогенно-осадочной части ассоциации, тел сульфидных, существенно пирротиновых руд, представляющих метаморфизованные отложения древних субмаринных гидротермально-осадочных сульфидных руд – аналогов современных «черных курильщиков». P-T условия метаморфиз-

ма сланцев, рассчитанные по минеральным геотермобарометрам: $T = 430-540^{\circ}\text{C}$, $P \sim 5$ кбар [2]. Наличие кварцевых жил и прожилков среди сульфидных тел и сульфидизированных вмещающих сланцев свидетельствует об участии флюидной фазы в процессе метаморфизма. Термобарогеохимические исследования кварца из этих жил показали высокие значения температур гомогенизации, более чем $400 - 500^{\circ}\text{C}$ и высокую общую соленость флюидов (26 – 33 мас.% экв. NaCl).

Тела пирротиновых руд, аналогичных изученным рудам из черных сланцев, присутствуют в рудных зонах крупнейшего в Восточном Саяне, Зун-Холбинского золоторудного месторождения. При изучении распределения температур минералообразования в вертикальном разрезе был установлен температурный градиент, отражающийся как в изотопном составе кислорода, так и в минеральном составе руд – на верхних горизонтах повышается содержание галенита, сфалерита и халькопирита, по сравнению с нижними [4]. В результате исследований была предложена модель метаморфогенно-гидротермального происхождения Зун-Холбинского месторождения, согласно которой, рудоотложение происходило метасоматическим путем при миграции метаморфогенных флюидов, а источником рудообразующих компонентов послужили сульфидные руды из офиолитовых пород.

Перенос и переотложение сульфидного вещества под действием метаморфизма визуально наблюдается на Озерном полиметаллическом месторождении, одном из крупнейших в России. Рудные тела месторождения представляют собой пластовые залежи полиметаллических сульфидных руд среди вулканогенно-осадочных и карбонатных пород. Метаморфические преобразования визуально наблюдаются в виде будинирования в брекчиевых рудах и пластических деформаций слоисто-полосчатых руд. Участие флюида доказывается широким развитием сидерит-кварц-сульфидных жил, прожилков и мелких линзовидных выделений. Причем последние распространены практически по всей толще сульфидных руд. Термобарогеохимические исследования флюидных включений, минеральная и изотопная термобарометрия показали высокотемпературные (достигающие более 500°C) и относительно высокobarические (более 2 кбар) условия перекристаллизации руд. Установлено также, что флюид был достаточно концентрированным, где общая соленость достигала 21.5 мас. % экв. NaCl.

Таким образом, исследования сульфидсодержащих месторождений показывают, что метаморфогенное преобразование полиметаллических сульфидных руд в условиях повышенных температур и давлений, в присутствии флюидной фазы, ведет к миграции рудообразующих компонентов (Zn, Pb, Cu, Au и др.). При этом движущей силой миграции являются градиенты физико-химических параметров, прежде всего – температур и давлений. Для оценки возможности такой миграции были проведены экспериментальные исследования метаморфизма сульфидных руд в термоградиентных условиях в присутствии флюидной фазы, моделирующие область мобилизации рудообразующих компонентов.

Экспериментальные исследования проводились в ИЭМ РАН (г. Черноголовка) на установке высокого газового давления УВГД 10000. Исходными образцами послужили базальтовое стекло (Восточно-Тихоокеанское Поднятия, обр. VTP-014) и сульфидная руда из «черного курильщика» (гидротермальное поле Рейнбоу, обр. 3894-9-2). Также добавлялись некоторые другие сульфидные минералы – сфалерит, медно-никелевые сульфиды и др. Состав водно-солевых флюидов задавался различными солями: NaCl, KCl, NH_4Cl , FeCl_2 , Na_2S , NaCNS, Na_2CO_3 , K_2CO_3 ; также добавляли гидроксиды Na и K. Для создания восстановительных условий в навеску добавляли небольшое количество графитового порошка (10–40 мг). В ряде опытов использовали буферную смесь ($\text{Fe}-\text{FeO}-\text{FeS}-\text{FeS}_2$). Эксперименты проводились при PT-условиях, близких к параметрам амфиболитовой фации метаморфизма: $T = 500-650^{\circ}\text{C}$, $P \sim 4-5$ кбар. Градиент температур в опытах составлял $0.3-0.4^{\circ}\text{C}/\text{мм}$, продолжительность опытов 14 сут.

В результате, во всех опытах отмечается интенсивный перенос вещества из нижней высокотемпературной в верхнюю низкотемпературную области. В верхних частях ампул происходил синтез новообразованных сульфидно-силикатных кристаллических агрегатов, а также зерен самородного золота и сульфида платины – куперита, источником которых является

вещество ампулы, подверженное частичному растворению. Новообразованные силикатные минералы представлены кварцем, полевыми шпатами, также присутствуют пироксены (авгит) и амфиболы ряда тремолит-паргасит-эденит, рудные минералы – сфалеритом, пиритом, пирротинном, галенитом, халькопиритом, куперитом, самородным золотом. Наличие таких сульфидно-силикатных сростков свидетельствует о том, что флюид имеет сложный состав, преимущественно – водно-силикатный, содержащий, также, хлориды и другие солевые компоненты, в том числе, серосодержащие. Известно, что водно-силикатные растворы по своим свойствам относятся к системам II или р-Q типа [1]. Солевые системы р-Q типа характеризуются аномальной растворимостью при повышенных Р-Т параметрах, при этом отрицательной растворимостью при повышении температуры ниже критической точки (р). Исследования водно-солевых систем р-Q типа показали, что в верхней области гетерогенизации происходит разделение на концентрированный рассол и слабоконцентрированный водный флюид [3].

Полученные природные и экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что одним из вероятных механизмов образования месторождений (золото)-кварц-сульфидного типа, а также полиметаллических месторождений гидротермального и MVT типов, является метаморфогенно-гидротермальный процесс, в ходе которого происходит мобилизация рудообразующих компонентов из первичных сульфидсодержащих отложений и миграция этих компонентов в область рудоотложения в составе водно-солевых флюидов р-Q типа. Главными факторами, влияющими на перенос и отложение рудных элементов, являются солевой состав и концентрация флюида, РТ-параметры рудообразующего процесса и наличие градиентов физико-химических параметров (давления, температуры и др.).

Литература

1. Валяшко В. М. Фазовые равновесия и свойства гидротермальных систем. Москва: Наука, 1990, 270 с.
2. Состав и условия формирования золотоносных пирротиновых руд Восточного Саяна (на примере рудопроявления Ольгинское) / Б. Б. Дамдинов, Л. Б. Дамдинова, С. М. Жмодик, А. Г. Миронов // Геология и геофизика. 2019. Т. 60, №5. С. 666–687.
3. Котельникова З. А., Котельников А. Р. NaF-содержащие флюиды: экспериментальное изучение при 500–800°C и P = 2000 бар методом синтетических флюидных включений в кварце // Геохимия. 2008. № 1. С. 54–68.
4. Damdinov B. B., Goryachev N. A., Moskvitina M. L., Damdinova L. B., Izvekova A. D., Reutsky V. N., Posokhov V. F., Artemyev D. A. Zun-Kholba Orogenic Gold Deposit, Eastern Sayan, Russia: Geology and Genesis // Minerals, 2022; 12: 395.
5. Groves D. I., Santosh M., Deng J., Wang Q., Yang L., Zhang L. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration // Mineralium Deposita. 2020; 55: 275–292.
6. Phillips G. N., Powell R. Formation of gold deposits: A metamorphic devolatilization model // Journal of Metamorphic Geology. 2010; 28: 689-718.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТУГНУЙСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Н. Г. Дмитриева

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия
Nbv984@yandex.ru

Аннотация. Горнодобывающее производство характеризуется интенсивным использованием природных ресурсов, нарастанием отходов и ухудшением качества окружающей среды. Горные работы и обогащение полезных ископаемых в результате своей деятельности загрязняют окружающую среду различными вредными веществами и влияют на природные компоненты.

В статье проанализировано влияние горнодобывающего предприятия на примере Тугнуйского угольного разреза на экосистему Тугнуйской котловины. В статье проведен анализ существующей экологической ситуации на территории добычи угля Тугнуйского угольного разреза. Оценено состояние атмосферного воздуха, почвенного покрова, рельефа. В работе даны рекомендации и предложены мероприятия по снижению загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: отходы горного производства, отвалы, ландшафт, Тугнуйский угольный разрез, антропогенное влияние

ASSESSMENT OF CONTAMINATION OF THE TERRITORY IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE TUGNUISKY OPEN-MINE

N. G. Dmitrieva

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia
Nbv984@yandex.ru

Abstract. Mining is characterized by intensive use of natural resources, increasing waste and environmental degradation. Mining and mineral processing, as a result of their activities, pollute the environment with various harmful substances and affect natural components.

The article analyzes the impact of a mining enterprise on the ecosystem of the Tugnui basin on the example of the Tugnui coal mine. The article analyzes the existing environmental situation in the territory of coal mining Tugnui coal mine. The state of atmospheric air, soil cover, and relief is assessed. The paper provides recommendations and suggests measures to reduce atmospheric air pollution.

Keywords: mining waste waste, dumps, landscape, Tugnui coal mine, anthropogenic influence

В настоящее время проблема взаимодействия человека с природой приобрела особое значение. Такие факторы как стремительный технический прогресс, а также рост численности населения нашей планеты являются основными факторами многих экологических проблем.

Экологическая ситуация характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду и значительными экологическими последствиями экономической деятельности. В настоящее время наиболее острой является проблема, связанная с ухудшением экологической обстановки на территориях добычи полезных ископаемых.

Добыча полезных ископаемых является одним из видов деятельности человека, которая может негативно влиять на окружающую среду [3].

Так на экологические проблемы, возникающие при добыче угля, мало обращали внимания. В настоящее время наблюдаются ухудшения условий среды обитания для человека, экологические угрозы могут стать причиной сдерживания добычи угля [4].

Предприятия угольной промышленности оказывают многостороннее негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды. Оно проявляется в деградации природного ландшафта, атмосферного воздуха и почв отходами производства в количествах, зачастую во много раз превышающих предельно допустимые концентрации, что нарушает сложившуюся сбалансированность природной среды [1].

Целью данного исследования является анализ и оценка влияния промышленной деятельности на примере крупного угледобывающего предприятия Тугнуйского угольного разреза

на природную среду и определение основных путей решения негативного влияния на экологию.

У горнодобывающей отрасли Бурятии огромный потенциал, где функционируют предприятия по добыче золота, цинка, свинца, угля, нефрита, флюорита, урана, цементного сырья и др., а также и негативное воздействие на окружающую среду. В ходе разработки месторождений полезных ископаемых ландшафты претерпевают негативные воздействия разной степени, например, складирование больших объемов отвалов вскрышной породы. Так действовавшая длительное время и ликвидированная шахта «Гусиноозерская», оставила терриконы на площади 5,3 га, отвалы породы – 8,7 га, с объемами 940 тыс. м³ и 330 т м³ соответственно и нарушенные земли площадью 84,2 га. В связи с этим на территории республики становится все более актуальной проблема рекультивации земель.

Экологическая ситуация в Республике Бурятия характеризуется достаточно высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду и значительными экологическими последствиями. Вклад в общее количество образования отходов по Республике Бурятия в 2020 г. составил 79.52 %, в том числе от добычи угля – 64.77 % [2].

Угольная промышленность является фактором антропогенного воздействия, захватывающий все природные среды. Мы рассмотрели влияние добывающего производства на примере Тугнуйского угольного разреза, занимающийся добычей угля на Никольском и Олонь-Шибирском месторождениях. Где добыча на предприятии составляет около 13 миллионов тонн угля в год. Отработка угольного месторождения ведется открытым способом.

В настоящее время территория, где функционирует угольный разрез, испытывает на себе комплексное антропогенное воздействие, связанное с работой горнодобывающего производства и функционированием его инфраструктуры. При открытой добыче угля на Тугнуйском угольном разрезе наблюдаются значительные преобразования рельефа, нарушаются взаимодействующие природные компоненты, составляющие ландшафт. Нами была проведена комплексная оценка влияния горнодобывающего предприятия на основные компоненты природной среды (табл.1)

Таблица 1

Оценка воздействия деятельности Тугнуйского разреза на окружающую среду

Компоненты природной среды	Последствия	Степень влияния
Атмосферный воздух	- загрязнение атмосферы -изменение микроклимата	-сильное -слабое
Недра	- эрозионные и оползневые процессы - расчленение поверхности рельефа	-слабое -среднее
Поверхностные, подземные воды	-изменение водного режима - наледообразование - подтопление	-слабое -среднее -среднее
Почвы	-загрязнение почв - загрязнение растительного покрова	-слабое - слабое

Исходя из таблицы видно, что сильному влиянию подвержена атмосфера. Так как территории Тугнуйского угольного разреза отмечаются запыленность и загазованность атмосферного воздуха. Основными загрязнителями являются: автомобильный транспорт, фоновое загрязнение, топка дровяных печей, хвостохранилища, отвалы, где скапливаются все отходы (табл.2). При проведении взрывных работ загрязняющие вещества выбрасываются в атмосферу в виде пылегазового облака и постепенно выделяются из взорванной горной массы.

Мы сравнили фоновое загрязнение концентрации загрязняющих веществ, где основными загрязняющими веществами являются оксид углерода, диоксид азота.

Таблица 2

Фоновые концентрации загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Фоновая концентрация, мг/м ³	ПДК мг/м ³
Взвешенные вещества	0,278	0,4
Оксид углерода	2,465	5
Диоксид азота	0,071	0,1
Диоксид серы	0,016	0,6

Значительное количество пыли также образуется при бурении взрывных скважин, работе обогатительной фабрики. В связи с этим загрязнение на территории угольного разреза значительно увеличивается [5].

Влияние также идет и на водную среду исследуемой территории. Наибольшую опасность представляют большие объемы сброса подземных, дренажных и карьерных вод Тугнуйского угольного разреза, которые могут нанести отрицательное воздействие на качественный состав и режим реки Тугнуй. Сброс отработанных карьерных вод в реку Тугнуй осуществляется с превышением допустимых значений концентраций ряда загрязняющих веществ.

На эксплуатируемых участках образуются карьерные воды, которые отводятся в реку Тугнуй – на участке разработки месторождения «Олонь-Шибирское» и реку Харауз – на участке разработки месторождения «Никольское». На поверхностные воды воздействуют вскрышные горные породы, и производственная инфраструктура разреза, в результате чего происходят изменения гидрографической сети, гидрологического режима, качество вод.

Наиболее значительное преобразование рельефа на территории Тугнуйского разреза происходит непосредственно на участках производства горных работ. Извлечение из недр больших объемов горных пород и размещение их в отвалы приводит к нарушениям значительных пространств. В результате появляются отвалы, насыпи, дамбы, карьеры.

Близлежащие территории разреза претерпевают антропогенные изменения почвенного покрова. Так, Тугнуйская котловина уже давно испытывает серьезную антропогенную нагрузку в результате деятельности Тугнуйского угольного разреза.

Нами были взяты пробы снежного покрова для определения степени загрязненности, которые показали, что в южном и северном направлении везде вода мутная, наблюдается, что в южном и северном направлении есть небольшое загрязнение.

Таблица 3

Свойства снежного покрова

Северное направление (500м)	Южное направление (500м)	Северное направление (1000 м)	Южное направление (1000 м)
Вода мутная Снежный покров сильно загрязнен	Характерно небольшое загрязнение. Вода немного мутная	Вода мутная, небольшое загрязнение. Есть осадок	Присутствует небольшое загрязнение. Вода мутноватого цвета

Показано что в Тугнуйской котловине создается сложная экологическая обстановка.

При производстве горных работ нарушаются почвенный покров и ландшафт. В районе разреза трансформация почвенного покрова происходит в результате изменения режима основных почвообразующих факторов (биологического, климатического, гидрологического и т.д.). Так, целесообразно с промышленной деятельностью горнодобывающего предприятия Тугнуйского разреза одновременно проводить мероприятия по восстановлению нарушенного ландшафта. Так вопросы рекультивации нарушенных земель горными работами относятся к числу серьезных экологических проблем, где тысячи гектаров земли подвергаются их

воздействию. Поэтому основным мероприятием является проведение рекультивации отвалов.

Был проведен анализ сравнения как идет самовосстановление территории после угледобычи горнодобывающего предприятия. На примере Тугнуйского и Хольбоджинского разрезов, который показал, что на Тугнуйском угольном отработанная территория достаточно быстро покрывается растительностью. А на Хольбоджинском разрезе участок представляет пустошь, где нет растительности.

Это все говорит о том, что хорошие климатические условия разработки Тугнуйского угольного разреза позволяют восстановить

Для исследуемой территории Тугнуйского угольного разреза характерно разнообразие биотических комплексов. На территории прилегающих к разрезу- Тугнуйская котловина, ее микроклиматические условия способствуют восстановлению растительного покрова после отработанных предприятием участков.

На территории Тугнуйского разреза целесообразно создать лесные насаждения сосны в смешении с облепихой. Так как облепиха морозо- и жароустойчива, у нее хорошие показатели роста. Высокие биоэкологические качества облепихи позволяют рекомендовать ее для широкого культивирования на отвалах.

Лесонасаждения на отвалах выполняют важную мелиоративную и почвозащитную роль, так как лесные культуры показывают высокую энергию роста. Водохозяйственное восстановление позволяет уменьшить площадь земель рекультивируемых. Для создания водоема на территории отводится 600 га.

В настоящее время после отработки угольного разреза необходимо восстанавливать все компоненты природной среды. Здесь необходима комплексная рекультивация, которая позволяет эффективно восстанавливать нарушенные земли и возвращать их в сельскохозяйственное использование. Что касается загрязнения атмосферного воздуха то наиболее эффективным способом снижения выбросов пыли является использование пылеотделительного оборудования. В целях уменьшения выбросов в атмосферу вредных веществ рекомендуется следующий комплекс мероприятий - пылеподавление при ведении вскрышных и добычных работ - периодическое орошение водой пылящих поверхностей откосов добычных и вскрышных уступов.

В настоящее время основным способом снижения выбросов пыли является совершенствование существующих технологических процессов и создание качественно новых технологических процессов, при которых выбросы пыли полностью отсутствуют или незначительны.

Благодарности: Работа выполнена в рамках бюджетной научно-исследовательской работы № АААА-А21-121011990023-1.

Литература

1. Андросова Н. К. Геохимия техногенеза в районах разработки месторождений полезных ископаемых. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geohimiyatehnogeneza-v-rayonah-razrabotki-mestorozhdeniy-poleznyh-iskopaemyh> (дата обращения: 02.04.2018).
2. Анализ и прогноз состояния окружающей среды Республики Бурятия в новых условиях / А. Б. Базаров, А. О. Баранов, В. Н. Павлов и др. // Мир экономики и управления. 2022. Т. 22, № 2. С. 36–54. DOI 10.25205/2542-0429-2022-22-2-36-54
3. Грицко Г. И., Счастливец Е. Л. Экологические проблемы угледобывающих районов при закрытии шахт. Кемерово: Азия, 2001.
4. Копытов А. И., Манаков Ю. А., Куприянов А. Н. Развитие угледобычи и проблемы сохранения экосистем в Кузбассе // Уголь. 2017. № 3. С. 72–77.
5. Придоохранная документация. Оценка воздействия, 2002.
6. URL: <https://tuday.ru/news/society/10171528?ysclid=lvafjwvf74388399801>

САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭВОТИНСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО РАЙОНА (АЛДАНО-СТАНОВОЙ ЩИТ)

А. И. Журавлев, А. В. Округин, Б. Б. Герасимов, Е. Е. Лоскутов,
А. А. Кравченко, А. И. Иванов

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск, Россия
ai.zhuravlevgeo@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены минералого-геохимические особенности самородного золота из россыпных проявлений северной части Эвотинского рудно-россыпного района. Самородное золото различается по степени окатанности, морфологическим особенностям, содержанию элементов примесей и внутренним структурам. Проведено изучение элементов примесей в самородном золоте методом LA-ICP-MS. Исследование внутренней структуры низко- и среднепробного золота выявило неясно зональную, а также разно фазную структуру блочного строения некоторых индивидов. Установлено, что для частиц с низкой и средней пробностью прослеживается связь с золоторудной минерализацией, сформированной в результате проявления щелочного магматизма мезозойского возраста и распространенной на месторождениях Центрально-Алданского рудного района. Для самородного золота высокой и весьма высокой пробности предполагается существование двух типов коренных источников различных по геохимической специализации.

Ключевые слова: Россыпное золото, элементы примеси, пробность, Центрально-Алданский рудный район.

NATIVE GOLD FROM NORTH-EASTERN PART OF EVOTA ORE-PLACER DISTRICT (ALDAN-STANOVOY SHIELD)

A. I. Zhuravlev, A. V. Okrugin, B. B. Gerasimov, E. E. Loskutov,
A. A. Kravchenko, A. I. Ivanov

Diamond and precious metal geology institute SB RAS, Yakutsk, Russia
ai.zhuravlevgeo@gmail.com

Abstract. The mineralogical and geochemical features of native gold from placer occurrences in the northern part of the Evota ore-placer district are considered. Native gold varies in degree of roundness, morphological features, content of impurity elements and internal structures. Admixture elements defined in native gold using the LA-ICP-MS method. The study of the internal structure of gold with low- and medium fineness revealed an unclear zonal, as well as different phase structure of the block structure of some individuals. For particles with low and medium fineness there is a connection with gold mineralization, formed as a result of the occurrence of alkaline magmatism of Mesozoic age and widespread in the deposits of the Central Aldan ore district assumed. For native gold with high and very high fineness, the existence of two types of primary sources with different geochemical specialization is assumed.

Keywords: Placer gold, admixture elements, fineness, Central-Aldan ore district.

В центральной части Алдано-Станового щита, южнее Центрально-Алданского рудного района (ЦАРР) расположен перспективный на обнаружение различных типов золотоносных руд Эвотинский рудно-россыпной район (ЭРР) [2] с золотоносными россыпями, коренные источники для многих, из которых не установлены. В данном сообщении приведены новые данные по минералого-геохимическим особенностям самородного золота северной части ЭРР, которые раскрывают дополнительную информацию о вероятных источниках россыпного золота, а также подтверждают высказанные ранее предположения.

В аллювиальных отложениях *руч. Еловый* самородное золото встречается в виде единичных знаков на лоток размером от 0,1 до 1,03 мм. Форма выделений и степень окатанности различная. По данным микрозондового анализа пробность варьирует в широком диапазоне от 619 до 1000 ‰. Наблюдается бимодальное распределение пробности. Для выявления возможных коренных источников было проведено изучение элементов примесей в самородном золоте методом LA-ICP-MS. Исследование показало, что высоко- и весьма высокопробное золото отличается повышением концентраций Cu, Bi, понижением Sb и отсутствием Sn (рис. 1, б) по сравнению с низко- и среднепробным золотом (рис. 1, в). Минеральные включения в низко- и среднепробном золоте представлены кварцем, хлоритом, пироксеном, цирконом,

пиритом, гесситом (?). Для высоко- и весьма высокопробного золота характерны включения кварца, хлорита, галенита, пироксена, теллуриовисмутита, висмутина, оксидов висмута. Исследование внутренней структуры низко- и среднепробного золота показало, что некоторые индивиды характеризуются неясно зональной, а также разнофазной структурой блочного строения. Золото с подобными структурами предположительно формировалось в близповерхностных условиях [1]. Установлено, что некоторые частицы весьма высокопробного золота имеют губчатую ветвисто-петельчатую текстуру и представляют собой симплектитовые агрегаты золота и оксидов висмута. По минералам включениям, набору элементов примесей и их концентрациям, текстурным особенностям высоко- и весьма высокопробное золото схоже с золотом, рассмотренным ранее на месторождении им. П. Пинигина (рис. 1, а). Низко- среднепробное самородное золото отличается внутренним строением, морфологическими особенностями, минералам включениями, концентрацией и набором элементов примесей, что вероятно обусловлено иным типом коренного источника. Таким источником могут быть оруденения, связанные со становлением Медведевского многофазового массива, расположенного в верховьях ручья, рассмотренные нами ранее и схожие с широко распространенными в пределах ЦАРР [3].

Самородное золото россыпного объекта *Золотой* представлено частицами размерами от 0,15 до 1,32 мм. Большая часть золотин имеет хорошую окатанность, однако есть единичные знаки со средней и слабой окатанностью. Микронзондовым анализом определена пробность, она изменяется от 678 до 1000 ‰. Наблюдается бимодальное распределение пробности с присутствием значимых количеств как низко- среднепробного так и высокопробного золота. Многие частицы имеют высокопробные оболочки. По данным LA-ICP-MS анализа низко- и среднепробное золото содержит повышенные содержания Sb, Zn, Sn и пониженное Cu, Bi, в высоко и весьма высокопробном золоте напротив наблюдается понижение содержаний Sb, Zn и повышение Cu, Bi, примесь Sn отсутствует (рис. 1, г). Минералы включения представлены в низко- и среднепробном золоте – кварцем, хлоритом, гесситом. В высоко- и весьма высокопробном – кварцем, хлоритом, оксидами висмута. Некоторые весьма высокопробные частицы самородного золота в этом россыпепроявлении также имеют ветвисто-петельчатую текстуру и схожи по содержанию элементов примесей с рассмотренными на месторождении им. П.Пинигина (рис. 1, г).

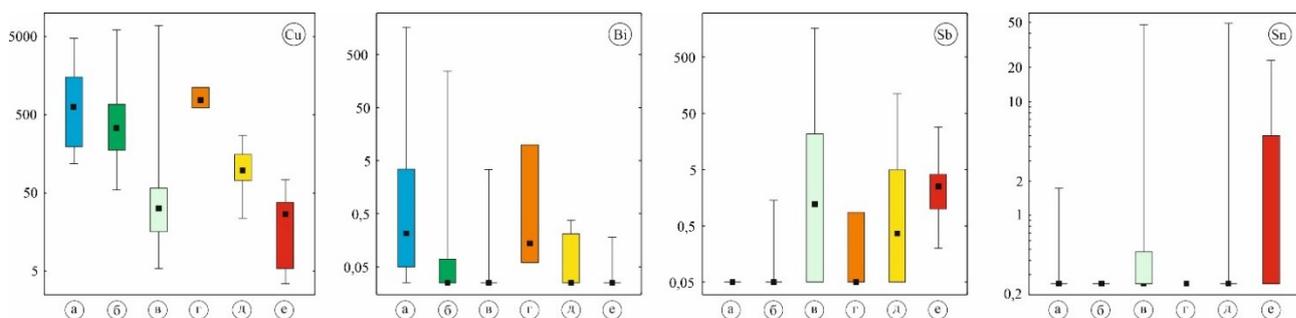


Рис. 1. Диаграмма распределения элементов-примесей в самородном золоте по данным LA-ICP-MS, содержание в г/т. Нижняя и верхняя границы блоков соответствуют 25 и 75 перцентилю, ответвления соответствуют максимальному и минимальному содержаниям, черный квадрат – медиана. Объекты: а – месторождение им. П. Пинигина; б – высокопробное и весьма высокопробное золото руч. Еловый; в – низко и среднепробное золото руч. Еловый; г - высокопробное и весьма высокопробное золото об. Золотой; д - низко и среднепробное золото об. Золотой; е – россыпное золото ЦАРР (Лебединский тип)

Различие в минералах включениях, концентрации и наборе элементов примесей (рис. 1, е) вероятно, указывают на иной, возможно собственный тип коренного источника для золота низкой и средней пробности этого россыпепроявления, присутствие высокопробных оболочек свидетельствует о его длительной истории пребывания в экзогенных условиях.

В верхнем течении *р. Малый Нимныр* самородное золото изучено из техногенных отвалов. Оно встречается в виде единичных знаков на лоток размером от 0,12 до 1 мм с преиму-

щественно цементационными и интерстициальными формами. Окатанность большей части золота хорошая, однако в фракции менее 0,3 мм встречаются индивиды рудного облика. По данным микрозондового анализа пробность варьирует в диапазоне от 846 до 1000 ‰, все частицы золота за исключением одной имеют пробность выше 900 ‰. По данным ICP-MS анализа в высоко и весьма высокопробном золоте наблюдаются повышенные содержания Ir, Os, Pd пониженные Bi. Содержание элементов примесей отличается от наблюдаемого на месторождении им. П. Пинигина. Большая часть частиц крупнее 0,4 мм имеет высокопробные оболочки. В качестве минералов-включений обнаружены кварц, хлорит, галенит, пирит, халькопирит, рутил. Содержание элементов примесей, присутствие высокопробных оболочек, отсутствие ветвисто-петельчатых текстур и ассоциации с минералами висмута, широкий спектр минералов-включений, вероятно, указывают на источники высокопробного золота, отличающиеся по геохимической специализации от изученных на месторождении им. П. Пинигина. Такими объектами могли служить оруденения в железистых кварцитах, где наряду с тонкодисперсным золотом фиксируются микровыделения высокопробного золота до 0,25 мм [3].

Таким образом, проведенные исследования показали, что для частиц в россыпных проявлениях ЭРР с низкой и средней пробностью прослеживается связь с золоторудной минерализацией, сформированной в результате проявления щелочного магматизма мезозойского возраста и распространенной на месторождениях ЦАРР. Для самородного золота высокой и весьма высокой пробности предполагается существование двух типов коренных источников различных по геохимической специализации.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания ИГАБМ СО РАН.

Литература

1. Минералого-геохимические особенности самородного золота ручья Еловый (Эвотинский рудно-россыпной район, Алдано-Становой щит) / А. И. Журавлев, Б. Б. Герасимов, А. В. Округин и др. // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: тезисы докладов XIII Международной научно-практической конференции. Москва: ЦНИГРИ, 2024. С. 121–124.
2. Золоторудные районы и узлы Алдано-Становой металлогенической провинции / А. В. Молчанов, А. В. Терехов, В.В. Шатов и др. // Региональная геология и металлогения. 2017. № 71. С. 93–111.
3. Округин А. В., Журавлев А. И., Мохначевский Г. В. Минералого-геохимические и морфологические особенности россыпного золота юго-восточной части Сибирской платформы // Отечественная геология. 2013. № 5. С. 19–27.

ПАЛЕОЗОЙСКИЕ МОРЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Н. А. Землянская

Клуб «Юный геолог», Чита, Россия
kroptopcool@yandex.ru

Аннотация. Составлена геохронологическая шкала палеозоя Забайкалья, в которой приведены руководящие формы фауны беспозвоночных для каждого периода. На схематичных картах края обозначены точки местонахождений фауны каждого периода палеозоя. Сделана попытка реконструкции условий формирования палеозойских отложений по найденным в них органическим остаткам.

Ключевые слова: Забайкалье, палеозой, фауна, морские отложения, геохронологическая шкала.

PALEOZOIC SEAS OF TRANSBAIKALIA

N. A. Zemlyanskaya

«Yuniy Geolog» Club, Chita, Russia
kroptopcool@yandex.ru

Abstract. Geochronological scale of Transbaikal Paleozoic has been made by author. The scale consists characteristic genera of invertebrates for every period. The fauna locations for every Paleozoic period were applied on schematic region maps. The attempt of conditions Paleozoic sedimentation using fossils was made.

Keywords: Transbaikal, Paleozoic, fauna, marine deposits, geochronological scale.

На территории нашего края на протяжении почти 300 млн лет существовали моря, населённые различной фауной и флорой – так кратко можно описать палеозойскую эру. В это время произошло множество событий, которые дали начало развитию богатого органического мира. Изучить прошлое Забайкалья, узнать, какая фауна была распространена в разные периоды палеозоя – задача настоящей работы.

Главным толчком к развитию органического мира стал «Кембрийский взрыв», после которого появилось огромное количество скелетной фауны по всему земному шару [3]. На дне тёплых забайкальских морей обитали брахиоподы родов *Bicia* и *Magnicanalis*, а по цианобактериальным матам ползали мелкие трилобиты *Sajanaspis*, *Hebediscus*, *Argunaspis*. Цианобактерии в кембрии являлись первыми рифостроителями, наравне с археоциатами. На юго-востоке Забайкалья, недалеко от села Нерчинский завод, расположен Георгиевский риф, построенный археоциатами и цианобактериями. Основание сложено онколитовыми и строматолитовыми известняками, а выше располагаются постройки археоциат *Ajacityathus*, *Archaeolyntus* и др. Длина этого рифа около 80 метров, а ширина 12–20 метров. На протяжении всего кембрия в районе современного бассейна р. Калар, на севере Забайкалья, также располагалось мелкое тёплое море, обитателями которого являлись цианобактерии, археоциаты, трилобиты и брахиоподы [1, 6, 7].

Тёплые ордовикские моря находились только на севере края – в Верхнекаларском грабене [1]. Они были густонаселены брахиоподами *Finkelburgia*, *Apheorthis*, *Obolus* и др., трилобитами *Saukiella*, *Pseudokoldinella*, *Tersella*, *Dolgeuloma* и др., цистоидеями *Echinoencrinites*, конодонтоносителями *Drepanoistodus*, *Stereoconus*, *Erismodus* и др., колпачковидными моноплакофорами *Lenaella*, *Kirengella*, цефалоподами *Intejoceras*. В это время произошла Великая Ордовикская радиация, отличившаяся большим биоразнообразием, что заметно по обилию всевозможных фаунистических остатков в ордовикских отложениях Забайкалья.

Надёжно охарактеризованные фаунистическими остатками силурийские моря располагались на самом востоке Забайкальского края, они известны лишь у с. Нерчинский завод и в Верхнем Приамурье. В пределах неглубокого шельфа этих морей проживало множество брахиопод, а над ними возвышались немногочисленные морские лилии всего двух родов *Dentiferocrinus* и *Exaesiodyscus* [1]. Силурийские замковые брахиоподы в Забайкалье разнообраз-

ны, это представители отрядов Orthida, Strophomenida, Pentameridina, Rhynchonellida и Spiriferida. Силур в мире известен выходом первых растений на сушу, но в забайкальских отложениях проблематичные остатки риниофит известны только в бассейне р. Онон.

Достаточно широко распространены в крае девонские отложения, а наиболее хорошо фаунистически охарактеризованы они на востоке региона – в Верхнем Приамурье и Среднем Пригазимурье. Там, на дне мелких тёплых девонских морей среди зарослей криноидных лугов (*Kuzbassocrinus*, *Hexacrinites*, *Paradecacrinus* и др.), кораллов (*Alveolites*, *Favosites*) и склероспонгий (*Chaetetes*) «сидели» на ножках или лежали на иголках брахиоподы отрядов Orthida, Strophomenida, Chonetida, Rhynchonellida, Spiriferida и Terebratulida, недалеко от поверхности дна проплывали трилобиты *Paciphacops* и *Phillipsia*, а мшанки *Sulcoretepora*, *Lioclema* обволакивали подводные камни [1, 7]. Девон принято считать эпохой рыб, но их остатки единичны в отложениях Восточного Забайкалья – в разрезе нижнего девона на правом берегу р. Ильдикан (бассейн р. Газимур) найдена кость панцирной рыбы *Arthrodira* [4].

Палеообстановки каменноугольного периода в Забайкалье разнообразны. В турнейское и визейское время рифовые постройки с обильной фауной существовали в районе современных бассейнов рек Газимур и Онон. Вдоль р. Онон тянутся скалы высотой до 50 м, сложенные терригенными и карбонатными породами с обильной фауной. В песчаниках часты захоронения отдельных створок и целых раковин брахиопод *Leptogonia*, *Prospira*, *Chonetes*, *Spirifer*, *Nomiopsis* и др., образующих гнездовые скопления или ракушечные «мостовые». На створках брахиопод встречаются трубочки червей *Serpula*. Колонии мшанок обычны в алевролитах, как и стеблевые фрагменты криноидей *Bicostulatocrinus*, *Platycrinites* и др. Одиночные колонии трубчатых кораллов *Syrigopora* встречаются реже [1, 4].

В Газимурских органогенных известняках и известковых алевролитах были найдены многочисленные брахиоподы *Orthotes*, *Chonetes*, *Rotaia*, *Tomiopsis* и др., фрагменты стеблей морских лилий *Ungulicrinus*, *Platycrinites*, мшанок *Sulcoretepora*, *Nikiforovella* и др. [1, 8].

В морях серпуховского и башкирского времени наибольшим разнообразием и многочисленностью отличились брахиоподы отрядов Orthida, Strophomenida, Chonetida, Productida, Rhynchonellida и Spiriferida, а также мшанки, принадлежащие отрядам Cystoporida, Trepostomida, Rhabdomesida и Fenestellida. Редки были криноидеи из отрядов Monobathrida, Cladida и Angulata, и двустворки, представленные семью отрядами: Ctenodontida, Actinodontida, Cyrtodontida, Pectinida, Carditida, Pholadomyida и Cuspidariida.

Фаунистически охарактеризованные отложения московского яруса среднего карбона и всего верхнего карбона на территории региона пока не известны. Для отложений карбона повсеместно характерно обилие растительности и формирование мощных пластов угля, но в Забайкалье найдены лишь немногочисленные находки обугленных семян и растительного детрита [9].

Пермские отложения содержат обильные мшанки и брахиоподы (Productida, Spiriferida, Athyridida). Большое разнообразие в это время приобретают двустворчатые моллюски (Ctenodontida, Cyrtodontida, Carditida, Astartida, Pholadomyida). А вот криноидеи очень сильно уменьшились по количеству родов и видов. Лишь только пелагические неокамптокринусы повсеместно распространены в разрезах нижней перми [1].

В конце пермского периода произошло два крупных вымирания – Вымирание Олсона и Великое вымирание, в результате которых население Забайкальских морей существенно изменилось: навсегда исчезли древние кораллы и аммоноидеи, трилобиты, в мезозое появились совсем другие морские лилии и брахиоподы.

В результате проведённых исследований автором составлена геохронологическая шкала палеозоя Забайкалья (рис.), где приведены характерные морские жители каждого периода, а также карта края с обозначенными точками местонахождений флоры и фауны каждого периода палеозоя.

Выражаю благодарность кандидату геол.-мин. наук Куриленко Алёне Васильевне за подготовку и помощь в написании доклада, а также в сборе и обработке собранной информации. Дополнительно выражаю благодарность за помощь в составлении карт для геохронологической шкалы своему преподавателю Ядрищенской Наталье Георгиевне.

Литература

1. Атлас фауны и флоры палеозоя–мезозоя Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2002. 714 с.
2. Елкин Е. А., Прашкевич Г. М. На заре жизни: берега Ангариды. Новосибирск: Инфолио-пресса, 2003. 128 с.
3. Исмаилова С. Т. Энциклопедия для детей. Т. 4 (Геология). Москва: Аванта+, 1995. 624 с.
4. Сеница С. М. Этапы развития органического мира Забайкалья и экологические кризисы // Учёные записки ЗабГГПУ. 2010. С. 68–78
5. Стукалина Г. А. Криноидеи палеозоя. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 283 с.
6. Ушатиная Г. Т. С чем могли быть связаны различия в минеральном составе раковин у древних брахиопод. Москва: ПИН РАН, 2014. С. 186–199.
7. Малая энциклопедия Забайкалья: Природное наследие. Новосибирск: Наука, 2009. 698 с. URL: <http://ez.chita.ru/encycl/concepts/?id=7902> (дата обращения: 07.02.2024).

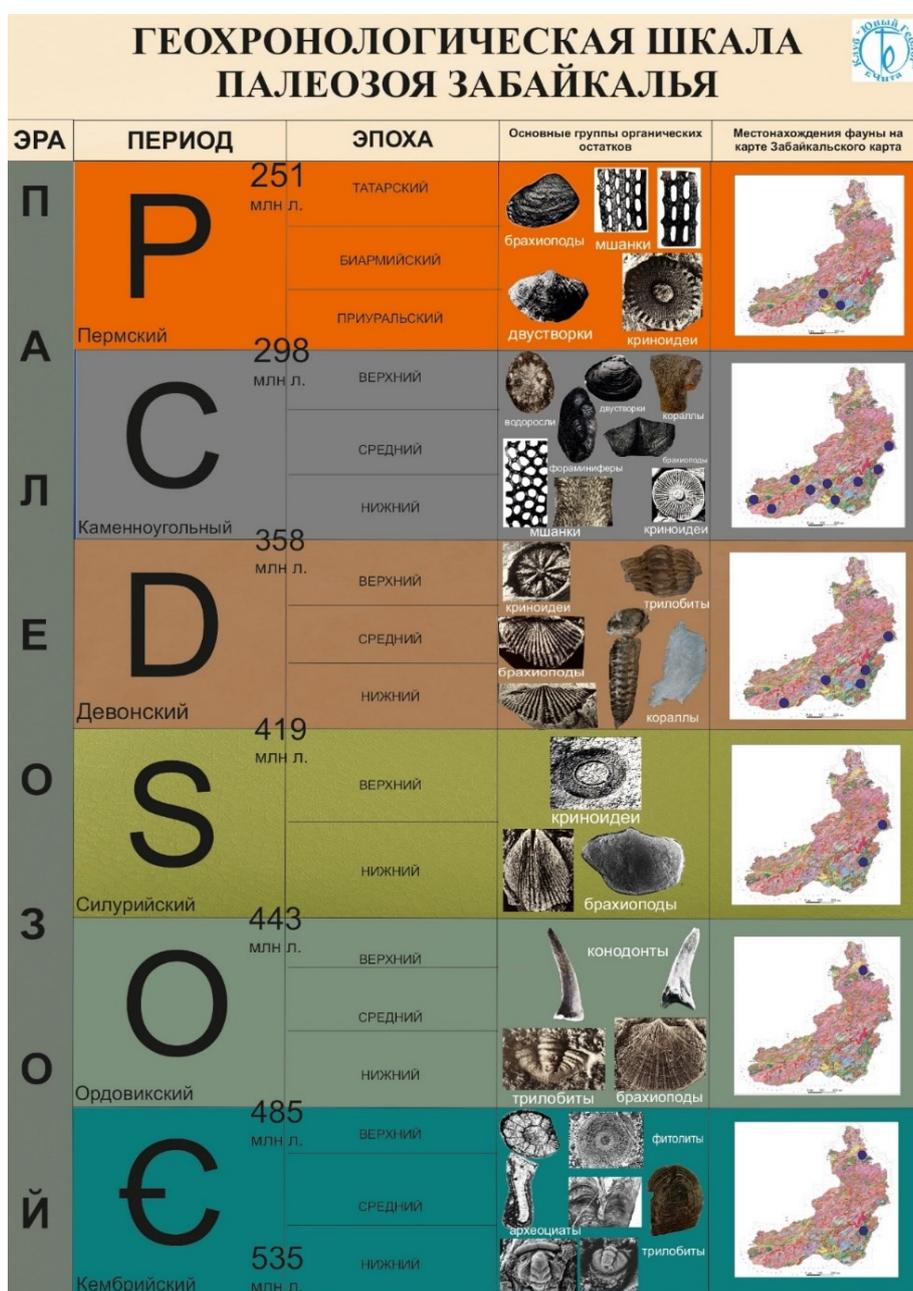


Рис. 1. Геохронологическая шкала палеозоя Забайкалья

КАРТИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ HARMONIZED LANDSAT SENTINEL-2 ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Ю. Н. Иванова^{1,2}

¹ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук, Москва, Россия

² Российский университет дружбы народов, Москва, Россия
jnivanova@yandex.ru

Аннотация. Впервые для северного окончания восточного склона Полярного Урала с помощью данных дистанционного зондирования Земли, полученных космическим аппаратом Harmonized Landsat Sentinel-2, построены карты развития гидротермально-метасоматических пород для Щучьинской зоны: минералы группы оксидов и гидроксидов железа (гематит, магнетит, гётит, ильменит), а также ярозит и лимонит; минеральные ассоциации с преобладанием оксида двухвалентного железа (магнетит); минеральные ассоциации с преобладанием оксида трехвалентного железа (гематит); гидроксилсодержащие (Al-OH и Fe,Mg-OH), карбонатные (кальцит и доломит) и сульфатные (гипс) минералы. В результате проведенного исследования выделен дополнительный вещественный критерий золотого оруденения. Установлено, что на перспективных площадях на золоторудный тип минерализации должны быть проявлены метасоматические ореолы с повышенными значениями индексов оксидов трехвалентного железа (гематит), оксидов и гидроксидов железа (лимонит) и в меньшей степени гидроксил-(Al-OH, Mg-OH), карбонат-содержащих минералов и оксидов двухвалентного железа.

Ключевые слова: Полярный Урал, дистанционное зондирование Земли, Harmonized Landsat Sentinel-2, гидротермально-метасоматические изменения, Щучьинская зона.

MAPPING OF HYDROTHERMAL-METASOMATIC CHANGES BASED ON DATA FROM THE HARMONIZED LANDSAT SENTINEL-2 SPACECRAFT FOR THE POLAR URAL TERRITORY

J. N. Ivanova^{1,2}

¹ Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry
of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia
jnivanova@yandex.ru

Abstract. For the first time, for the northern end of the eastern slope of the Polar Urals, using Earth remote sensing data obtained by the Harmonized Landsat Sentinel-2 spacecraft, maps of the development of hydrothermal-metasomatic rocks for the Shchuchinskaya zone: minerals of the group of iron oxides and hydroxides (hematite, magnetite, goethite, ilmenite), as well as jarosite and limonite; mineral associations with a predominance of ferrous oxide (magnetite); mineral associations with a predominance of ferric oxide (hematite); hydroxyl-containing (Al-OH and Fe,Mg-OH), carbonate (calcite and dolomite) and sulfate (gypsum) minerals. Hydrothermal-metasomatic contours with high values of indices of ferric oxides (hematite), iron oxides and hydroxides (limonite) and, to a lesser extent, hydroxyl-(Al-OH, Mg-OH), carbonate-containing minerals and ferrous iron oxides should be present in promising areas for gold ore mineralization.

Keywords: the Polar Urals, remote sensing of the Earth, Harmonized Landsat Sentinel-2, hydrothermal-metasomatic changes, the Shchuchinskaya zone.

С помощью информации, полученной космическим аппаратом дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ) Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS-2), впервые для Щучьинской зоны (ЩЗ) Полярного Урала построены карты развития гидротермально-метасоматических пород для ЩЗ и выявлен вещественный критерий для выделения площадей, перспективных на золоторудный тип минерализации в пределах исследуемой территории.

ЩЗ – самая северная часть палеозойской островодужной системы Урала, входящая в систему Главного Уральского разлома (ГУР). Это крупный надвиг, который перекрыт мезозой-

скими отложениями на востоке. Фрагмент ГУР располагаются вокруг Щучьинского синклинория и образуют единую полукольцевую структуру.

В строении ЦЗ выделяют несколько сегментов, в пределах которых установлены: палеозойские покровно-складчатые сооружения, представленные породами ордовика, силура, девона, карбона, перекрытые платформенными мезозойскими отложениями юры и триаса. Среди интрузивных тел преобладают габброиды. Гранитоиды являются второстепенными. Они образуют штокообразные массивы площадью до 10–16 км² [1].

Отдельно для этой зоны можно выделить юньягинский комплекс (габбро-гранодиорит-гранитовый второй фазы). С ним генетически связаны скарново-магнетитовые с Au объекты, расположенные в одноименном рудном узле. На сегодняшний день Юньягинское месторождение является перспективным (содержание золота до 5.5 г/т). Кроме того, рудный узел вмещает другие типы рудопоявлений и пунктов минерализации: золотосодержащая Cu-Fe-скарновая, Ti-Fe-рудная мафитовая, Ti-Fe-рудная ультрамафит-мафитовая и Ti-Fe-рудная метаморфогенная формация [2].

Исходные данные. Четыре безоблачные дневные сцены КА HLS-2 HLS.S30.T41WPQ.2022212T071619; HLS.S30.T41WPR.2022212T071619; HLS.S30.T41WVA.2021187T071619; HLS.S30.T42WVV.2020205T070631 получены из сервиса <https://search.earthdata.nasa.gov>. Кроме того, учтены данные геологической карты и карты закономерности размещения полезных ископаемых и (масштабы карт 1:1000000) [2].

В работе применялись методы исследования. (1) Линеаментный анализ. С методикой выделения линеаментов ручным способом можно ознакомиться в работе [3]. Кроме того, на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) Aster GDEM выделены дополнительные линейные линеаменты рельефа, которые не дешифрируются на КС (рис. 1). (2) Метод соотношения полос. Для картирования гидротермально-метасоматических изменений применены следующие спектральные каналы КА ДЗЗ HLS-2: 4/2 – минералы группы оксидов и гидроксидов железа (гематит, магнетит, гётит, ильменит, ярозит и лимонит); 11/4 и 11/8 – минералы с преобладанием оксида двух- (магнетит) и трехвалентного железа (гематит), соответственно; 11/12 – гидроксилсодержащие, карбонатные (кальцит и доломит) и сульфатные (гипс) минералы. Эти соотношения каналов являются индикаторами Fe²⁺, Fe³⁺, Al-OH, Fe-OH, Mg-Fe-OH и Si-OH групп минералов гидротермальной природы и продуктов их гипергенеза [4]. (3) Метод главных компонент.

Обработка, визуализация и систематизация данных реализована в программном обеспечении QGIS.

В результате для исследуемой площади получены четыре типа гидротермально-метасоматических изменений (рис. 1).

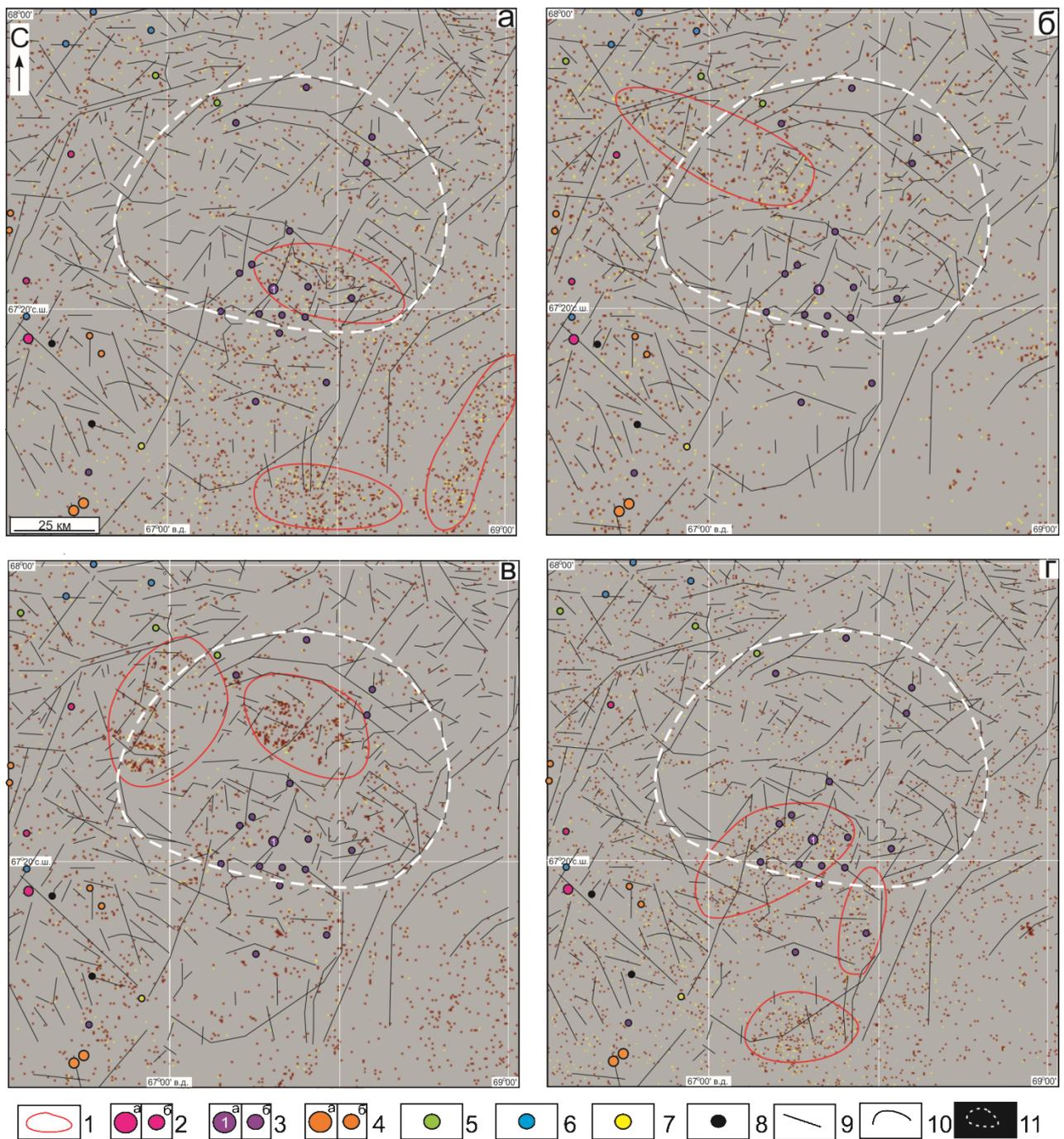


Рис. 1. Карты распределения гидротермально-метасоматических изменений для исследуемой площади, полученные в ходе обработки, визуализации и систематизации данных КС КАДЗЗ HLS-2: а – гидроксил- и карбонат-содержащие, б – оксиды трехвалентного железа, в – оксиды и гидроксиды железа, г – оксиды двухвалентного железа. Желтыми точками показаны минимальные концентрации гидротермальных изменений, оранжевыми – средние и красными – максимальные. 1 - ореолы максимального сгущения точек вторичных изменений, 2-8: месторождения (а), рудопроявления (б): 2 – Мо, 3 - Fe, 4- Au-Fe, Au, 5 - Cu, 6- Pb-Zn, 7 - As-Mo-Au, 8 – Ti; 9-10 – линейменты: радиальные (9) и дуговые (10), выделенные ручным способом по КС КА HLS-2 и по ЦМР; 11 - контуры Щучинского палеовулкана (ЩП) - морфоструктура 1-го порядка размером 97 на 76 км. Ранее выделенные на изучаемой территории объекты локализованы по периферии ЩП. Месторождение Юньягинское (помечено цифрой 1)

Выделенные контуры максимального сгущения точек, особенно с высоким содержанием в целом совпадают, для оксидов трехвалентного железа и оксидов и гидроксидов железа. Повышенные значения оксидов двухвалентного железа и гидроксил- и карбонат-содержащих минералов согласуются не столь сильно. Скорее всего это связано с более поздними осадочными свитами (например, тольинская, яны-маньинская, теунтойская и лаборовская), которые

представлены разнообразными осадочными породами (пески, гравийники, галечники, конгломераты, пласты бурых углей, алевролиты, песчаники, углистые глины, глины) мощностью до 450 м.

Таким образом, гидротермально-метасоматические ореолы с высокими значениями индексов оксидов трехвалентного железа (гематит), оксидов и гидроксидов железа (лимонит) и в меньшей степени гидроксил-(Al-OH, Mg-OH), карбонат-содержащих минералов и оксидов двухвалентного железа должны присутствовать на территориях перспективных на золоторудный тип минерализации.

Работа выполнена при поддержке молодёжной лаборатории ИГЕМ РАН «Лаборатория прогнозно-металлогенических исследований» в рамках темы государственного задания «Применение современных методов оценки, поиска и прогноза месторождений твердых полезных ископаемых, в том числе стратегических, в Арктической зоне Российской Федерации с целью расширения минерально-сырьевой базы и планирования развития транспортно-коммуникационных сетей».

Литература

1. Душин В. А. Геологическое строение и магматизм Щучьинского мегаблока (Полярный Урал) // Известия УГГУ. 2020. Вып. 4(60). С. 35–56.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Западно-Сибирская. Лист Q-42 – Салехард: Объяснительная записка / Л. И. Зылёва, А. Л. Коновалов, А. П. Казак и др. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2014. 396 с.
3. Иванова Ю. Н., Выхристенко Р. И., Викентьев И. В. Геологическая позиция и структурный контроль золоторудной минерализации Малоуральского вулканоплутонического пояса (Полярный Урал) по результатам анализа мультиспектральных снимков космического аппарата Landsat 8 // Исследование Земли из космоса. 2020. № 4. С. 51–62.
4. Masek J. G., Claverie J., Ju. M., and et al. Harmonized Landsat Sentinel-2 (HLS) Product User Guide. Product Version 2.0. 2018.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В МЕТАСОМАТИТАХ КУНАР-СЕРЕБРЯНСКОЙ ПЛОЩАДИ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ ТАЙМЫР)

Ю. В. Кисельников, В. Ф. Проскурнин, А. Г. Шнейдер

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Россия
yury.kiselnikoff@yandex.ru

Аннотация. В ходе рекогносцировочных работ изучены метасоматические изменения в метаморфических породах, установлен порядок образования гидротермальных минералов, оценён геохимический баланс вещества. Ранние изменения отнесены к пропилитазии, выражены в последовательном формировании ассоциаций (хлорит + эпидот + альбит) – (эпидот + актинолит + биотит) – (хлорит + карбонат) в условиях переменных температур. Поздние изменения представлены березитизацией, контролируются составом первичных пород. В метабазах возникает ассоциация (мусковит + хлорит + железистый карбонат), в метадацитах – (мусковит + железистый карбонат). Мусковит является ранним минералом, хлорит – промежуточным, карбонаты и пирит – поздними. При пропилитазии происходит привнос в породы CaO, MgO, при березитизации – K₂O, SiO₂, CO₂, Au, As, Zn, Pb, Cu, Te. В целом метасоматические изменения сопровождаются ростом содержаний REE с ~50 до 390 г/т и усилением отрицательной европиевой аномалии.

Ключевые слова: метасоматоз, Таймыр, березитизация, пропилитазия, Кунар-Серебрянский потенциальный перспективный рудный узел.

SEQUENCE OF MINERAL-FORMATION PROCESSES IN METASOMATIC ROCKS OF THE KUNAR-SEREBRYANKA POTENTIAL ORE SITE (NORTH-EASTERN PART OF THE TAIMYR PENINSULA)

Y. V. Kiselikov, V. F. Proskurnin, A. G. Shneider

A.P. Karpinsky Federal Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia
yury.kiselnikoff@yandex.ru

Abstract. Hydrothermal alterations of metamorphic rocks of the Kunar-Serebryanka potential ore site occurred sequentially and caused chemical changes of the host rocks. Two alteration types were distinguished. Propylitization was the primary process. Mineral assemblages of (chlorite + epidote + albite) was replaced by (epidote + actinolite + biotite) and then (chlorite + carbonates) in contrasting temperature conditions. Sericitic alterations comprised the second type. Association of (sericite + chlorite + Fe-carbonates) was characteristic for mafic rocks and (sericite + Fe-carbonates) developed purely in felsic rocks. During propylitization host rocks acquired excess of MgO and CaO. Sericitic alterations led to enhanced K₂O, SiO₂, CO₂, Au, As, Zn, Pb, Cu, Te contents. Both types of alteration generated REE-patterns with elevated La/Lu ratios, increased REE concentration up to 390 ppm and raised negative europium anomaly (up to 0.38).

Keywords: metasomatic alteration, Taimyr, sericitic alteration, propylitization, Kunar-Serebryanka potential ore site.

Кунар-Серебрянская площадь расположена в арктической части Красноярского края на северо-востоке полуострова Таймыр в пределах Центрально-Таймырской аккреционной зоны [1]. В металлогеническом отношении площадь приурочена к Мамонтовско-Лаптевской металлогенической зоне, контролируемой крупным поясом позднерифейских зеленокаменно-метаморфизованных реликтов океанического бассейна с проявлениями палеозойско-мезозойского гранитоидного магматизма [7].

В строении площади принимают участие образования аккреционного комплекса: серпентиниты (кунарский офиолитовый комплекс), метабазаальты океанических хребтов (модинская толща), островодужные метабазаальты и метадациты (лаптевская толща); островодужные породы вмещают субвулканические тела метагаббро и диоритов (лаптевский комплекс).

Исследование проведено по материалам полевого сезона 2023 года. В ходе геологических маршрутов вкрест простирающихся складчатых структур было отобрано 312 штуфных проб. Всего изучено 124 образца вмещающих и минерализованных пород. Химические анализы пород, петрографические и минералогические исследования проведены в ФГБУ «Институт Карпин-

ского». Содержания петрогенных компонентов определялись рентгеноспектральным силикатным анализом, золото – атомно-эмиссионной спектрометрией, микроэлементный состав – с помощью масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Препараты горных пород (шлифы петрографические и шлифы полированные) изготовлены в шлифовальной мастерской ФГБУ «Институт Карпинского». Метасоматические преобразования изучались в соответствии с методическими рекомендациями по картированию гидротермально изменённых пород [6]. Для характеристики геологической позиции минерализации проведён анализ дистанционной основы площади.

Кунар-Серебрянская площадь выделена в ранге потенциального перспективного рудного узла по результатам работ СНИИГГИМС [4] и в дальнейшем изучалась коллективом ПГО «Севморгеология» [5]. На площади были установлены минерализованные зоны с кварцево-сульфидными жилами, ореолы пропилитизации и березитизации в складчатых и разрывных структурах. Содержание золота в метасоматитах, по данным пробирного анализа, изменяется в пределе от 0,1 до 1 г/т [5].

Породы, вмещающие гидротермальную минерализацию, представлены серпентинитами, метабазитами и метадацитами. Для серпентинитов типична лепидогранобластовая структура; главными минералами пород являются минералы группы серпентина, магнетит, доломит. В метабазитах проявлены гранолепидобластовые структуры, редко – бластотолетовая и бластоофитовая. Такие породы слагаются актинолитом, эпидотом, хлоритом, основным плагиоклазом, в подчинённом количестве – ильменитом и титанитом. Минеральные ассоциации метабазитов соответствуют условиям зеленосланцевой фации регионального метаморфизма [2]. Метадацитам свойственна бластопорфировая структура с микрогранобластовой основной тканью. В их составе присутствуют кварц, олигоклаз, редко – хлорит и эпидот.

Вмещающие породы интенсивно дислоцированы. Они собраны в запрокинутые на северо-восток линейные складки разных порядков. Самые крупные из складок имеют протяжённость 3-6 км и ширину 1-1,5 км. Складки секутся разрывами двух систем. Ранние разрывы представлены надвигами в взбросах северо-восточного простирания. Они трассируются узкими и протяжёнными зонами напряжённой изоклиальной складчатости. Ко второй системе отнесены поздние левые сдвиги северо-западного направления с амплитудой смещения пород в 400-700 м.

Минерализация локализуется в приразломных зонах и в замковых частях складок высоких порядков. Пропилитизированные породы (им соответствует изумрудно-зелёный фототон вследствие развития железо-магнезиальных минералов) формируют обширные ореолы размером 1000x300 м. Внутри них получают развитие ограниченные размерами 500x100 м участки березитизированных пород (коричнево-рыжий фототон за счёт новообразованных железистых карбонатов, при выветривании преобразующихся в землистые гидрооксиды железа) и сульфидно-кварцевых жил с золото-серебро-теллур-висмутовой минерализацией.

Метасоматические изменения приводят к прожилкованию в породах, появлению неравновесных минеральных ассоциаций с избыточным числом минеральных фаз и псевдоморфному замещению одних минералов другими, дефектному, крайне несовершенному двойникованию. В породах изменяются содержания макро- и микрокомпонентов и перестраивается распределение редкоземельных элементов.

Пропилитизация вмещающих пород происходила последовательно при смене ассоциаций главных гидротермальных минералов: хлорит+эпидот+альбит → эпидот+актинолит+биотит → хлорит. Такая направленность минералообразования указывает на прогрессивную пропилитизацию, протекавшей при повышении температур до 400 °С при господстве ассоциации эпидот+актинолит+биотит и регрессивной, выраженной замещением более ранних минералов низкотемпературным хлоритом [3]. Яркое выражение пропилитизация получила в метабазитах и диоритах. В метадацитах пропилитизация проявилась ограниченно. В качестве акцессорных минералов повсеместно наблюдаются магнетит и пирит.

Наиболее ранними являются выделения хлорита. Минерал слагает в породах секущие и согласные прожилки, линзовидные обособления, миндалины. По химическому составу он отвечает промежуточной разновидности изоморфного ряда шамозит-клинохлор.

В хлорите наблюдаются выделения эпидота. Они представлены небольшими (0,1-0,3 мм) призматическими кристаллами, гроздьевидными скоплениями, радиально-лучистыми сросткам, псевдоморфозами по альбиту и лабрадору. Зерна эпидота тяготеют к краевым частям миндалин и, судя по всему, они образовывались близодновременно с хлоритом. Содержание трёхвалентного железа в эпидоте изменяется от 0,7 до 0,9 формульных единиц.

Альбит наблюдается в хлоритовых прожилках, где он слагает лапчатые и амёбовидные зёрна. Двойники альбита имеют неправильную, извилистую, размытую границу.

Актинолит развивается в виде идиоморфных кристаллов различного облика. Относительно крупные его кристаллы, от 0,1 до 0,3 мм, прорастают сквозь ранний хлорит и выполняют частичные псевдоморфозы по основным плагиоклазам вмещающих пород. Мелкие кристаллы размером 0,05 – 0,1 мм имеют тонкоигольчатую форму и образуют равномерно рассеянную вкрапленность. Магнезиальность амфибола ($Mg/(Mg+Fe^{2+})$) имеет значение 0,6, в его составе присутствует примесь хлора до 0,07 формульных единиц.

Биотит слагает тонкие секущие прожилки и радиально-лучистые сростки, равномерно распределённые в породах и пересекающие выделения более ранних минералов.

Регрессивная пропилитизация проявлена достаточно ограниченно и выражена замещением гидротермального актинолита хлоритом. Идиоморфные метакристаллы магнетита и пирита обрастают чешуйками хлорита.

Главные новообразованные минералы березитизированных пород представлены мусковитом, железистыми карбонатами, альбитом и кварцем. Березитизация происходила в двух фациях (мусковит-хлорит-карбонат и мусковит-карбонат +/- хлорит) в зависимости от состава исходных пород. В метабазитах значительную роль приобретает хлорит, в то время как в метадацитах его роль понижена. Степень изменения пород оценивается как умеренно-интенсивная, (20-60 % новообразований). Минералы, связанные с березитизацией, непосредственно накладываются на пропилитизированные породы. Вкрапленность железистых карбонатов образуется поверх миндалин хлорита, эпидота и актинолита, а прожилки хлорита вмещают чешуйки более позднего мусковита.

Кварц выделяется в виде линзовидных и прожилковых мозаичных агрегатов до 0,1 мм шириной. На границе кварца и первичного основного плагиоклаза пород в качестве реакционного метасоматического минерала возникает шахматный альбит с неправильной двойниковой структурой, при которой мельчайшие (10-20 мкм) двойниковые индивиды чередуются как в зоне (010), так и поперёк неё.

Мусковит выделяется в виде тонких чешуй размером 20-100 мкм, тесно прилегающих друг к другу и группирующиеся в радиально-лучистые сростки. Мусковит выполняет секущие прожилки и псевдоморфозы по плагиоклазам.

Хлорит образует секущие прожилки и линзовидные обособления, которые равномерно насыщают ткань пород. На хлорит накладываются выделения мусковита и железистых карбонатов. Такое положение хлорита относительно гидротермальных минералов указывает, возможно, на его первичное метаморфическое происхождение. Тем не менее, иногда встречаются прожилки хлорита, рассекающие мусковит.

Железистые карбонаты формируют наиболее поздние мелкие (0,1-0,2 мм) ромбоэдрические зёрна, которые группируются в цепочечные и пятнистые скопления. Представлены карбонаты двумя разновидностями. Ранние карбонаты по химическому составу отвечают сидериту, поздние, их корродирующие, – анкериту. Пирит присутствует в виде кубических метакристаллов, тяготеющих к железистым карбонатам.

В процессе пропилитизации в породах возрастает содержание MgO, CaO, FeO и снижается – SiO₂. По мере развития березитизации происходит накопление SiO₂, K₂O, CO₂, привносятся Au (до 0,4 г/т), As (31 г/т), Cu (0,86 %), Zn (до 323 г/т), Te (до 2,5 г/т), Pb.

Эволюция калия и рубидия в березитизированных породах происходит вдоль линии выделенного по [8] главного тренда изверженных пород (отношение K/Rb в изученных метасоматитах составляет 500...300), что свидетельствует об участии в минералообразовании плутоногенных флюидов. В процессе метасоматических изменений возрастает содержание редкоземельных элементов (100-390 г/т) и усиливается фракционирование лёгких лантаноидов относительно тяжёлых ($La/Lu = 7...68$). Ярко выраженная европиевая аномалия ($Eu/Eu^* = 0,84...0,38$) в метасоматически изменённых породах указывает на окисленность гидротермальных растворов. Предварительно можно заключить, что минерализация связана с гранитоидным магматизмом палеозойско-мезозойского возраста, однако оценку его влияния ещё только предстоит провести.

Исследование проведено в рамках договорных работ ООО «Сезар» и ФГБУ «Институт Карпинского» по объекту «Прогнозно-ревизионные работы на рудное золото в пределах лицензионных площадей КРР03331БП и КРР0332БП (Кунар-Серебрянский рудный узел) в 2023-2024 гг.» Авторы выражают благодарность генеральному директору ООО «Сезар» Игорю Робертовичу Геллерштейну за предоставленную возможность участвовать в геологических работах и опубликовать полученные результаты.

Литература

1. Верниковский В. А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 1996.
2. Фации метаморфизма / Н. Л. Добрецов, В. В. Ревердатто, В. С. Соболев, В. В. Хлестов. Москва: Недра, 1969. 432 с.
3. Жариков В. А., Русинов В. Л. Метасоматизм и метасоматические породы. Москва: Научный мир, 1998. 492 с.
4. Отчёт по теме «выявление перспективных типов золотого оруденения на Северо-Восточном Таймыре» / А. И. Забияка, И. Д. Забияка, С. С. Сердюк, В. А. Верниковский. Красноярск: СНИИГГИМС, 1980. 251 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации, Масштаб 1 : 200 000. Серия Таймырская (о. Марга, п.ст. Челюскин, о-в Самуила, плато Лодочникова, залив Симса) / В. А. Марковский, В. Я. Кабаньков, Р. Ф. Соболевская и др. Санкт-Петербург, 2000.
6. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований / Е. В. Плющев, В. В. Шатов, О. П. Ушаков, Г. М. Беляев. Ленинград: Недра, 1981. 262 с.
7. Проскурнин В. Ф. Минерагенический анализ Таймыро-Североземельского региона и оценка его золотоносного потенциала: автореф. дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. Санкт-Петербург, 2013. 40 с.+2 вкл.
8. Kerrich R. Source processes for Archean Au-Ag vein deposits: evidence from lithophile-element systematics of the Hollinger-McIntyre and Buffalo Ankerite deposits, Timmins. Canadian Journal of Earth Sciences. 26; 4: 755–781.

УЧЁТ НЕОДНОРОДНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ ПРИ АНАЛИЗЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННО-ЁМКОСТНЫХ СВОЙСТВ

М. О. Коровин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
korovinmo@hw.tpu.ru

Аннотация. В настоящее время мировая энергетика базируется на ископаемых видах топлива. Эксперты подчёркивают важность разработки способов уменьшения количества остаточных запасов. Поддержание уровня нефтедобычи при отсутствии открытия новых крупных запасов углеводородов требует освоения мелких и средних месторождений, повторного использования ранее неосвоенных ресурсов и создания методик максимально полного извлечения нефти с использованием новейших технологий и анализом ранее не учитывавшихся геолого-геофизических параметров.

Ключевые слова: неоднородность, анизотропия, разработка нефтяных месторождений, терригенный коллектор, коэффициент извлечения нефти.

RESERVOIR HETEROGENEITY ESTIMATION DURING FILTRATION AND CAPACITY PROPERTIES ANALYSIS

M. O. Korovin

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
korovinmo@hw.tpu.ru

Abstract. Currently, global energy is based on fossil fuels. Experts emphasize the importance of developing ways to reduce the residual reserves volume. Maintaining the level of oil production in the absence of the discovery of new large hydrocarbon reserves requires the development of small and medium-sized fields, the reuse of previously unrecovered resources and new methods investigation for the maximum possible extraction of oil using the latest technologies and taking into account geological and geophysical parameters.

Keywords: heterogeneity, anisotropy, oil field development, terrigenous reservoir, oil recovery factor.

Анизотропия фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов существенно влияет на коэффициент извлечения нефти. Хотя большинство специалистов признают, что песчаные коллекторы неоднородны и в процессе их формирования образуются направления, оптимальные для движения флюидов, при создании моделей продуктивных пластов этот фактор почти не учитывается. Недостаточный учет анизотропии на этапе проектирования и в ходе эксплуатации месторождений негативно сказывается на нефтеотдаче и степени выработки запасов. Чтобы оптимизировать и повысить эффективность работы месторождений, необходимо учитывать данные об анизотропии на всех стадиях разработки [1].

Литолого-петрофизическая неоднородность коллекторов обуславливает возникновение анизотропии. Различия в текстурных и структурных особенностях пластов, расположенных в пространстве, оказывают влияние на анизотропию как на микро-, так и на макроуровне. Эти особенности формируются в процессе изучения тектонических процессов, постседиментационных изменений и взаимодействия разных фациальных режимов. Также важно учитывать размер, сортировку и состав осадочного материала. Сортировка и размер зерен зависят от энергетического потенциала, при котором происходило осадконакопление. Фациальные и тектонические особенности также определяют направление распределения свойств. Ориентация зерен кварца указывает на распределение фациальных тел и направление потока флюидов. В результате формируются зоны с повышенными и пониженными фильтрационно-емкостными свойствами [2,3].

Структура коллекторов определяется на основе анализа тектонических и фациальных условий. Этот процесс включает корректировку геологической модели и принципов распределения фильтрационно-емкостных свойств. Это помогает выбрать наиболее эффективные методы увеличения коэффициента извлечения нефти. В некоторых случаях может потребоваться изменение системы разработки.

Пласты с разными фильтрационно-емкостными свойствами идентифицируются путем тщательного анализа каротажных данных. Кроме того, проводится анализ текстурных и гранулометрических характеристик образцов керн для определения последовательности формирования фациальных обстанов и геологических тел [4].

Для создания детальных трёхмерных геологических и гихродинамических моделей необходимы результаты интерпретации данных, характеризующих неоднородность коллекторов.

Неоднородность фильтрационно-ёмкостных параметров является ключевым и сложным фактором, который следует учитывать при анализе закономерностей фильтрации флюидов. Она характеризуется не только локальными параметрами, но и масштабом проявления.

Моделирование распространения коллекторов терригенного типа подразумевает детальный учёт характеристик неоднородности, а также анализ фациальных и тектонических предпосылок формирования коллекторов [5,6].

Параметры неоднородности определяются на основе геофизических исследований скважин и подтверждаются при анализе трассерных исследований и образцов керн. Учитывая эти параметры, можно точно предопределять фильтрационно-емкостные свойства и определять степень их распространения в пространстве модели [7,8].

Учет эффектов неоднородности распределения фильтрационно-емкостных свойств позволяет создать подробные геолого-гидродинамические модели месторождений [9].

Планирование технико-экономических воздействий для увеличения коэффициента извлечения нефти возможно при детальном учёте неоднородности свойств пластов-коллекторов при моделировании залежей на протяжении эксплуатации месторождения.

Литература

1. Белозеров В. Б., Коровин М. О. Роль фациального анализа в эффективности разработки залежей углеводородов // Газовая промышленность. 2017. № 7(755). С. 18–23.

2. Белозеров В. Б., Коровин М. О. Повышение эффективности разработки и поиска залежей углеводородов в пределах юго-восточной части Нижневартковского свода на основе фациального анализа пласта ЮВ1/1 // Газовая промышленность. 2019. № 1. С. 22–28.

3. Коровин М. О. Методика количественной оценки латеральной анизотропии фильтрационно-ёмкостных свойств терригенных коллекторов на базе комплексного анализа геолого-геофизических данных: дис. ...канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2017. 108 с.

4. Коровин М. О. Учёт влияния вертикальной проницаемости на адаптацию месторождения с терригенным типом коллектора = Vertical permeability effect on terrigenous oil field reservoir adaptation // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2021. Т. 332, № 3. С. 20–28.

5. Коровин М. О. Применение эффектов анизотропии проницаемости в гидродинамической модели на примере терригенного коллектора пласта Ю₁ // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле = Proceedings of the Tula states university sciences of earth. 2022. № 1. С. 294–302.

6. Коровин М. О. Особенности учёта анизотропии проницаемости верхнеюрских терригенных коллекторов на примере нефтяного пласта = Permeability anisotropy calculation features of the upper Jurassic terrigenous on the example of the oil formation // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2022. Т. 333, № 4. С. 151–156.

7. Коровин М. О. Применение эффектов анизотропии проницаемости в гидродинамической модели на примере терригенного коллектора пласта Ю₁^М // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле = Proceedings of the Tula states university sciences of earth. 2022. № 2. С. 325–332.

8. Коровин М. О. Оценка качества расчёта анизотропии проницаемости на примере терригенного пласта = Quality calculation estimation permeability anisotropy on the example of a terrigenous formation // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2022. Т. 333, № 7. С. 38–44.

9. Коровин М. О. Особенности определения анизотропных параметров по результатам трассерных исследований пласта Ю₁¹ на примере нефтяного месторождения = Anisotropic parameters determining features from results of trasser studies J₁ formation on the example of the oil field // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2022. Т. 333, № 8. С. 85–90.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БОЛЬШЕИРКИЛИКСКОГО ДИОРИТОВОГО МАССИВА

Е. И. Ласточкин, М. В. Рампилова, М. О. Рампилов

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
gin-buryatia-07@yandex.ru

Аннотация. В работе приведены данные по минеральному и геохимическому составу диоритов, габбро-диоритов и гранодиоритов Большеиркиликского массива. Среди пород массива преобладают биотитовые диориты. Апатит встречается в основном в качестве акцессорного минерала во всех разновидностях изученных пород.

Ключевые слова: диориты, гранодиориты, габбро-диориты, апатитовая минерализация.

MINERAL COMPOSITION AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE BOLSHEIRKILIK DIORITE MASSIF

E. I. Lastochkin, M. V. Rampilova, M. O. Rampilov
Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
gin-buryatia-07@yandex.ru

Abstract. The paper presents data on the mineral and geochemical composition of diorites, gabbro-diorites and granodiorites of the Bolsheirkilik massif. Biotite diorites predominate among the rocks of the massif. Apatite is found mainly as an accessory mineral in all varieties of the studied rocks.

Keywords: diorites, granodiorites, gabbro-diorites, apatite mineralization.

Большеиркиликский диоритовый массив находится в 35 км от г. Улан-Удэ по Баргузинскому тракту в междуречье верховьев рек Большого Иркилика и Малого Уналея. Апатитовая минерализация, в породах массива, была установлена в 1968 гг. при маршрутных исследованиях И.В. Гордиенко [1,2].

Вмещающими породами Большеиркиликского массива являются граниты, гнейсограниты и древние верхнепротерозойские осадочно-метаморфические сланцы, гнейсы и кварциты (рис. 1). Это преимущественно светло-серые с розоватым оттенком, лейкократовые и биотитовые средне- и крупнозернистые граниты. Гранитоиды гнейсированы и метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации, а также отчетливо прорывают диоритовые породы массива и содержат их ксенолиты.

Среди базитовых пород массива преобладают серые и темно-серые, тонко- и мелкозернистые массивные биотитовые диориты (рис. 1). Биотит-роговообманковые диориты и гранодиориты встречаются реже. Также отмечаются шлировидные выделения черных роговообманковых, редко – крупнозернистых биотит-роговообманковых и пегматоидных диоритов с повышенным содержанием апатита.

Минеральный состав биотитовых диоритов характеризуется широкими вариациями. Количество плагиоклаза варьирует от 30 до 60%, биотита от 15 до 35% и роговой обманки от 1-2 до 5-7%. Среди второстепенных наиболее часто встречается калиевый полевой шпат (5-10%) и кварц (5-10%). Акцессорные минералы (до 1%) представлены титанитом, апатитом, магнетитом, молибденитом, титаномагнетитом, цоизитом, хлоритом, серицитом.

Плагиоклаз представлен в основном олигоклазом (№ 10-30), андезин (№ 10-30) отмечается реже. Минерал образует изометричные, удлиненные зерна со слабо выраженными полисинтетическими двойниками. По плагиоклазу часто идет образование калиевого шпата и серицитизации.

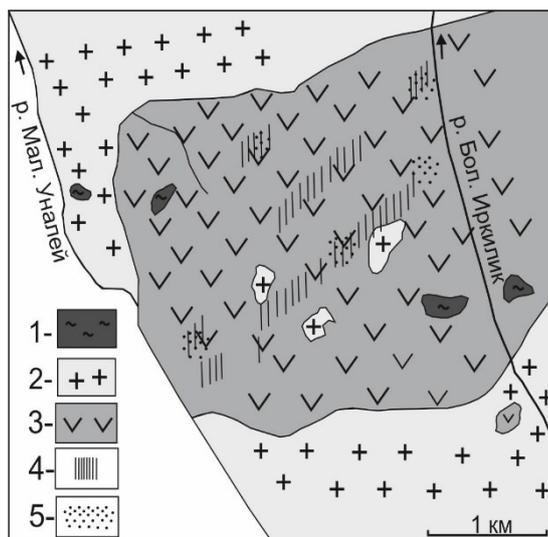


Рис. 1. Схематическая геологическая ката по [2].

1-биотитовые, биотит-хлоритовые гнейсы, сланцы, кварциты итанцинской свиты; 2-серые и розовато-серые лейкократовые и биотитовые крупно- и среднезернистые микроклиновые граниты, граниты с голубоватым кварцем, граносиениты; 3-серые и темно-серые биотитовые, реже- биотит-роговообманковые разнозернистые диориты и гранодиориты; 4-участки развития темно-серых до черных роговообманковых крупнозернистых и пегматоидных диоритов с пиритом, магнетитом, титаномагнетитом; 5-участки повышенных концентраций апатита в диоритах

Биотит распределен в породе не равномерно, встречаясь в виде единичных чешуек и агрегатных скоплений. В участках, обогащенных биотитом, отмечаются зерна апатита и титанина. Роговая обманка встречается редко и образует неправильной формы зерна. Часто замещается биотитом и хлоритом.

Апатит в биотитовых диоритах представлен удлиненно-призматическими кристаллами размером от 0,2 до 0,5 мм. В основном минерал в виде включений в биотите, роговой обманке и рудных минералах (магнетит, ильменит, титанит).

Химический состав биотитовых диоритов соответствует среднему составу диоритов (рис. 2). В породах наблюдаются повышенные содержания кремнезема (39,5-55,6 мас.% SiO_2), щелочей (1,6-4,9 мас.% Na_2O , 0,3-5 мас.% K_2O), титана (1,03-2,5 мас.% TiO_2), фосфора (0,5-2,7 мас.% P_2O_5) и меньшим кальция (4,14-12,9 мас.% CaO) и магния (2-6,9 мас.% MgO).

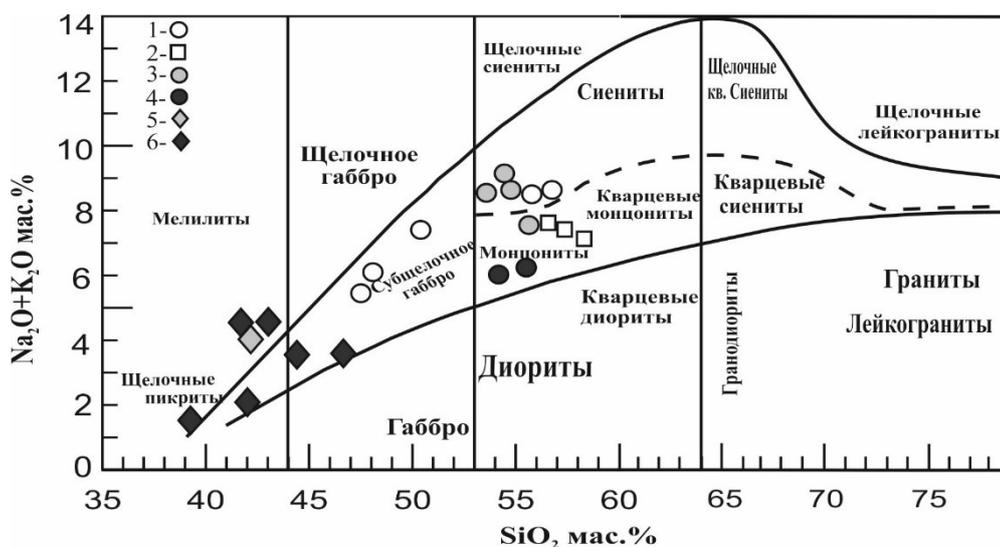


Рис. 2. Классификационная диаграмма содержания кремнезема и щелочей

Большеиркликского диоритового массива.

Наши данные: 1 - биотитовые диориты и габбро-диориты, 2 - биотитовые гранодиориты; данные по [Андреев и др., 1972]: 3 - биотитовые диориты, 4 - биотитовые гранодиориты, 5 - биотит-роговообманковые диориты, 6 - роговообманковые диориты и габбро-диориты

Роговообманковые, биотит-роговообманковые диориты и габбро-диориты состоят из плагиоклаза (45-60%), роговой обманки (20-45%), биотита (2-12%), апатита (3-10%), титанита (1-2%) и рудных минералов (магнетит, титаномагнетит, пирит) (2-5%). Также отмечены пироксен, хлорит, кварц, эпидот.

Роговая обманка в породе образует изометричные и неправильной формы зерна размером от 0,2-0,5 до 10-25 мм, является главным пороодообразующим минералом и иногда составляет более половины объема амфиболовых диоритов. Минерал замещается биотитом, хлоритом и рудными минералами.

Плагиоклаз встречается в виде призматических зерен размером от 0,5 до 7 мм. Кроме олигоклаза и андезина отмечается альбит и лабрадор. Полисинтетические двойники выражены не отчетливо.

Апатит наблюдается в виде изометричных мелких зерен, иногда слабоудлиненных призм размером от 0,2 до 0,7 мм. Более ранний апатит отмечается в плагиоклазе, поздний – образуется по роговой обманке и биотиту.

По химическому составу биотит-роговообманковые и роговообманковые диориты отличаются от средних составов диоритов (рис. 2), что обусловлено сильной мелановократостью пород. Наличие в породе, большого количества роговой обманки и в том числе присутствие апатита, титаномагнетита и сульфидов привело к уменьшению содержания кремнезема (34,06-47,60 мас.% SiO_2) и увеличению магния (4,5-8 мас.% MgO), кальция (10,2-15,2 мас.% CaO), окисного железа (6,5-12,05 мас.% FeO), титана (1,5-4,35 мас.% TiO_2) и серы (0,11-1,01 мас.% SO_3).

Биотитовые гранодиориты сложены преимущественно плагиоклазом (альбит, олигоклаз) (40-45%), калиевым полевым шпатом (25-30%), биотитом (10-15%) и кварцем (5-10%). В числе аксессуарных встречаются магнетит, титанит, апатит.

Содержание кремнезема в гранодиоритах варьирует от 53,68 до 58,10 мас.% SiO_2 (рис. 2). Сумма щелочей достигает 6-8,8 мас.% (Na_2O , K_2O).

Апатитовая минерализация в диоритовых породах Большеиркиликского массива распределена не равномерно. В биотитовых диоритах количество апатита не превышает 1%, а содержание фосфора в породе до 2,8 мас.% P_2O_5 , в роговообманковых диоритах концентрация апатита достигает 10%, а фосфора от 1,5 до 4 мас.% P_2O_5 . Среди апатита выделяется две генерации: более ранний в виде зерен и кристаллов в плагиоклазе и роговой обманке и редко пироксене, более поздний, в гнездах и интерстициях между зернами плагиоклаза и роговой обманки.

Биотитовые диориты слагающие большую часть Большеиркиликского массива по химическому составу соответствуют среднему составу диоритов, менее распространенные биотит-роговообманковые и роговообманковые диориты характеризуются низкими содержаниями кремнезема и щелочей. Минеральный состав (олигоклаз, андезин, роговая обманка) позволяет отнести изученные породы к диоритам.

Работа выполнена в рамках программы ГИН СО РАН им. Н.Л. Добрецова по проекту IX.129.1.2. (№ гос. рег. АААА-А21-121011390002-2).

Литература

1. Андреев Г. В., Гордиенко И. В., Кузнецов А. Н. Генетические типы апатитовых месторождений и проявлений центральной Бурятии // Материалы по минералогии, геохимии и петрографии Забайкалья. Улан-Удэ, 1970. С. 10–11.
2. Апатитоносные диориты Юго-Западного Забайкалья / Г. В. Андреев, И. В. Гордиенко, А. Н. Кузнецов, А. И. Кравченко. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1972. 157 с.

АКТИВИЗАЦИЯ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТОГЕНЕЗА: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

Т. М. Лисунов

Клуб «Юный геолог», Чита, Россия
lisunov.osen@mail.ru

Аннотация. Автором проведён анализ сейсмической активности на площади, прилегающей к Байкальскому рифту за последние 10 лет, составлены графики частотности землетрясений. Со второй половины 2019 г. в регионе произошло резкое увеличение сейсмической активности, которая сохранилась до настоящего времени. К усилению рифтовых процессов приводит увеличение объёма конвекционного потока магмы плюма. Увеличение самого потока автор связывает с замедлением скорости вращения ядра Земли.

Ключевые слова: Байкальский рифт, сейсмическая активность, плюм, ядро Земли.

ACTIVATION OF BAIKAL RIFTING: CAUSES AND CONSEQUENCES

T. M. Lisunov

«Yuniy Geolog» Club, Chita, Russia
lisunov.osen@mail.ru

Abstract. The author has conducted an analysis of seismic activity in the area adjoining the Baikal rift from the last 10 years, charts of the earthquakes frequency were made. Since the second half of 2019, a drastic increase of seismic activity is observed in the region. Intensification of the rift processes is caused by an increase of conventional magma flow volume of the plume. The author connects such increase with deceleration of the Earth's core rotation speed.

Keywords: Baikal rift, seismic activity, plume, Earth's core.

Тектоника плит – это современное научное представление о движении литосферы. Согласно ему, земная кора состоит из целостных, относительно стабильных, но постоянно движущихся блоков – литосферных плит. В зависимости от того, какой тип коры находится на границе плиты, выделяют разные типы движения. Например, рифтинг – раздвижение двух континентальных плит.

Байкальская рифтовая система – одна из зон рифтинга, район раздвижения двух литосферных мегаблоков – Сибирской платформы и Центрально-Азиатского подвижного пояса. В среднем скорость движения составляет 3–4 см в год [1]. На территории рифтинга распространены базальты и габбро кайнозойского возраста. За последние 30 лет учеными получены новые данные о соотношении рифтогенных структур со строением фундамента, рифтообразующими движениями, эволюцией рельефа озерной котловины, однако далеко не все вопросы к настоящему времени решены.

Для площади, прилегающей к Байкальскому рифту, характерна повышенная сейсмическая активность. Автором проведён анализ сейсмической активности в регионе за последние 10 лет, в ходе которого были составлены графики частотности землетрясений, происходивших в районе Байкальского рифта. На графиках (рис.) видно, что со второй половины 2019 г. в регионе произошло резкое увеличение сейсмической активности, которая сохранилась до настоящего времени. Кроме того, было установлено неравномерное распределение землетрясений в районе Байкальской рифтовой зоны. Более всего землетрясений зарегистрировано в южной и северной части Байкальского рифта, в гораздо меньшей степени активность распространена в центральном районе.

Анализируя научную литературу, автор попытался объяснить причины усиления активизации сейсмической активности на территории рифта, которые основываются на плюмовой тектонике. Теория о нахождении плюма под Байкалом была выдвинута российскими учёными Ю.А Зориним и Е.Х. Турутановым [2]. Она основывается на изучении особенностей состава и строения кайнозойских базальтов Байкальского рифта и сопредельных территорий Восточной Сибири и Монголии. Согласно проведенным геофизическим исследованиям,

стволовые части плюма расположены под астеносферным выступом, в результате чего над плюмами происходит утончение литосферы.

Непосредственно под Байкальским рифтом установлено три плюма – Хамар-Дабанский, Баргузино-Икатский и Кодаро-Удоканский. Растекание вещества плюмов происходит вдоль утонченной части астеносферы в пределах выступа, из-за чего в последнее время наблюдается еще большее утончение земной коры, увеличение объема конвекционного потока магмы плюма, что и приводит к усилению рифтовых процессов [4].

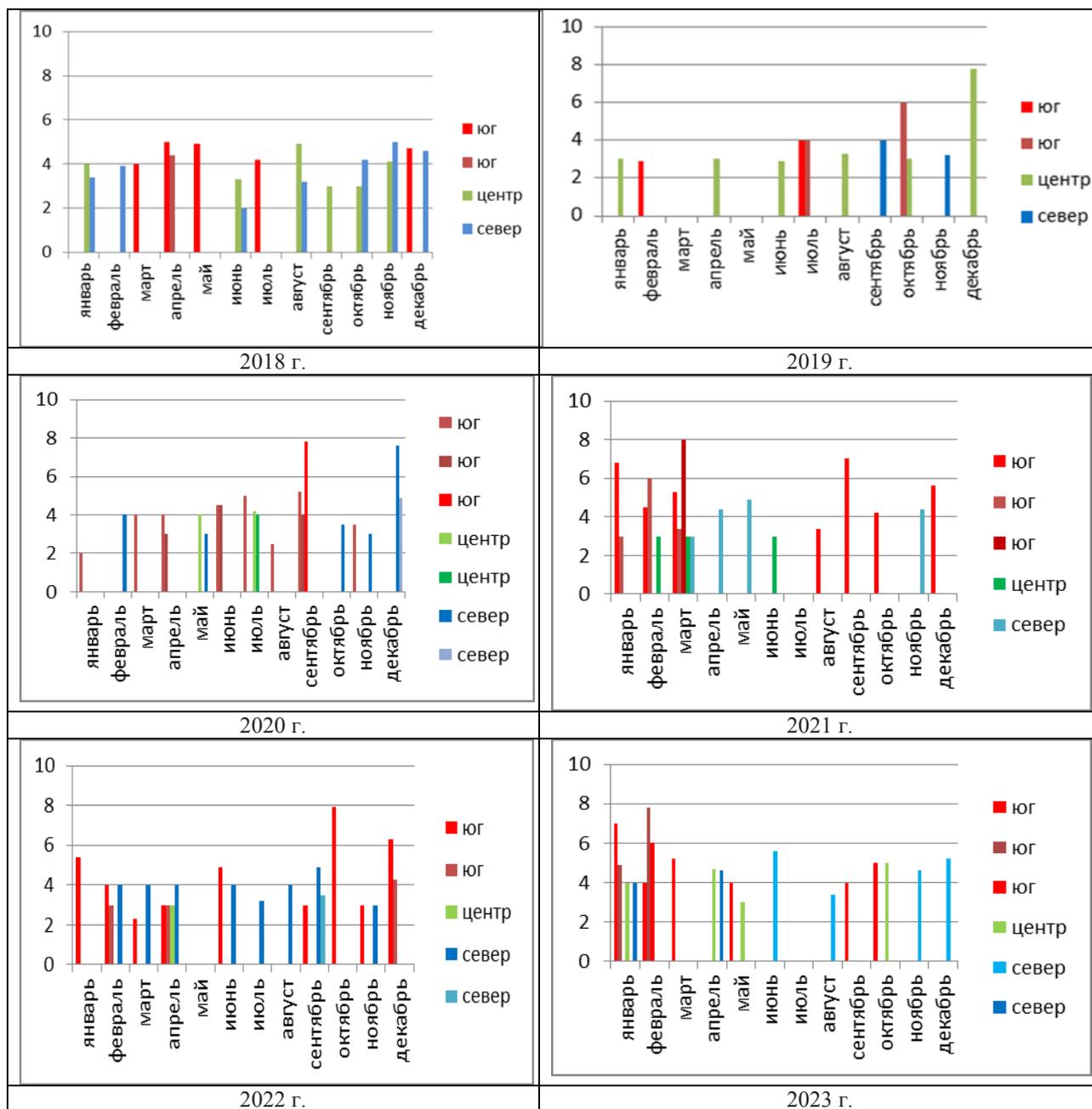


Рис. Графики частотности землетрясений в 2018–2023 гг.

Различными цветами обозначено местоположение землетрясений относительно акватории Байкала. Подземные толчки, происходившие в южной части рифтовой системы, обозначены оттенками красного цвета, в северных районах – оттенками синего, в центральной части – зелёного.

Цифры слева обозначают магнитуду землетрясений

Увеличение самого потока автор связывает с замедлением скорости вращения ядра Земли. Данная теория была выдвинута китайскими учеными в 2023 г. Специалисты Пекинского университета под руководством Сяодун Сонга предполагают заметное замедление вращения внутреннего земного ядра [5]. Плюм зарождается на границе ядра и мантии, если скорость

вращения ядра Земли замедлилась, то мантийное вещество будет сильнее нагреваться, нагрев будет происходить равномернее, а после быстрее подниматься. Это приведёт к увеличению скорости потока и его объёма.

В связи с изложенным выше, автор предполагает, что Байкальский рифт будет продолжать расширяться. Если земное ядро замедлило своё движение, то шанс того, что оно резко ускорится вновь, крайне маловероятен. В связи с этим, продолжится усиление мантийного потока, а, следовательно, и развитие рифта не будет замедляться. Если рассматривать расширение Байкала в геологическом масштабе, то это явление постепенно перерастет к появлению внутреннего океана.

В дальнейшем следует ожидать сейсмическую и вулканическую активизацию и в других областях, где существуют плюмы, что подтверждается тем, что за последние пять лет вулканическая и сейсмическая активность в целом возросла в мире. И еще одно следствие, вызванное замедлением скорости вращения Земного ядра, – это ослабление магнитного поля. Так как магнитное поле земли образовано трением внешнего и внутреннего ядер друг о друга, то с их замедлением магнитное поле постепенно ослабевает.

Литература

1. Богатиков О. А., Коваленко В. И., Шарков Е. В. Магматизм, тектоника и геодинамика Земли: Связь во времени и в пространстве // Труды института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. Москва: Наука, 2010. Вып. 3. 606 с.
2. Зорин Ю. А., Турутанов Е. Х. Плюмы и геодинамика Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. 2005. Т. 46, № 7. С. 685–699.
3. Солоненко В. П. Сейсмотектоника и современное структурное развитие Байкальской рифтовой зоны // Байкальский рифт. Москва: Наука, 1968. С. 57–71.
4. Чипизубов А. В. Палеосейсмологические данные и современная геодинамика Прибайкалья // Разломообразование и сейсмичность в литосфере: тектонофизические концепции и следствия. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. Т. 1. С. 209–211.
5. Xiaodong Song, Yi Yang. Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. // Nature geoscience URL: <https://www.nature.com/articles/s41561-022-01112-z.epdf> (дата обращения: 20.06.2024).

ГОРЫ ЮЖНОЙ СИБИРИ КАК ЭКОТОН МАМОНТОВОЙ ФАУНЫ

Д. Г. Маликов

Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, Россия
dgmalikov@igm.nsc.ru

Аннотация. В позднем плейстоцене территория Алтае-Саянской горной области находилась на границе Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской зоогеографических подобластей Палеарктики. Существование границы подтверждается пересечением в регионе ареалов многих узкоспециализированных видов млекопитающих. Благодаря высокому разнообразию ландшафтов в регионе был богатый видовой состав крупных млекопитающих сочетающий как арктические, так и центрально-азиатские виды.

Ключевые слова: Мамонтовая фауна, зоогеография, горы Южной Сибири, поздний плейстоцен, экотон.

MOUNTAINS OF SOUTHERN SIBERIA AS MAMMOTH FAUNA ECOTONE

D. G. Malikov

Institute of Molecular and Cell Biology, Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Russia
dgmalikov@igm.nsc.ru

Abstract. The territory of the Altai-Sayan mountain region was located on the border of the European-Siberian and Central Asian zoogeographic subregions of the Palearctic in the Late Pleistocene. The existence of the border is confirmed by the intersection of the ranges of many highly specialized mammal species in the region. Due to the high diversity of landscapes in the region, there was a rich species composition of large mammals combining both Arctic and Central Asian species.

Keywords: Mammoth fauna, zoogeography, mountains of Southern Siberia, Late Pleistocene, ecotone

Алтае-Саянский экорегион уникальная территория максимально схожая по ландшафтно-климатическим особенностям окружающей среды с позднплейстоценовыми ландшафтами Северной Азии [10, 12]. В фаунистическом отношении наиболее близка плейстоценовым биотам восточная часть Алтае-Саянского региона, преимущественно территория Монгольского Алтая и Забайкалья [12]. Для других частей Алтае-Саян такой консерватизм менее выражен, но также отмечен. В позднем плейстоцене в северной части Алтае-Саянской горной области находилась переходная зона между Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской зоогеографическими подобластями [2], ключевым элементом этой зоны была территория Минусинской котловины [5]. В Восточно-Сибирском секторе аналогичная зависимость отмечена для территории Прибайкалья [11].

Территория Алтае-Саян относится к горной части юга Сибири, и представляет собой сочетание горных хребтов и межгорных котловин. Климат региона в значительной мере обусловлен орографией которая оказывает сильное воздействие на движение воздушных масс. Различная абсолютная высота хребтов, экспозиция склонов, увлажненность территории, широта местности способствует широкой дифференциации ландшафтов Алтае-Саянской горной страны [9].

В позднем плейстоцене максимум биоразнообразия был характерен для территории Алтая и Минусинской котловины. Это обусловлено двумя факторами: разнообразием ландшафтов в предгорных районах и большим количеством пещерных тафоценозов, которые способствуют лучшему сохранению фаунистического материала, и как следствие лучшей изученности фауны этих регионов. Видовые составы млекопитающих этих регионов практически идентичны, и отличаются лишь отдельными элементами.

На основании изучения фаун млекопитающих позднего плейстоцена Северной Азии была описана фаунистическая перигляциальная гиперзона, состоящая из северной (тундростепь с участками лесотундры) и южной подзон (холодные степи и полупустыни), с переходной подзоной (аридная холодная степь) между ними. Для этой подзоны было характерно расширение ареалов центрально-азиатских видов к северу и западу, а арктических – к югу. В результате

этого в позднем плейстоцене палеозоогеографические различия между Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской палеозоогеографическими подобластями были в значительной мере сглажены [1].

Изначально, для отмеченной экотонной зоны предполагалось отсутствие максимально специализированных северных и южных форм [1]. Однако, в последствии было показано, что такие максимально специализированные виды напротив регулярно встречались в экотонной зоне, но были малочисленны [5]. К примеру, на территории Минусинской котловины и Предалтайской равнины отмечено сочетание арктических – *Ovibos pallantis*, *Vulpes lagopus*, *Stephanorhinus kirchbergensis* и центрально-азиатских видов – *Equus ovodovi*, *Procapra gutturosa*, *Camelus bactrianus*, *Bos baikalensis*, *Vulpes corsac*, однако остатки большинства из этих видов встречены в единичных местонахождениях.

Первые результаты изучения митогеномов ископаемых млекопитающих также показывают смесь популяций млекопитающих в пределах Алтае-Саянской горной области. По результатам митогеномного анализа шерстистых мамонтов Минусинской котловины удалось установить, что они относятся к кладе I, широко распространенной в плейстоцене в Северной Азии. Но мамонты Минусинской котловины не формируют отдельную кладу на древе, а рассредоточены в разных кластерах клады I. В результате этого они образуют сестринские клады с мамонтами других регионов Сибири [7, 8].

Обобщение имеющихся на сегодняшний день данных позволяет утверждать, что в позднем плейстоцене Алтае-Саянская горная область являлась экотонном для Европейско-Сибирской и Центрально-Азиатской зоогеографических подобластей Палеарктики. Это объясняется высокой дифференциацией ландшафтов, за счёт сочетания равнинных и горных участков и хорошо выраженной высотной поясности.

Вероятно, данный экотон появился гораздо раньше позднего плейстоцена, на что указывают находки азиатских элементов в более ранние периоды плейстоцена. Такие как остатки *Procapra gutturosa* из местонахождения Шишкин лог, предположительно датированного средним плейстоценом [4]. В раннем плейстоцене Минусинской котловины известна находка *Spirocercus cf. wongi* [6]. Из раннего плейстоцена Тувы известны находки *Nyctereutes sp.*, *Paracamelus sp.*, *Capreolus sp.*, *Antilospira sp.*, и других азиатских видов [3].

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-74-10060, <https://rscf.ru/project/23-74-10060/>.

Литература

1. Вангенгейм Э. А. Палеонтологическое обоснование стратиграфии антропогена Северной Азии (по млекопитающим). Москва: Наука, 1977. 171 с.
2. Природа и человек в палеолите Горного Алтая / А. П. Деревянко, М. В. Шуньков, А. К. Агаджанян и др.. Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2003. 448 с.
3. Клементьев А. М., Даргын-оол Д. В. Геологические условия образования местонахождения млекопитающих Моген-Бурен в Туве // Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы: материалы V Всероссийской конференции с участием иностранных ученых, посвященной памяти академика Н. А. Логачева в связи с 95-летием со дня рождения. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2024. С. 62–64.
4. Клементьев А. М., Маликов Д. Г. Енисейский коридор миграции дзерена *Procapra gutturosa* (Perissodactyla, Mammalia) в Северную Азию // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 58–69.
5. Маликов Д. Г. Зоогеографическая характеристика мамонтовой фауны юга Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 398. С. 233–242.
6. Маликов Д. Г., Бондарев А. А. Первая находка винторогой антилопы *Spirocercus cf. wongi* на территории Минусинской котловины // Фундаментальная и прикладная палеонтология: материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН. Санкт-Петербург, 2018. С. 209–210.
7. Динамика позднплейстоценового ареала шерстистого мамонта *Mammuthus primigenius* на юге Сибири / Д. Г. Маликов, С. А. Модина, М. А. Куслий, А. С. Молодцева // Закономерности эволюции и биостратиграфия. Материалы LXX сессии Палеонтологического общества при РАН. Санкт-Петербург: Картфабрика Института Карпинского, 2024. С. 238–240.

8. Филогеография шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius*) Восточной Сибири в позднем плейстоцене / С. А. Модина, М. А. Куслий, А. С. Молодцева, Д. Г. Маликов // Хромосома. 2023: материалы международной конференции. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. С. 145.
9. Сухова М. Г. Эколого-климатический потенциал ландшафтов Алтае-Саянской горной страны для жизнедеятельности населения и рекреационного природопользования: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Томск, 2009. 40 с.
10. Frenzel B., Pécsi M., Velichko A. A. Atlas of paleoclimates and paleoenvironments of the Northern Hemisphere. JenaNew York: Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences Budapest and Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 1992. 153 p.
11. Khenzykhenova F. I., Shchetnikov A. A., Sato T., Erbajeva M. A., Semenei E. Y., Lipnina E. A., Yoshida K., Kato H., Filinov I. I., Tumurov E. G., Alexeeva N., Lokhov D. N. Ecosystem analysis of Baikal Siberia using Palaeolithic faunal assemblages to reconstruct MIS 3 - MIS 2 environments and climate // Quaternary International. 2016; 425: 16–27.
12. Pavelková Řičánková V., Robovský J., Riegert J. Ecological Structure of Recent and Last Glacial Mammalian Faunas in Northern Eurasia: The Case of Altai-Sayan Refugium // PLoS ONE 2014; 9(1). e85056.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭОЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СОВРЕМЕННЫХ ДЮННЫХ МАССИВОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НАДЫМСКОЕ ПРИОБЬЕ)

Е. Л. Маликова

Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия
malikovael@igm.nsc.ru

Аннотация. Проведено изучение гранулометрического состава дюнных отложений для территории Надымского Приобья, что позволило сделать заключение об условиях их формирования. Для эоловых отложений характерен мелкий размер частиц и слабая сортировка, что говорит о малой силе ветра в период их формирования. Для аллювиальных отложений, являющихся основой для современных дюнных массивов, напротив характерен более крупный размер частиц и высокая сортировка.

Ключевые слова: дюнный массив, гранулометрический состав, Надымское Приобье, генезис, эоловые отложения.

GRANULOMETRIC TECSTURE OF AEOLIAN SEDIMENTS OF MODERN DUNE MASSIFS IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA (THE NADYM OB AREA)

E. L. Malikova

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russia
malikovael@igm.nsc.ru

Abstract. The granulometric tecsture of dune sediments was studied for the Nadym Ob Area, which made it possible to conclude about the conditions of their formation. Aeolian sediments are characterized by small particle size and weak sorting, which indicates low wind force during their formation. On the contrary, alluvial sediments, which are the basis for modern dune massifs, are characterized by larger particle size and high sorting.

Keywords: dune massif, granulometric tecsture, the Nadym Ob Area, genesis, aeolian sediments.

Обширные песчаные массивы современных развиваемых, а также частично закрепленных песков широко распространены на севере Западной Сибири и занимают большие пространства. В данной работе был выполнен анализ гранулометрического состава, его обработка, а также попытка доказать, что анализ гранулометрического состава позволяет подтвердить генезис отложений. Подобная работа выполнялась для анализа гранулометрического состава дюнных массивов (тукуланов) Якутии [1,4]. Гранулометрический анализ дает важные сведения о происхождении, истории переноса осадка и условиях осадконакопления [7,8].

В рамках данного исследования была выбрана территория севера Западной Сибири – Надымское Приобье. Экспедиционные исследования проходили в 2017-2018 гг. Во время экспедиции были изучены береговые обнажения и разрезы, отобраны образцы. В этой работе представлена только часть материалов. Изученные геологические разрезы располагаются на крупном песчаном раздуве, расположенном в 90 км вверх по течению реки Надым от г. Надым (рис. 1). По ним был выполнен гранулометрический состав отложений на лазерном дифракционном гранулометре Малверн 3000 (Malvern) [3].

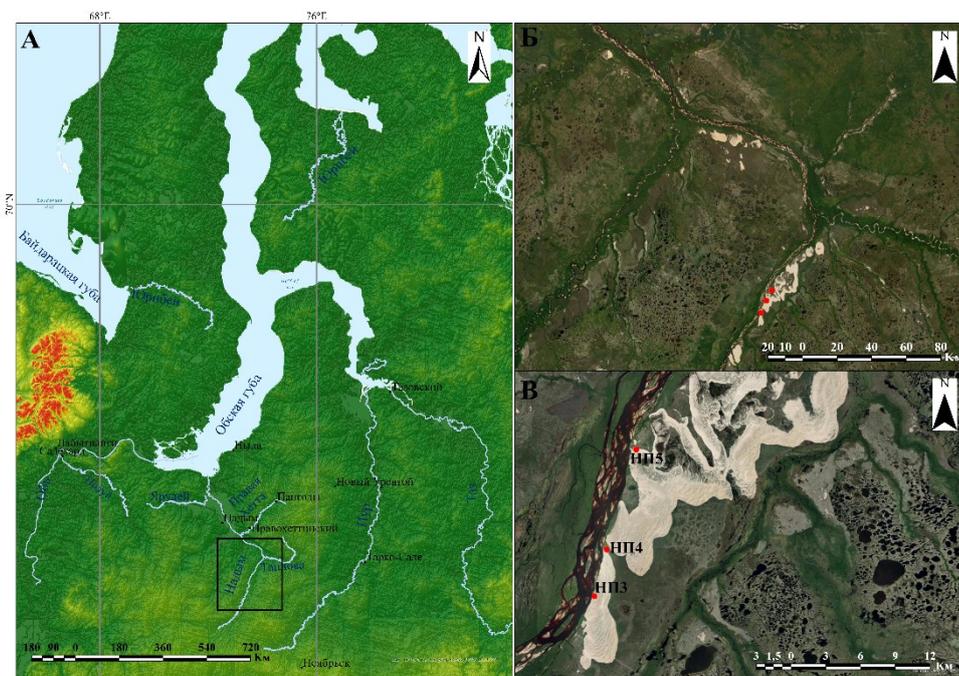


Рис. 1. Район работ: А – SRTM, Б – космоснимок ArcGIS Earth, В – расположение разрезов. Точками отмечены места отбора проб на гранулометрический анализ

Обработка результатов выполнялась по методу Р.Л. Фолка и В.С. Уорда [6]. В программе Gradostat были рассчитаны некоторые показатели: асимметрия (α , φ), эксцесс (τ , φ), средний размер (x , мм), медиана (Md , мм); сортировка (σ , φ) (табл. 1). Компьютерная программа Gradostat была написана для быстрого анализа размера зерен, полученной с помощью любого из стандартных методов измерения, таких как ситовой метод и лазерная гранулометрия. Программа работает в пакете электронных таблиц Microsoft Excel и является универсальной и позволяет получать ряд графических результатов [5].

Таблица 1. Гранулометрический состав и статистические параметры отложений донного массива в Надымском Приобье

№ пробы	Глубина отбора (см)/слой	Средний размер, (x , мм)	Сортировка, (σ , φ)	Ассиметрия (α , φ)	Эксцесс (τ , φ)	Медианный диаметр, (Md , мм)
НП 3	60 см/1 слой	0,27	0,88	0,37	1,55	0,32
НП 3	150 см/2 слой	0,28	0,86	0,35	1,46	0,32
НП 3	250 см/3 слой	0,29	0,8	0,35	1,63	0,33
НП 4	50 см/1 слой	0,27	1,04	0,35	1,63	0,33
НП 4	250 см/2 слой	0,7	0,76	0,002	1,18	0,7
НП 5	55-60 см/1 слой	0,54	0,63	0,12	0,76	0,56

Анализ гранулометрического состава показал, что для эоловых отложений рассматриваемой территории характерно преобладание фракции среднезернистого песка. Преобладание крупнозернистых фракций песка характерно для нижней части разреза НП 4, сложенной аллювиальными отложениями. Отложения в представленных разрезах характеризуются слабой (0,71-1,0) и средней (0,5-0,71) сортировкой (σ , φ) материала. Сортировка у среднезернистого песка в основном слабая, а у крупнозернистого – средняя. Медианный диаметр (Md) изменяется от 0,32 мм до 0,7 мм в отложениях. В большинстве проб выявлено сильная асимметрия в сторону мелких фракций. Кумулятивная кривая для разреза НП 3 – бимодальна (рис. 2). Кумулятивная кривая одномодальна с пологовершинным ($E_{xc} - 0,76$) и очень крутовершинным распределением ($E_{xc} - 1,63$). Это характерно для разрезов НП 5 и 2 слоя разреза НП 4. Образец из слоя 2 в разрезе НП 4 взят на границе аллювиальных и эоловых отложений, для него характерна более высокая сортировка и симметричное распределение, что указывает на его

накопление в условиях отличных от слоя 1 и отложений разреза НП 3. Для разреза НП 5 наблюдается наибольшая сортировка, с небольшой асимметрией в сторону мелкой фракции и пологовершинным распределением.

Изученный гранулометрический состав и его статистические параметры для дюнных отложений позволяют сделать заключение об условиях их формирования. Мелкий размер частиц и их слабая сортировка указывает на относительно слабый ветер. Высокий показатель эксцесса говорит о коротких этапах действия эоловых процессов. Это хорошо согласуется с современным климатом региона, для которого характерны слабые ветры (около 3,7 м/с) и слабая дефляция (С-0,87) [2]. Для раннего этапа, зафиксированного в разрезе НП 5, характерны несколько более высокие показатели динамики среды, что вероятно связано с более сильными ветрами. Возможно, именно в этот период дюнообразование на данном участке шло максимально эффективно. Для аллювиальных отложений, являющихся основой для современных дюнных массивов, характерен более крупный размер частиц, высокая сортировка и симметричное распределение.

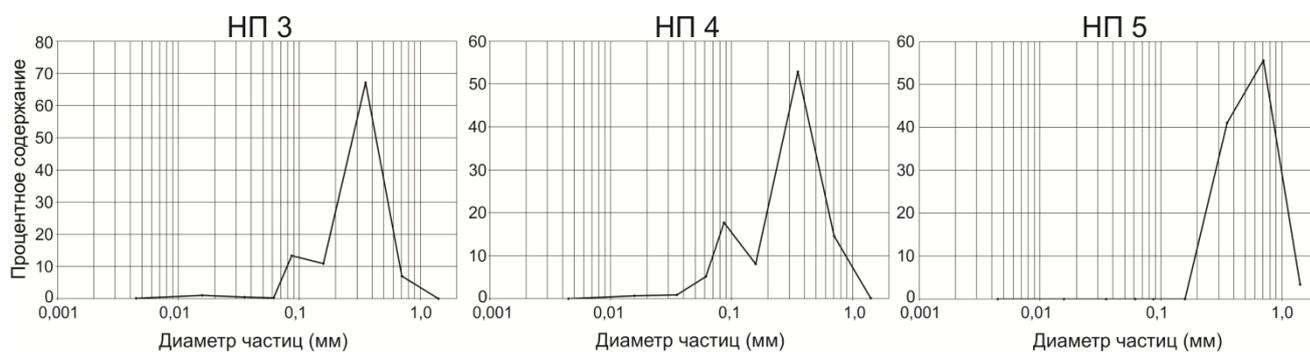


Рис. 2. Кривая распределения гранулометрического состава

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИГМ СО РАН №122041400243-9.

Литература

1. Галанин А. А., Павлова М. Р. Гранулометрический состав дюнных фаций современных и позднечетвертичных отложений Центральной Якутии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН. Якутск: Изд-во СВФУ, 2017. С. 304–308.
2. Маликова Е. Л. Климатические факторы, формирующие современный эоловый рельеф Надымского Приобья // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8, № 4. С. 264–277.
3. Никулина Е. Л. Позднеголоценовые эоловые формы рельефа Надымского Приобья // В книге: IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы конференции. Новосибирск, 2018. С. 420–422.
4. Урбан А. А., Галанин А. А., Чжан Т. Р. Литолого-минералогическая характеристика перевеваемого песчаного комплекса «Кызылсырский» // Разведка и охрана недр. 2013. № 12. С. 23–26.
5. Blott S. J., Pye K. Gradstat: a grain size distribution and statistic spackagefor the analysis of unconsolidated sediments // Earth surface processes and landforms. 2001; 26: 1237–1248.
6. Folk R. L. Petrology of sedimentary rocks. Texas: Hemphill Publishing Company Austin, 1980. 350 p.
7. Folk R. L., Ward W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters // Journal of Sedimentary Petrology. 1957; 27: 3–26.
8. Friedman G.M. Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins // Sedimentology. 1979; 26: 3–32.

**ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ: ОСНОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ
(НА ПРИМЕРЕ ДВУХ ГИПОТЕЗ О ГЕНЕЗИСЕ «ЯМАЛЬСКИХ КРАТЕРОВ»)**

В. А. Миронов

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
mironovv@mail2000.ru

Аннотация. В работе представлены основные положения авторской методологии сравнения конкурирующих геологических гипотез через сравнение концептуальных факторов, влияющих на интерпретацию исходных данных геологического исследования. Система концептуальных факторов, влияющих на интерпретацию исходных геологических данных, выглядит следующим образом: метатеория (глобальный нарратив, глобальная теория), гипотеза (гипотеза-нарратив или локальная гипотеза), специализация геолога, профессиональный опыт геолога, цель, а также аппаратура и приборы исследования. Каждый из этих уровней является частью общей стратегии всякого геологического исследования и при этом каждый должен быть согласован со всеми остальными уровнями. Такая согласованность концептуальных уровней является важным критерием истинности всякой исследовательской стратегии геолога. В качестве примера применения данной методологии, автором представлены основные результаты теоретико- и философско-методологического анализа двух гипотез о генезисе «ямальских кратеров».

Ключевые слова: философия геологии, геологические гипотезы, ямальские кратеры, термокарсты, холодная плазма, плазмогенерация литосферы.

**PHILOSOPHICAL AND METHODOLOGICAL COMPARISON
OF GEOLOGICAL HYPOTHESES: FOUNDATIONS AND PROBLEMS
(BASED ON THE EXAMPLE OF TWO HYPOTHESES ABOUT
THE GENESIS OF “YAMAL CRATERS”)**

V. A. Mironov

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
mironovv@mail2000.ru

Abstract. The paper presents the main provisions of the author's methodology for comparing competing geological hypotheses through a comparison of conceptual factors that influence the interpretation of the initial data of geological research. The system of conceptual factors influencing the interpretation of initial geological data is as follows: meta-theory (global narrative, global theory), hypothesis (hypothesis-narrative or local hypothesis), specialization of the geologist, professional experience of the geologist, purpose, as well as research equipment and instruments. Each of these levels is part of the overall strategy of any geological exploration, and each must be consistent with all other levels. Such consistency of conceptual levels is an important criterion for the validity of any geologist's research strategy. As an example of the application of this methodology, the author presents the main results of a theoretical and philosophical-methodological analysis of two hypotheses about the genesis of the “Yamal craters”.

Keywords: philosophy of geology, geological hypotheses, Yamal craters, thermokarsts, cold plasma, plasma generation of the lithosphere.

Мировая и в первую очередь российская общественность с феноменом «ямальских кратеров» столкнулась совершенно случайно в 2014 году. Первый объект (Рис. 1), обнаруженный на полуострове Ямал имел диаметр около 30 м., и глубину около 50 метров.



Рис. 1. Кратер С1 согласно кодировке В. И. Богоявленского [1, с. 58]



Рис. 2. Кратер С17 согласно кодировке В. И. Богоявленского [1, с. 58]

Несмотря на то, что этот феномен был сенсацией, большинство ученых со всего мира довольно быстро сошлись во мнении, что причиной появления «ямальских кратеров» явился выброс природного газа, запасы которого в недрах Ямала огромны. Данная гипотеза стала именоваться газодинамической гипотезой генезиса «ямальских кратеров (воронок)».

В качестве репрезентативного примера аргументов данной гипотезы были выбраны две статьи члена-корреспондента РАН, доктора технических наук В. И. Богоявленского, а именно «Дистанционное выявление участков поверхностных газопроявлений и газовых выбросов в Арктике: полуостров Ямал» [2] и «Фундаментальные аспекты генезиса катастрофических выбросов газа и образования гигантских кратеров в Арктике» [1]. Выбор пал на работы данного автора в силу того, что на сегодняшний день, на наш взгляд, он является одним из самых авторитетных исследователей, и его работы довольно полно отражают суть газодинамической гипотезы генезиса «ямальских кратеров».

Вторая гипотеза о происхождении «ямальских кратеров» была в кратком виде представлена в тезисах к материалам одной из конференций доктором геолого-минералогических наук В. Н. Сальниковым и Е. С. Черных [4]. Согласно гипотезе Сальникова, «ямальские кратеры» образовались вследствие локальной электромагнитной разгрузки литосферы, которая в свою очередь послужила причиной выхода из ямальского мерзлотного грунта плазмоидов (подобных шаровой молнии). В силу того, что В. Н. Сальников и Е. С. Черных представили свои аргументы в кратком виде, электромагнитная гипотеза Сальникова реконструирована и адаптирована к проблеме «ямальских кратеров» в монографии «Геологическое познание как предмет философско-методологического анализа» [3].

На примере двух гипотез о происхождении «ямальских кратеров» были проанализированы концептуальные факторы, по изначально предложенной схеме: специализация геолога, его профессиональный опыт, локальная гипотеза-нарратив о генезисе геологического объекта, глобальный нарратив, о включенности описываемых локальных процессов в более масштабные или глобальные процессы, цель исследования, а также аппаратура и приборы, соответствующие общей исследовательской стратегии геолога.

Впоследствии был проведен философско-методологический анализ полученных результатов с точки зрения герменевтической и нарративной традиций (с точки зрения герменевтико-нарративного подхода). По результатам такого анализа двух конфликтующих гипотез о «ямальских кратерах» можно дать следующие характеристики познавательной ситуации, в которой находится геолог перед началом своего исследования, а также процессу геологического познания:

- перед началом своей исследовательской деятельности геолог находится в неопределенной познавательной ситуации, т.к. исследуемый геологический объект связан с бесконечным множеством факторов, и геологу необходимо выбрать определенную познавательную стратегию (концептуальный каркас), чтобы наиболее эффективно провести своё исследование

- построение познавательной стратегии (концептуального каркаса) в первую очередь зависит от профессиональной специализации геолога и его профессионального опыта.

- концептуальный каркас гипотезы (глобальный нарратив, локальный нарратив, специализация геолога, его профессиональный опыт, цель и аппаратура исследования) у опытных геологов формируется в крайне короткие сроки и на основе крайне малого количества эмпирических данных и представляет собой довольно жесткую концептуальную структуру, которую сложно опровергнуть

- следование концептуальному познавательному каркасу создает ситуацию, в которой эмпирические факты перестают быть главным аргументом в доказательстве или опровержении гипотезы

- опровергнуть сформировавшийся концептуальный каркас может только другой, альтернативный концептуальный каркас с большей позитивной эвристикой в отношении исследования одного и того же объекта, группы объектов

Перечисленные результаты теоретико- и философско-методологического анализа двух конкретных геологических гипотез раскрывают некоторые особенности геологического по-

знания, препятствующие взаимопониманию геологов, имеющих разные взгляды на генезис «одного и того же» типа геологических объектов. Кроме того, стоит обозначить возможный путь разрешения ситуации конфликта геологических интерпретаций в рассмотренных гипотезах, а именно:

- учитывать концептуальные факторы, которые ограничивают «поле зрения» геолога, причем как своей, так и чужой гипотезы

- постараться взглянуть на альтернативную гипотезу в рамках ее концептуального каркаса

- постараться провести эксперименты (это касается в первую очередь рассмотренных гипотез о «ямальских кратерах») по формированию аналогичных геологических объектов только меньших размеров в полевых или в лабораторных условиях, для большего понимания сильных и слабых сторон своей гипотезы.

Литература

1. Богоявленский В. И. Фундаментальные аспекты генезиса катастрофических выбросов газа и образования гигантских кратеров в Арктике // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11, № 1. С. 51–66.

2. Дистанционное выявление участков поверхностных газопроявлений и газовых выбросов в Арктике: полуостров Ямал / В. И. Богоявленский, О. С. Сизов, И. В. Богоявленский, Р. А. Никонов // Арктика: экология и экономика. 2016. Т. 23, № 3. С. 4–15.

3. Миронов В. А. Геологическое познание как предмет философско-методологического анализа: монография / М-во науки и высшего образования РФ. Екатеринбург, 2023. 200 с.

4. Черных Е. С., Сальников В. Н. Изменение геологической среды в нефтегазоносных районах Арктики под воздействием неперiodических быстропротекающих процессов // Современные исследования в геологии: тезисы докладов молодежной научно-практической конференции и XVI конференции студенческого научного общества (Санкт-Петербург, 26–28 октября 2018 г.). Санкт-Петербург: Изд-во ВВМ, 2018. С. 198–200.

ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ СОХАТИНОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (РЕСПУБЛИКА САХА)

Д. К. Молукпаева, В. Г. Ворошилов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
tpu@tpu.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрены условия рудообразования Сохатиного золоторудного месторождения по данным изучения флюидных включений в кварце. Установлены температура, соленость и состав флюидных включений. На основе полученных данных установлена связь между температурами гомогенизации флюидных включений и формированием минеральных ассоциаций. Выделено 4 области, соответствующие: пропилитовой стадии метасоматоза, березитовой стадией и ранней пиритовой ассоциации, золото-полиметаллической и висмут-сульфотеллуридной минерализации. С помощью спектрометра комбинационного рассеяния определен состав водной и паровой фазы флюидных включений. Водная фаза содержит H_2O (~1630), CO_2 (~1370) и H_2S (~2590), а паровая CO_2 (~1285, ~1388). В данном случае термометрические характеристики и состав газовой-жидких включений указывают на формирование рудной минерализации из единого потока флюидов при их периодических вскипаниях и конденсации на фоне общего снижения температуры в области рудоотложения.

Ключевые слова: флюидные включения, минеральные ассоциации, гидротермальные месторождения.

FLUID INCLUSIONS OF THE SOKHATINOE GOLD DEPOSIT (SAKHA REPUBLIC)

D. K. Molukpayeva, V. G. Voroshilov

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
tpu@tpu.ru

Abstract. This paper examines the ore formation conditions of the Sokhatinoe gold deposit based on data from fluid inclusions in quartz. The temperature, salinity and composition of the fluid inclusions were determined. Based on the data obtained, the relationship between fluid inclusion homogenisation temperatures and mineral association formation was established. Four areas corresponding to: propylitic stage of metasomatism, beresite stage and early pyrite association, gold-polymetallic and bismuth-sulphotelluride mineralisation were identified. The composition of the aqueous and vapour phases of the fluid inclusions was determined using Raman spectroscopy. The aqueous phase contains H_2O (~1630), CO_2 (~1370) and H_2S (~2590), while the vapour phase contains CO_2 (~1285, ~1388). In this case, the thermometric characteristics and composition of the gas-liquid inclusions indicate the formation of ore mineralisation from a single fluid flow during its periodic boiling and condensation against the background of a general temperature decrease in the ore depositional area.

Keywords: fluid inclusions, mineral associations, hydrothermal deposits.

Флюидные включения в минералах являются ключевым источником информации о процессах рудообразования, позволяя реконструировать условия и механизмы формирования месторождений полезных ископаемых. Целью данного исследования является детальное изучение флюидных включений в кварце золоторудного месторождения Сохатиный с целью установления физико-химических условий их формирования. Основное внимание уделяется анализу температуры, солености и состава флюидов.

Сохатиное рудное поле располагается в Верхнеколымском улусе Республики Саха (Якутия), в бассейне реки Шаманиха и ее притока, ручья Сохатиный [2]. Рудовмещающими являются породы зеленосланцевой фации метаморфизма: эпидот-полевошпат-биотитовые, кварц-полевошпат-мусковитовые и кварц-мусковитовые сланцы, которые на площади месторождения подверглись метасоматозу пропилит-березитового типа и превращены в хлорит-эпидот-кварцевые, хлорит-кварцевые, хлорит-серицитовые и серицит-кварцевые породы.

Золоторудные тела приурочены к зонам березитизации и представлены системой жильно-прожилковых тел карбонат-кварцевого состава с неравномерно распределенной сульфидной минерализацией. Наиболее рудоносные участки находятся в местах пересечения пологопа-

дающих надвиговых зон с крутопадающими разрывами, отмеченными прожилковой кварцевой минерализацией и повышенными концентрациями золота.

Выделяется три золотоносных ассоциации, соответствующих ступеням минерализации: кварцево-пиритовая, кварцево-карбонат-галенит-халькопиритовая (полиметаллическая) и висмут-сульфотеллуридная [4].

Для характеристики условий формирования гипогенных руд нами были изучены флюидные включения в жильном кварце по общепринятой методике [1,3,5]. Измерения проводились на приборе Linkam THMS600, совмещенном с оптическим микроскопом Carl Zeiss Axio Imager.

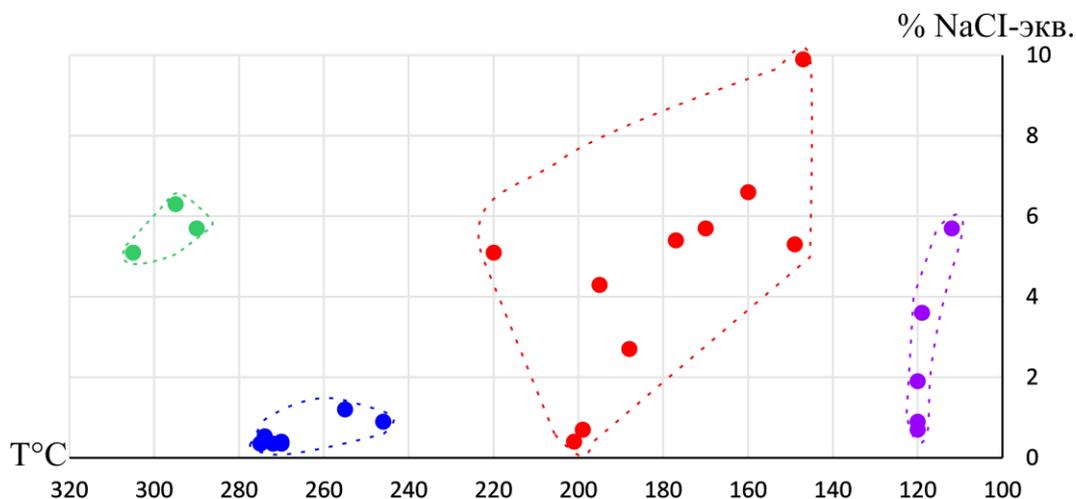


Рис.1 График соотношения температуры-солености флюидных включений. Цветом выделены интервалы, характеризующие ступени минерализации

Установлены два вида включений – первичные и вторичные. Нами изучались первичные включения, среди которых выделены три типа – трёхфазные ($H_2O+жCO_2+гCO_2$) двухфазные (H_2O+CO_2) 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 KCl. По соотношениям температур гомогенизации и солености включений нами выделены 4 обособленных области (рис.): 1) интервал температур гомогенизации 300-295°C и соленость 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. 1).

Первый интервал может соответствовать пропилитовой стадии гидротермального процесса. Вскипание этих растворов в результате тектонических подвижек по плоскостям надвигов привело далее к конденсации паровой фазы в виде низкоминерализованных растворов, маркером которых являются включения с температурой гомогенизации в диапазоне 275-245°C. С ними ассоциируется формирование березитов и отложение раннего пирита. Широкий диапазон колебаний солености растворов в интервале температур 201-147°C отражает периодические вскипания гидротермального флюида и соответствует основному импульсу рудоотложения с золото-полиметаллической минерализацией. Четвертая область на графике соответствует формированию в узком температурном диапазоне 120-110°C висмут-сульфотеллуридной минерализации.

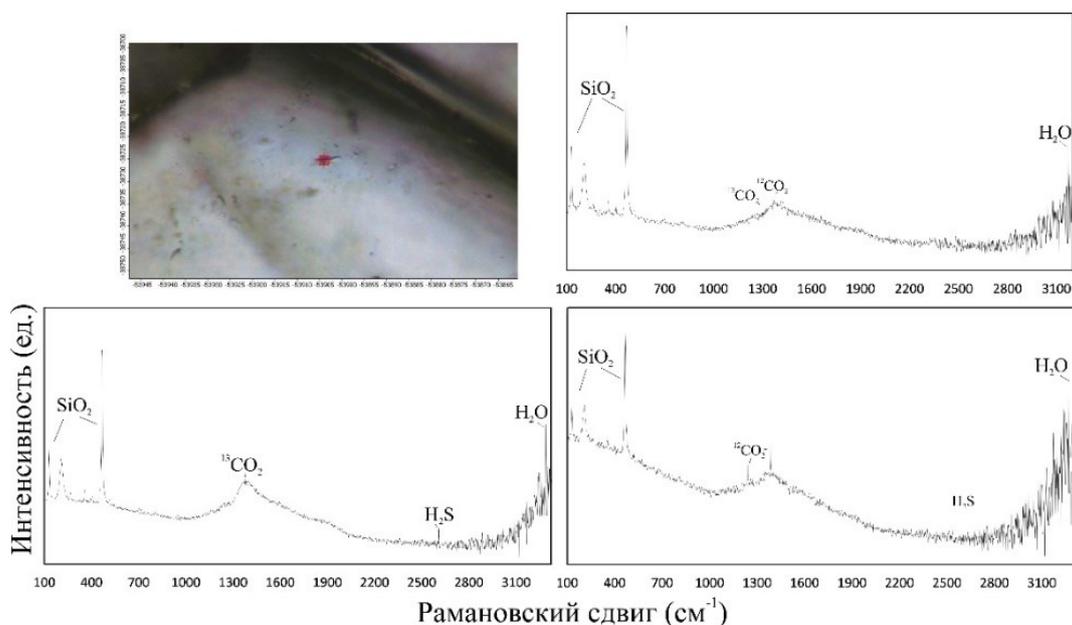


Рис.2 Спектры комбинационного рассеяния флюидных включений

Для определения составов паровой и жидкой фаз флюидных включений был проведен лазерный рамановский спектроскопический анализ. Результаты показали, что жидкие фазы во всех случаях содержат H_2O (~1630), CO_2 (~1370) и H_2S (~2590), а газовые фазы представлены CO_2 (~1285, ~1388) (рис. 2).

Таким образом, термометрические характеристики и состав газовой-жидких включений указывают на формирование рудной минерализации из единого потока флюидов при их периодических вскипаниях и конденсации на фоне общего снижения температуры в области рудоотложения.

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. Горячев Н. А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. Магадан: Изд-во СВКНИИ ДВО РАН, 1998. 210 с.
3. Реддер. Э. Флюидные включения в минералах: в 2 томах. Москва: Мир, 1987. 558с.
4. Минералогия руд Сохатинского золоторудного месторождения (Северо-Восток Азии, Россия) / Т. В. Тимкин, В. Г. Ворошилов, М. В. Юркова, М. Зиани // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 4. С. 53–65.
5. Bodnar R. J., Vityk M. O. Interpretation of microthermometric data for H_2O – NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. 1994. P. 117–130.

LA-ICP-MS АНАЛИЗ ПИРИТОВ ИЗ КВАРЦ-СУЛЬФИДНЫХ РУД ЗУН-ХОЛБИНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

М. Л. Москвитина

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
homashca@mail.ru

Аннотация. Зун-Холбинское золоторудное месторождение – крупнейшее в Восточном Саяне, входит в состав Урик-Китойской золоторудной зоны Окинского рудного района. Пирит является преобладающим рудным минералом на месторождении и диагностируется в трёх генерациях. Пирит первой генерации (пирит-1) характеризуется высоким содержанием таких элементов-примесей как Co, Cu, Pb, Au, но низкими концентрациями As. Пирит второй генерации (пирит-2) имеет высокие значения Ag, Bi, Mo, Se, тогда как содержания Ni, Pb, Sb, Zn в данной генерации пирита занижены. Пирит третьей генерации (Пирит-3) отличается повышенными концентрациями As, Ni, Sb и Zn, но низкими показателями Ag, Au, Bi, Co, Cu, Mo, Se. Различия в элементно-примесном составе разных генераций пирита обусловлена эволюцией рудообразующего флюида в процессе формирования месторождения. Так, от ранних пиритов к поздним происходит постепенное снижение концентраций Co, Cu, Ge, Te, Au, Pb, в то время как содержание As увеличивается. По Co/Ni отношению пирит-1 и пирит-2 отвечают гидротермальному источнику рудного вещества, а пирит-3 соответствует осадочному источнику.

Ключевые слова: золоторудные месторождения, самородное золото, микроэлементы, LA-ICP-MS анализ, пирит.

LA-ICP-MS ANALYSIS OF PYRITE FROM QUARTZ-SULFIDE ORES OF THE ZUN-HOLBA GOLD DEPOSIT (EAST SAYAN)

M. L. Moskvitina

Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia
homashca@mail.ru

Abstract. The Zun-Holba gold deposit is the largest in the Eastern Sayan, part of the Urik-Kitoy gold ore zone of the Okinsky ore district. Pyrite is the predominant ore mineral at the deposit and is identified in three generations. Pyrite of the first generation (pyrite-1) is characterized by a high content of trace elements such as Co, Cu, Pb, Au, but low concentrations of As. Pyrite of the second generation (pyrite-2) has high values of Ag, Bi, Mo, Se, while the contents of Ni, Pb, Sb, Zn in this generation of pyrite are underestimated. Pyrite of the third generation (Pyrite-3) is characterized by increased concentrations of As, Ni, Sb and Zn, but low values of Ag, Au, Bi, Co, Cu, Mo, Se. Differences in the elemental and impurity composition of different generations of pyrite are due to the evolution of the ore-forming fluid during the formation of the deposit. Thus, from early to late pyrites there is a gradual decrease in the concentrations of Co, Cu, Ge, Te, Au, and Pb, while the As content increases. According to the Co/Ni ratio, pyrite-1 and pyrite-2 correspond to a hydrothermal source of ore matter, and pyrite-3 corresponds to a sedimentary source.

Keywords: gold deposit, free gold, microelements, LA-ICP-MS analysis, pyrite.

В геологическом строении месторождения принимают участие: архейский фундамент Тувино-Монгольского микроконтинента (породы Гарганской «глыбы»); плагиограниты и гранодиориты сумсунурского интрузивного комплекса; сланцево-карбонатные отложения чехла Тувино-Монгольского микроконтинента (карбонатные породы иркутской свиты и боксонской серии, а также осадочно-вулканогенные образования сархойской серии); базит-ультрабазиты, черные сланцы, метаэффузивы (ильчирская толща, оспинская свита) офиолитового комплекса; единичные дайки лампрофиров.

Месторождение пространственно приурочено к Самарта-Холбинской зоне разломов северо-западного простирания [1, 2]. В пределах зоны широко проявлены тектонические деформации, в результате чего вся Самарта-Холбинская зона представляет собой тектонический меланж, включающий в себя все комплексы пород, которые слагают Холбинское рудное поле (гнейсы, граниты, карбонаты, сланцы и др.). Для месторождения характерны зоны гидро-

термальных изменений с образованием околорудных метасоматитов (березитов по гранитоидам, лиственитов по ультрабаазитам, зон окварцевания по карбонатным породам).

Руды Зун-Холбинского месторождения не выдержаны по простиранию и падению и представляют собой кварц-сульфидные зоны линзовидной и жилородной морфологии, которые сливаются в более крупные участки, выделяемые в качестве рудных тел.

Согласно преобладающим рудным минералам, на месторождении можно выделить три минеральных типа: пирит-пирротиновые; кварц-карбонат-сульфидные (пиритовые) и кварц-полиметаллические (пирит-сфалерит-галенитовые). Пирит является преобладающим рудным минералом на Зун-Холбинском месторождении и встречается в трёх генерациях. Так, пирит первой генерации (пирит-1) характерен для пирит-пирротинового минерального типа руд и диагностируется в виде сфероидальных порфириобластов размером до нескольких мм, развивающихся по сплошному пирротиновому агрегату. Пирит второй генерации (пирит-2) образует гипидиоморфные зёрна, угловатой, вытянутой, но чаще всего неправильной формы с извилистыми границами, размером от первых мкм до 4 мм по длинной оси. Такой пирит характерен для кварц-карбонат-сульфидного минерального типа. Пирит третьей генерации (пирит-3) наблюдается в виде кристаллов кубической формы, размером до 2 мм, которые по краям и в центральных частях замещаются более поздними сульфидами цветных металлов (халькопирит, галенит, сфалерит). Пирит-3 встречается в рудах кварц-полиметаллического минерального типа.

Пириты трех описанных генераций были проанализированы на микропримеси методом LA-ICP-MS. Пирит-1 характеризуется относительно высокими содержаниями Co (1390.1), Cu (1287.7), Pb (1209.2), а также Au (2.66), но низкими – As (172.64) (здесь и далее в скобках приведены содержания элемента в г/т). Пирит-2 отличается повышенными значениями содержаний Ag (49.91), Bi (49.39), Mo (0.97) и Se (5.55), но пониженными – Pb (922.17), Sb (2.65) и Zn (622,83). Пирит-3 относительно других двух генераций пирита характеризуется самыми высокими концентрациями As (436.273), Ni (69.36), Sb (11,03) и Zn (1196.7), но самыми низкими значениями содержаний Ag (3.52), Au (0.62), Bi (0.06), Co (9.083), Cu (33.75), Mo (0.017) и Se (0.65).

Таким образом от пирита-1 к пириту-3 закономерно снижаются содержания Ag, Co, Cu, Pb, отчасти Au, Mo, Sb, несколько возрастает содержание As.

Показателями генетической природы различных пиритов могут являться характерные отношения микроэлементов. В частности, отношения Co/Ni различаются в пиритах из месторождений гидротермального и осадочного происхождения. Так, гидротермальные пириты характеризуются значениями больше 1, осадочные – меньше 1 [3-7].

Co/Ni отношения в пирите-1 попадают в интервал значений от 1,04 до 395 при среднем значении – 79,5. Пирит-2 характеризуется интервалом значений 0.01 – 2195.40, среднее значение – 189.08. Пирит-3 из кварц-полиметаллических руд, по сравнению с пиритами других генераций, характеризуется самыми низкими Co/Ni отношениями, не превышающими 1.51. В целом, по упрощённой систематике, пирит-1 и пирит-2 с Зун-Холбинского месторождения соответствуют пиритам гидротермального происхождения, а пирит-3 попадает в поле пиритов осадочного генезиса (рис. 1).

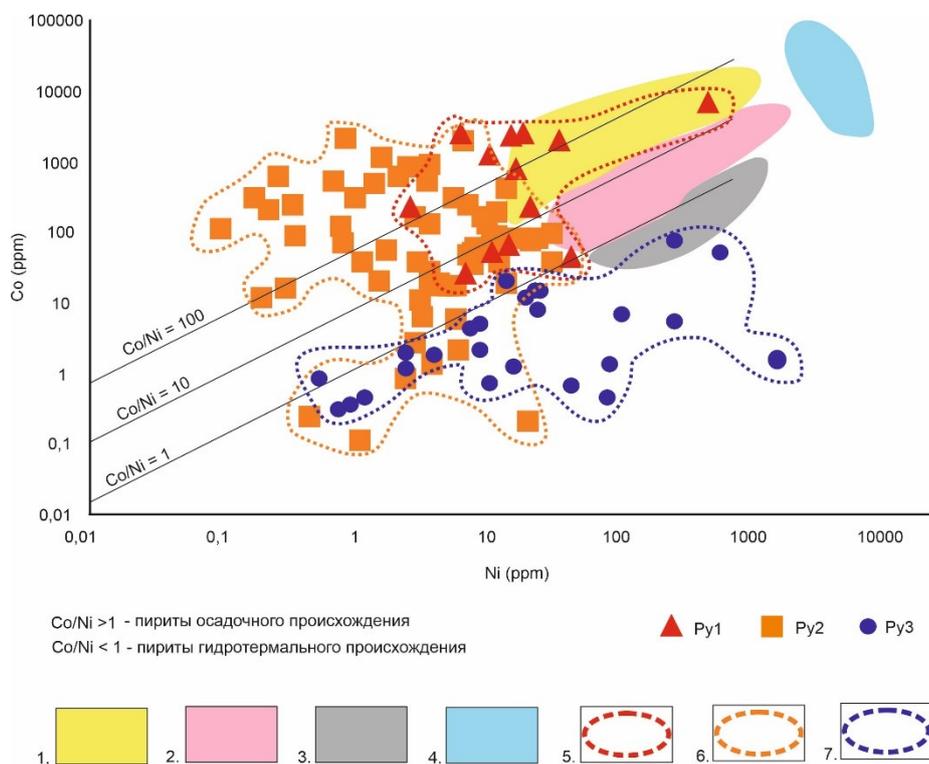


Рис. 1. Классификационная диаграмма Co/Ni отношений в пирите [Adam, 2020] с наложением результатов с Зун-Холбинского золоторудного месторождения: 1 – интрузивные; 2 – магматические; 3 – седиментационные; 4 – гидротермальные; 5 – поле пирита-1 с Зун-Холбинского месторождения; 6 – поле пирита-2 с Зун-Холбинского месторождения; 7 – поле пирита-3 с Зун-Холбинского месторождения

Различия в элементно-примесном составе разных генераций пирита обусловлены эволюцией рудообразующего флюида в процессе формирования месторождения.

Исследования выполнены в рамках государственного проекта фундаментальных научных исследований (ФНИ) ГИН СО РАН, № гос. рег. АААА-А21-121011390003-9.

Литература

1. Геодинамика Саяно-Байкало-Муйского аккреционно-коллизийного пояса в неопротерозое – раннем палеозое, закономерности формирования и локализации благороднометалльного оруденения / С. М. Жмодик, А. А. Постников, М. М. Буслов, А. Г. Миронов // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 1. С. 183–197.
2. Корольков А. Т. Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. 251 с.
3. Clark C., Grguric B., Mumm A. S. Genetic implications of pyrite chemistry from the Palaeoproterozoic Olary Domain and overlying Neoproterozoic Adelaidean sequences, northeastern South Australia // Ore Geology Reviews. 2004; 25(3–4): 237–257.
4. Gregory D. D., Large R. R., Halpin J. A., Baturina E. L., Lyons T. W., Wu S., Danyushevsky L., Sack P. J., Chappaz A., Maslennikov V. V., Bull S. W. Trace element content of sedimentary pyrite in black shales // Economic Geology. 2015; 110: 1389–1410.
5. Li N., Deng J., Yang L. Q., Goldfarb R. J., Zhang C., Marsh E., et al. Paragenesis and geochemistry of ore minerals in the epizonal gold deposits of the Yangshan gold belt, West Qinling, China // Mineralium Deposita. 2014; 49(4): 427–449.
6. Reich M., Simon A.C., Deditius A., Barra F., Chryssoulis S., Lagas G., et al. Trace element signature of pyrite from the Los Colorados iron oxide-apatite (IOA) deposit, Chile: a missing link between Andean IOA and iron oxide copper-gold systems // Economic Geology. 2016; 111(3): 743–761.
7. Steadman J. A., Large R. Synsedimentary, diagenetic and metamorphic pyrite, phrrhotite, and marcasite at the Homestake BIF-hosted gold deposit, South Dakota, USA: Insights on Au-Au ore genesis from textural and LA-ICP-MS trace element studies // Economic Geology. 2016; 111: 1731–1752.

СТРОЕНИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД БУРГУЙСКОЙ ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Н. С. Назихина¹, А. Л. Елбаев²

¹Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова, Улан-Удэ, Россия
nazihinanadezda882@gmail.com

²Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
elbaev@ginst.ru

Аннотация. Проведено исследование вещественного состава гранитоидов и вулканитов Бургуйской вулканотектонической структуры и выявлены их геохимические особенности. Установлено, что магматические породы соответствуют продуктам внутриплитного магматизма (А₁-типа), связанного с образованием внутриконтинентальных рифтовых структур.

Ключевые слова: гранитоиды, геохимия, вулканотектоническая структура, Джидинский рудный район, Юго-Западное Забайкалье.

STRUCTURE AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ROCKS OF THE BURGUY VOLCANOTECTONIC STRUCTURE (SOOUTWESTERN TRANSBAIKALIA)

N. S. Nazikhina¹, A. L. Elbaev²

¹Buryat State University, Ulan-Ude, Russia
nazihinanadezda882@gmail.com

²Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
elbaev@ginst.ru

Abstract. A study of the material composition of granitoids and volcanics of the Burguy volcanotectonic structure was carried out and their geochemical features were revealed. It has been established that the igneous rocks correspond to the products of intraplate magmatism (A₁-type), associated with the formation of intracontinental rift structures.

Keywords: granitoids, geochemistry, volcanotectonic structure, Dzhida ore district, Southwestern Transbaikalia.

Бургуйская вулканотектоническая структура (ВТС) расположена в пределах восточной части Джидинского рудного района Юго-Западного Забайкалья в междуречье Хамней - Хуртуга и представлена выходами предположительно раннемезозойских субвулканических и вулканических пород и интрузий гранитоидов [1,4]. При геологическом доизучении площади (ГДП-50) Бургуйская ВТС разделена на Усутуйскую вулcano-плутоническую и Субутуйскую плутоническую части и отнесена к образованиям позднего палеозоя [3]. При этом все интрузии гранитоидов Бургуйской ВТС объединяются в Хамней-Хуртугинскую группу массивов, в которую вошли пять наиболее крупных тел. Общая их площадь составляет около 50 км² (Бургуйский массив - 5 км², В. Бургуйский - 10 км², Н. Хуртугинский - 3 км², Самсальский - 5 км², Субутуй-Тарбагатайский - 20 км²). Самсальский, В. Бургуйский и Н. Хуртугинский массивы контактируют с вулканитами цаган-хунтэйской [1] или гунзанской [3] свиты. Несколько мелких тел монзонитов развиты среди вулканитов в среднем течении р. Бургуй. Поля вулканитов распространены в междуречье Бургуя - Хуртуги и слагают в основном водораздельные вершины, занимают площадь около 15 км². В структурном отношении они приурочены к Усутуйской вулcano-плутонической части Бургуйской ВТС. Поля вулканитов имеют многослойное строение. Максимальное их количество описано в районе высотной отметки 1693.0 м - шесть [3]. По простиранию потоки довольно выдержанные. Их мощность колеблется от 30 до 150 м. Залегание покровов субгоризонтальное - 2-5° - с падением на северо-восток.

Для вещественной характеристике используются образцы гранитоидов из В. Бургуйского (В-05а-17), Самсальского (В-02а-17, В-02б-17, В-03а-17, В-03б-17) и Субутуй-

Тарбагатайского (В-01b-17) массивов, а также вулканиты долины р. Бургуй (В-04a-17, В-04b-17, В-04c-17, В-04d-17, В-04e-17, В-04f-17). На классификационной TAS-диаграмме составы интрузивных пород отвечают семействам монцонитов (В. Бургуйский), щелочных сиенитов (Субугуй-Тарбагатайский) и гранитов (Самсальский). Диапазон содержаний щелочей и кремнезема в исследуемых вулканитах сопоставим с породами В. Бургуйского и Субугуй-Тарбагатайского массивов и на диаграмме ложатся в поля трахиандезитов, трахитов и щелочных трахитов. В щелочных разностях гранитоидов и вулканитов коэффициент апаитности (NK/A) относительно высокий и лежит в диапазоне 0.85–0.97, тогда как в пробах монцонита и андезибазальта данные значения менее 0.85 (0.64-0.77) и соответствует «нормальным» породам. По соотношению K_2O-SiO_2 все породы Бургуйской ВТС соответствуют шошонитовой петрохимической серии. Также они характеризуются высокой железистостью ($\#Fe = 0.86-0.96$), свойственной породам А-типа [6]. Исключение составляют менее кислые и менее щелочные – монцонит и трахиандезит (0.76). На дискриминационных диаграммах [9] практически все составы пород соответствуют гранитоидам А-типа. На спайдер-диаграмме при нормировании к средней континентальной коре [8] фиксируются отрицательные аномалии Ba, Sr, Eu, Ti, что также подтверждает отнесения исследуемых магматитов к А-типу. По петро- и геохимическим классификационным признакам гранитоиды ($SiO_2 = 67-80$ мас %) Хамней-Хуртугинской группы отвечают гранитам А₁-типа [2,5]. Данный тип (А₁) образуется преимущественно в условиях внутриплитного магматизма: во внутриокеанической системе (океанические острова) или у дивергентных границ литосферных плит в холодных внутриконтинентальных рифтах [2].

Тектоническая типизация вулканитов и гранитоидов по геохимическим параметрам Дж. Пирса [7] также показывает сходство с породами, формировавшимися во внутриплитных геодинамических обстановках.

Таким образом, вещественная характеристика пород Бургуйской ВТС (высокая щелочность, сходство с гранитоидами А₁-типа) позволяет рассматривать их как продукт внутриплитного магматизма, связанного с образованием внутриконтинентальных рифтовых структур.

Литература

1. Государственная геологическая карта. 1:200000. Лист М-48-ХV / Отв. ред. Налетов П.И. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 1963 г.
2. Гребенников А. Г. (2014) Гранитоиды А-типа: проблемы диагностики, формирования и систематики. Геология и геофизика. 2014. Т. 55 № 9. С. 1356-1373.
3. Зеленский Е. Е., Очиров Р. П., Хохлов В. В., Афанасьев В. С., Оборин В. В., Козлов В. Д., Крахин А. С., Языков А. Г., Дашицыренов Д. Д. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейнов рек Джиды - Дархинтуй - Цеже. Отчет Дархинтуйской ПСП за 1981-83 гг. Бурятгеология, Улан-Удэ, 1984. 422 с.
4. Цыганков А. А., Хубанов В. Б., Бурмакина Г. Н., Елбаев А. Л., Бурдуковский В. В. Соотношение мантийного и разновозрастного корового вещества в составе гранитоидов Забайкалья А-типа: петрологические и геодинамические следствия // Геодинамика и тектонофизика. 2019. Т. 10. № 3. С. 779-799.
5. Eby G. N. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications. *Geology*. 1992. V. 20 (7). P. 641-644.
6. Frost B. R., Barnes C. G., Collins W. J., Arculus R. J., Ellis D. J., Frost C. D. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*. 2001. V. 42 (11) P. 2033-2048.
7. Pearce J. A., Harris N. B.W., Tindle A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // *Journal of Petrology*. 1984. V. 25. P. 956-983.
8. Rudnick R. L., Gao S. Composition of the continental crust. In: H.D. Holland, K.K. Turekian (Eds.), *Treatise on geochemistry*, Elsevier, Oxford. 2003. V. 3. P. 1-64.
9. Whalen J. B., Currie K. L., Chappell B. W. A-Type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis. *Contribution to Mineralogy and Petrology*. 1987. V. 95. P. 407-419.

КАМЕННОУГОЛЬНЫЕ КРИНОИДЕИ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Д. А. Наледин

Клуб «Юный геолог», Чита, Россия
danaledin@gmail.com

Аннотация. В статье охарактеризована история изучения каменноугольных криноидей Забайкалья, которые используются для определения возраста многих местных стратонов. Автором изучены криноидеи харашибирской свиты нижнебашкирского подъяруса (Агинская зона) по разрозненным стеблевым фрагментам. Комплекс включает восемь видов, принадлежащих семи родам. Комплекс криноидей нижнебашкирского подъяруса Забайкалья сходен с таковыми, определенными из синхронных отложений Казахстана и Монголии, что позволяет коррелировать разновозрастные разрезы этих регионов.

Ключевые слова: карбон, криноидеи, комплексы, биостратиграфия, Забайкалье.

CARBONIFEROUS CRINOIDS OF TRANSBAIKAL

D. A. Naledin

«Yuniy Geolog» Club, Chita, Russia
danaledin@gmail.com

Abstract. The publication presents the results of studies of Carboniferous crinoids, starting from the middle of the 20th century. The crinoid assemblages allowed defining the age of numerous formations. Carboniferous crinoids have been studied based on columnals from the Khara-Shibirian Formation (Lower Bashkirian) exposed in the Aga Zone of Transbaikal. The crinoid assemblage includes 8 species of 7 genera. The crinoid faunas of Lower Bashkirian show similarities with the Khazachstan and Mongolian faunas.

Keywords: Carboniferous, crinoids, assemblages, Formation, biostratigraphy, Transbaikal.

Морские лилии – удивительные иглокожие, существующие с ордовика до настоящего времени. Они принадлежат классу Crinoidea подтипа Crinozoa типа Echinodermata. В палеозое криноидеи имели большой ареал распространения и быструю эволюцию, чем и обусловлена их биостратиграфическая важность. Карбонатный скелет позволял им сохраняться в ископаемом состоянии. Рассвет животных пришелся на каменноугольный период, поэтому его неформально называют веком морских лилий. Изучение криноидей карбона дает возможность проследить эволюцию и развитие всей палеозойской фауны, потому что они, наряду с брахиоподами и мшанками, являлись доминирующими во многих бентосных сообществах [1, 6, 9, 10]. В это время значительная часть территории современной Восточной Сибири была покрыта эпиконтинентальными морями, имевшими большую площадь и малую глубину, в которых морские лилии были широко распространены.

Скелет морской лилии состоит из двух основных частей: кроны и стебля. Крона включает в себя руки и чашечку. Чашечка является главным составным элементом этого животного, в ней расположены все органы, ротовое и анальное отверстия. Руки отвечают за добычу пищи и кислорода. Стебель служит для прикрепления к субстрату. Морские лилии могли увеличивать свой ареал питания, извиваясь и качаясь в разные стороны, т.е. чем длиннее стебель, тем больше ареал. Их стебель иногда достигал в длину 20 метров, поэтому именно его фрагменты в ископаемом состоянии находят чаще всего.

Стебель состоит из члеников, соединенных между собой мышечной и соединительной тканями [9, 10]. Сочленовная поверхность члеников разделена на части: осевой канал (люмен), лигаментное поле (ареола), ребристая поверхность (кренулярий). У некоторых видов могут присутствовать свойственные только им дополнительные соединения: фульклярный гребень, перелюмен и т.д.

Осадочные отложения Восточного Забайкалья богаты разрозненными члениками стеблей морских лилий. Впервые криноидеи из каменноугольных отложений региона изучали Р. С. Елтышева и Ю. А. Дубатолова в 50–60 годах двадцатого столетия [2, 3, 4]. Образцы ча-

ще всего собирались геологами при проведении геологосъемочных работ и были немногочисленными. Определения, в комплексе с другими группами фауны, использовались для установления возраста осадочных толщ и составления карт среднего масштаба. Сборы не имели целенаправленного характера, и определения были предварительными.

В семидесятые годы Г.А. Стукалина изучала ископаемые стебли криноидей, собранные в разрезах верхнего палеозоя Забайкалья [8]. Материалом для исследований послужили коллекции, составленные по результатам тематических работ, проведенных при изучении чиронской серии приустьевой части левобережья р. Ага и гутайской свиты бассейна р. Чикой. Г. А. Стукалина описала 21 вид криноидей, 19 из которых были новыми. Остатки морских лилий из самых нижних слоев карбона (турне – нижний визе) ею изучены не были.

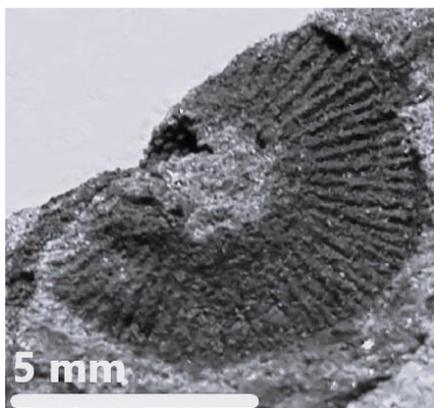
Начиная с конца двадцатого столетия А.В. Куриленко изучает коллекции криноидей, собранные из многочисленных палеозойских разрезов Забайкалья. Новые коллекционные материалы существенно дополняют и уточняют известные сведения о систематическом составе и распространении морских лилий в регионе. Значительная часть этих определений вошла в Атлас фауны и флоры палеозоя–мезозоя Забайкалья [1]. Турне–ранневизейские морские лилии изучены А.В. Куриленко из разрезов газимурозаводской (бассейн р. Газимур, хребет Аргалей) и типаринской (Верхнее Приамурье) свит. Криноидеи позднего визе–серпухова – из гутайской, киркунской и рябиновской свит Хэнтэй-Даурской зоны; башкирские – из хара-шибирской и шазагайтуйской свит бассейна р. Ага. Для турне – нижневизейских образований были впервые выделены комплексы ископаемых криноидей, описаны наиболее характерные формы, проведена корреляция разрозненных разрезов. Для отложений башкирского возраста уточнены и дополнены сведения о систематическом составе криноидных сообществ, уточнена номенклатура видов, определенных ранее Г.А. Стукалиной, пересмотрено их стратиграфическое распространение [1].

В настоящее время эти исследования продолжают автором. Темой настоящего исследования явились ископаемые морские лилии хара-шибирской свиты.

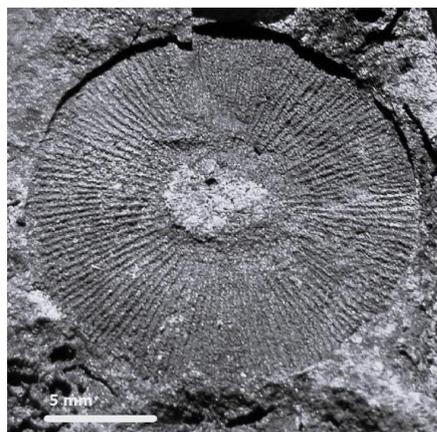
Хара-шибирская свита ($C_2h\delta$) соответствует нижнему подъярису башкирского яруса среднего карбона [1, 5]. Распространена она в бассейне р. Ага, левого притока р. Онон. Площадь, которую занимает свита, – около 85 км². Она сложена песчаниками, алевролитами, аргиллитами, гравелитами общей мощностью около 1 500 м и согласно залегает на тутхалтуйской свите верхнего визе–серпухова. Выше согласно перекрыта шазагайтуйской свитой позднебашкирского возраста [1].

Образцы, изученные автором из хара-шибирской свиты бассейна рек Шивиши и Зугалай (левые притоки р. Ага), представлены мелкозернистыми песчаниками с отпечатками членков стеблей криноидей, среди которых определены *Priscuscrinus priscus* (Stukalina), *Poteriocrinites? mergensis* Yeltyshewa et Stukalina, *Platycrinites? sp.*, *Popekocrinus kangilensis* (Yeltyshewa et Stukalina), *Uniformicrinus uniformis* (Stukalina) (рис.).

Геологические разрезы окрестностей рек Зугалай и Шивиши ранее рассматривались в составе девона [7]. Органические остатки в них в то время найдены не были, однако при проведении геологической съемки в 2017–2019 гг. А.В. Куриленко и Н. Г. Ядрищенской были обнаружены обильные фаунистические остатки. Определение двустворчатых моллюсков и мшанок из этой коллекции позволило отнести эти отложения к среднему карбону и рассматривать их в составе хара-шибирской свиты. Криноидеи из этих разрезов описываются впервые.



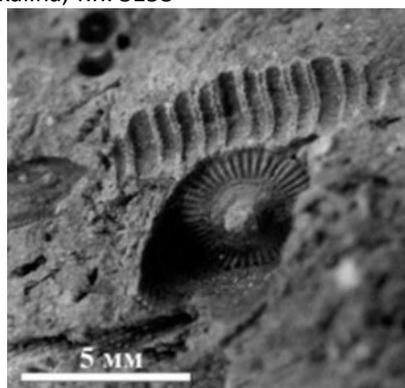
Фиг.1 *Priscusicrinus priscus* (Stukalina), т.н. 2727-4



Фиг.2 *Poteriocrinites? mergensis* Yeltysheva et Stukalina, т.н. 3158



Фиг.3 *Priscusicrinus priscus* (Stukalina) т.н. 2727-4



Фиг.4 *Uniformicrinus uniformis* (Stukalina), т.н. 3158

Рис. Фотографии криноидей хара-шибирской свиты

При изучении стеблей криноидей автором использована классификация их определения по разрозненным фрагментам, предложенная Г.А. Стукалиной [9, 10]. Найденные на описываемой территории морские лилии сходны с криноидеями из одновозрастных разрезов Монголии и Казахстана, что позволяет проводить межрегиональные корреляции.

Криноидеи изученного местонахождения имеют раннебашкирский возраст среднего карбона, что свидетельствует о том, что в промежутке с 323 по 315 млн лет назад на территории, где в настоящее время распространена хара-шибирская свита, располагался морской шельф. Исходя из определенных автором и предшественниками родов морских лилий, хара-шибирская свита содержит обедненный фаунистический комплекс, по сравнению с раннекаменноугольным, и насчитывает не более 7 родов криноидей. Возможно причиной такого небольшого разнообразия криноидей хара-шибирской свиты является LPIA (Late Paleozoic Ice Age – Позднепалеозойский ледниковый период) [11]. Автор предполагает, что во время, соответствующее возрасту формирования хара-шибирской свиты, похолодание, особенно ярко проявившееся в южном полушарии, затронуло и территорию Забайкальского края.

Выражаю особую благодарность моему научному руководителю А. В. Куриленко, канд. геол.-минерал. наук, за ценные советы, поддержку, наставления и предоставленную литературу в ходе работы.

Литература

1. Атлас фауны и флоры палеозоя-мезозоя Забайкалья. Новосибирск: Наука, 2002. 714 с.
2. Дубатолова Ю. А., Елтышева Р. С., Модзалевская Е. А. Морские лилии девона и нижнего карбона Дальнего Востока. Москва: Наука, 1967. 80 с
3. Дубатолова Ю. А., Шао-Цзе. Стебли морских лилий каменноугольных, пермских и триасовых отложений Южного Китая // Acta Paleontologica Sinica. 1959. 7; 1: 41–76.

4. Елтышева Р. С. Тип Echinodermata – иглокожие. Класс Crinoidea – морские лилии. Стебли морских лилий // Полевой атлас силурийской, девонской и раннекаменноугольной фауны Дальнего Востока. Москва: Недра, 1969. С. 150–167
5. Котляр Г. В., Попеко Л. И. Региональные стратиграфические подразделения карбона Монголо-Охотской складчатой области // Тихоокеан. геол. 1995. Т. 14, № 2. С. 68–74.
6. Миранцев Г. В. Морские лилии неверовской свиты верхнего карбона московской синеклизы: систематика, морфология и экология: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Москва, 2015. 235 с.. URL: <https://www.paleo.ru/upload/medialibrary/fff/fff70862d4eae9d91383dbd2dd4e0ef0.pdf> (дата обращения: 23.06.2024).
7. Самусин А. И., Самусина С. Н., Ширшова Т. Е. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Восточно-Забайкальская. Лист М-50-І. Объяснительная записка. Москва: Недра, 1964. 77 с.
8. Стукалина Г. А. Позднепалеозойские морские лилии Забайкалья и Монголии // Стратиграфия и палеонтология осадочных геологических формаций Забайкалья. Зап. Заб. фил. ГО СССР. Чита: Вост.-Сиб. кн изд-во, Чит. отд., 1973. Вып. 94. С. 16–55.
9. Стукалина Г. А. Закономерности исторического развития криноидей в раннем и среднем палеозое СССР. Москва: Наука, 1986. 142 с.
10. Стукалина Г. А. Криноидеи палеозоя. Санкт-Петербург: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 283 с.
11. Федоров И. Д. Эволюционная и онтогенетическая изменчивость ископаемой морской лилии *Stromyocrinus simplex* из среднего и верхнего карбона Подмосковья. Москва, 2022. 34 с. URL: [Федоров.pdf \(bioclass.ru\)](#) (дата обращения: 20.06.2024).

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕСОГЛАСИЯ И ПЕРЕРЫВЫ В ОСАДКОНАКОПЛЕНИИ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ ОТ СРЕДНЕ-КАСПИЙСКОГО БАСЕЙНА К ЮЖНО-КАСПИЙСКОМУ БАСЕЙНУ МЕТОДОМ СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Н. Э. Намазлы

Институт геологии и геофизики Министерства науки и образования, Азербайджанская Республика
nurlannamazli@outlook.com

Аннотация. Изучение перерывов в осадконакоплении и поверхностей несогласия в осадочной толще переходной зоны от Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ) к Средне-Каспийскому бассейну (СКБ) имеет большое практическое значение. Как известно, основной причиной образования неантиклинальных ловушек в нефтегазоносных бассейнах является именно наличие поверхностей несогласия. Кроме того, исследование поверхностей несогласия также считается важным для реконструкции палеогеографических условий. Для решения подобных задач, помимо изучения поверхностей несогласия, важно изучать нарушения сплошности внутри осадочных слоев. В исследовательской работе были изучены перерывы в осадконакоплении и поверхности несогласий с использованием метода сейсмостратиграфического анализа. Для этого использовались материалы сейсморазведки, а также материалы электрического и акустического каротажа.

Ключевые слова: поверхность несогласия, перерывы в осадконакоплении, Средне-Каспийский бассейн, Южно-Каспийский бассейн, сейсмостратиграфический анализ.

THE STUDY OF THE UNCONFORMITY SURFACES AND DEPOSITIONAL HIATUSES IN THE TRANSITION ZONE FROM THE MIDDLE CASPIAN BASIN TO THE SOUTH CASPIAN BASIN BY THE METHOD OF SEISMOSTRATIGRAPHIC ANALYSIS

N. E. Namazli

Institute of Geology and Geophysics of the Ministry of Science and Education, The Republic of Azerbaijan
nurlannamazli@outlook.com

Abstract. It is extremely important to study depositional hiatuses and unconformity surfaces in the sediment layer of the transition zone between the Middle and South Caspian Basins. Unconformity surfaces are known to be the primary cause of the formation of non-anticlinal type traps in oil and gas basins. In addition, it is thought that studying unconformity surfaces is crucial for restoring paleogeographical conditions. To solve such problems, depositional hiatuses within the sedimentary layer must also be studied in addition to unconformity surfaces. In the research work, depositional hiatuses and unconformity surfaces were examined using the seismostratigraphic analysis method. For this purpose, seismic survey materials, as well as electric and acoustic logging materials were used.

Keywords: unconformity surfaces, depositional hiatuses, The Middle Caspian basin, The South Caspian basin, seismostratigraphic analysis.

В отличие от сейсмических изохронных границ, временной диапазон изменяется в разных местах поверхностей несогласий. Однако хроностратиграфическое значение таких поверхностей несогласия состоит в том, что они отделяют древние породы от несколько более молодых и указывают на разрывные нарушения.

Границы сейсмических седиментационных комплексов - это в основном вторичные поверхности несогласия. В промежутках времени между слоями, лежащими ниже и выше поверхностей несогласия, различаются акустические жесткости, и с этой поверхности возникают прерывистые и непрерывно наблюдаемые отражения. Непрерывные сейсмические горизонты наблюдаются, когда коэффициенты отражения на границах тонких пластов, лежащих выше и ниже него по поверхностям несогласий, очень велики.

Процесс складчатости, начавшийся с олигоцена в переходной зоне, привел к образованию больших разрывов и поверхностей резкого расхождения вплоть до накопления отложений раннего плиоцена (Продуктивная толща). Изучая происхождение разрывов, возникших в раннем плиоцене (Продуктивная толща), можно уточнить этапы развития бассейна и восстановить геологическую историю [1].

Сейсмостратиграфические исследования показали, что в регионе возможно выделение 4 типов поверхностей несогласия. Здесь поверхность несогласия над консолидированной океанической корой и поверхностью тектоноструктурного расхождения в осадочном слое прослеживаются между макрокомплексами разного возраста. Эти две и более поверхности несогласия (поверхность консолидированной океанической коры и континентального слоя; поверхности несогласия между сейсмокомплексами разного возраста) образуются в основном во время тектонических и структурных изменений. Кроме того, помимо хроностратиграфического значения сейсмических горизонтов, отслеживаемых на разрезе, важную роль играют подпорные горизонты, образованные определенными интервалами накопления отложений [2].

Помимо материалов сейсморазведки, при прослеживании разрывов и обнаружении ловушек антиклинального типа между ними использовались материалы электрического и акустического каротажа. С помощью возможностей сейсмостратиграфического метода анализа нами было проведено выявление клиноформ, в северо-западной бортовой зоне ЮКБ (рис. 1). В результате рассмотрения условий образования таких зон и колебаний уровня моря изучено преобладающее влияние палеогеографических условий в пределах отдельных горизонтов Продуктивной толщи. В результате сейсмофациальных исследований были обнаружены некоторые трансгрессивно-прибрежные фации.

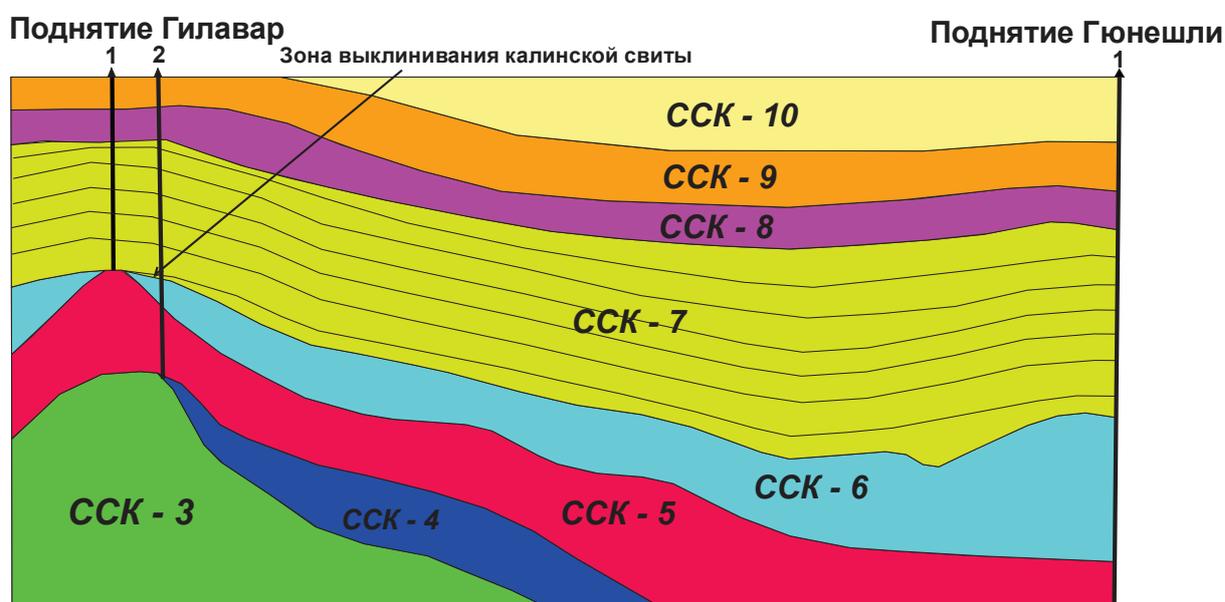


Рис. 1. Сейсмический профиль в направлении СЗ-ЮВ, по району исследований.

Литература

1. Продуктивная толща Азербайджана / А. А. Ализаде, И. С. Гулиев, П. З. Мамедов и др. Москва: Недра, 2018. Т. 1.
2. Мамедов П. З. Модели седиментации в ЮКМБ и их сейсмостратиграфические характеристики // Стратиграфия и Седиментология нефтегазоносных бассейнов. 2009. № 1. С. 51–67.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СЕЛЕНГИНСКОГО СРЕДНЕГОРЬЯ В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Б. Д-Ц. Намзалова

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
namsab@mail.ru

Аннотация. Приводится обзор по истории развития растительности Селенгинского среднегорья в позднем кайнозое. На территории Селенгинского среднегорья исследования растительности этого времени с помощью палинологического метода изучения отложений фрагментарны.

Ключевые слова: Селенгинское среднегорье, палинология, растительность, поздний кайнозой.

VEGETATION OF THE SELENGA MIDDLE MOUNTAINS IN THE LATE CENOZOIC (SOUTHWESTERN TRANSBAIKALIA)

B. D-Ts. Namzalova

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
namsab@mail.ru

Abstract. An overview of the history of vegetation development of the Selenga Middle Mountains in the Late Cenozoic is given. On the territory of the Selenga Middle mountains, vegetation studies of this time using the palynological method of studying sediments are fragmentary.

Keywords: Selenga Middle mountains, palynology, vegetation, late Cenozoic.

Селенгинское среднегорье – физико-географическая область в Западном Забайкалье, охватывает значительную часть бассейна р. Селенги и её крупных притоков — Джиды, Темника, Чикоя, Хилка, Уды.

Основные черты рельефа бассейна р. Селенги обусловлены позднемезозойской структурой с наложенными профессами неоген-четвертичных тектонических движений [1,3]. Хребты Селенгинского среднегорья разделяют широкие межгорные впадины (Боргойская, Гусиноозерская, Убукуно-Оронгойская, Иволгинская, Удинская).

ТОЛОГОЙСКИЙ РАЗРЕЗ находится в 14 км юго-западнее г. Улан-Удэ и представляет склон останцово-горы, отделенную от Ганзуриного хребта древней излучиной р. Селенги. В разрезе у горы Тологой выделяются три толщи: верхняя палево-серая, средняя палево-серая, нижняя красноцветная.

Сведения о палеорастительности приводит Базаров [2] для разрезов 2-х скважин, пробуренных в некотором удалении от разреза (примерно в 800 м). Керны были опробованы на спорово-пыльцевой анализ. Большинство проб оказалось малонасыщенными пыльцой и спорами. Богатый спорово-пыльцевой спектр получен только для самой нижней части разреза скважины, представленного суглинком. Установлено, что во время его формирования большое распространение имела древесная растительность (97,42%), представленной сосной обыкновенной. Отмечены также пыльца сосны кедровидной, березы, ольхи, ели и однопыльцевое зерно вяза. Травянистые растения малочисленны, представлены пыльцой полыни, злаковых, лютиковых, лебедовых и вересковых. Выше слоя суглинка, на глубине 91-92 м залегает тонкозернистый песок с незначительным содержанием глины. В спорово-пыльцевом спектре пыльца травянистых растений (60%) преобладает над древесной.

Спорово-пыльцевые данные, полученные Равским и др. [13] из палево-серой толщи разреза Тологой, свидетельствуют об открытых степных ландшафтах с островками леса, где росли сосна, береза, амурская липа, что указывает на сухой, довольно теплый климат во время существования данной флоры.

НАДПОЙМЕННАЯ ТЕРАССА Р. ДЖИДА. Место исследования находится в 2,5 км к югу от с. Дырестуй на правом берегу р. Джиды. Описано геологическое строение высокой

надпойменной террасы р. Джида (высота 17-19 м). Пробы отобраны сотрудниками Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ) Р.Ц. Будаевым и В.Л. Коломийцем. На спорово-пыльцевой анализ было отобрано 10 проб, из них проведен анализ по 4 пробам. В разрезе преобладают аллювиальные отложения от мелко-среднезернистого до крупнозернистой фракции с прослоями грубо и крупнозернистого песка от серовато-коричневого до серого цвета, местами обогащенный илистым материалом. В средней части разреза отмечается слабое проявление ожелезнения, выраженное в виде пятнистого окрашивания песка в ржаво-коричневый цвет [17].

Палинологический анализ проб в выделенных спектрах в верхней части разреза показал значительное преобладание травянистой растительности над древесной, с преобладанием полыни и маревых, что может свидетельствовать о сухо степной или степной растительности. Ниже по разрезу флористический состав растительности более разнообразен и соотношение пыльцы травянистых и древесных растений меняется. Более широкое распространение получает древесные породы с преобладанием ели и представителей сосновых.

По данным, приведенным Е.М. Малаевой [11], на территории Монголии и Западного Забайкалья, куда территориально относится и Селенгинское среднегорье, в плиоцене установлено несколько этапов развития растительности, которые устанавливаются в следствие колебаний общей влагообеспеченности. Поздний плиоцен характеризуется развитием некоторых соотношений в растительности, свойственных пояса семиаридного типа, - активным проникновением в горы степных ассоциаций, экспозиционным расселением разных типов лесов и вариантов открытых сообществ, осветлением и остепнением лесов, интразональности растительности долин. В отличие от современной поясной структуры был развит подпояс смешанных лесов с вкраплением широколиственных пород.

В целом период развития растительности в позднем плейстоцене отличался заметными по пыльцевым флорам контрастными сменами растительных сообществ и интенсивностью их динамики. Это отражалось как перераспределение уже существовавших растительных формаций и сообществ, а также в появлении и закреплении специфических монгольских (или забайкало-монгольских) типов «условно холодных» группировок. В позднем плейстоцене стала также более заметной реакция растительности на отклонения от текущих климатических режимов, так как возрос уровень специализации растительных сообществ, которые очень чутко приспосабливались к конкретным климатическим и эдафическим условиям [10]. В среднем плейстоцене особенностью динамики растительности была ее трансформация в связи небольшими вариациями климатических параметров, которые были характерны в полосе чередования леса и степи, а также в нижней части лесного пояса.

Вопросам развития растительности и климата позднеледниковья и голоцена в целом Байкальского региона посвящено ряд работ [4-11, 14-16]. Согласно результатам, пыльцевого и радиоуглеродного анализов донных отложений четырех озер в центральной части Бурятии [16] установлено, что растительность типа лесотундры или холодной лесостепи существовала 10000-10600 л. н. В условиях повышения летних температур и некоторого иссушения климата 9000-10000 л. н. в регионе в то время широко распространились степи. Древесная растительность начала расселяться быстрыми темпами после 9000 л. н. В середине голоцена происходит улучшение условий увлажненности и ослабление континентальности, на что указывает широкое участие в составе лесов берёзы и ели. На протяжении последних 3000 лет сосновые и лиственничные леса прочно заняли ключевые позиции в растительном покрове, отражая ухудшение условий увлажненности и усиление континентальности климата.

Для уточнения некоторых моментов динамики растительности и флоры Забайкалья позднего кайнозоя необходимо исследование новых разрезов с привлечением и корреляцией комплекса данных по другим видам анализов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ГИН СО РАН № АААА-А21-121011390004-6.

Литература

1. Базаров Д. Б. Кайнозой Прибайкалья и Западного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1986. 179 с.
2. Базаров Д. Б. Четвертичные отложения и основные этапы развития рельефа Селенгинского среднегорья. Улан-Удэ, 1968. 166 с.
3. Базаров Д. Б., Антощенко-Оленев И. В. Селенгинское среднегорье и Джидинский горный район // Нагорья Прибайкалья и Западного Забайкалья. Москва: Наука, 1974. С. 163–210.
4. Базарова В. Б., Лящевская М. С. Природная среда Западного Забайкалья в позднеледниковье и позднем голоцене // Геосистемы северо-восточной Азии: природа, население, хозяйство территории. Владивосток, 2021. С. 6–10.
5. Безрукова Е. В. Палеогеография Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене. Новосибирск: Наука, 1999. 128 с.
6. Озеро Котокель – опорный разрез позднеледниковья и голоцена юга Восточной Сибири / Е. В. Безрукова, С. К. Кривоногов, Х. Такахара и др. // Доклады РАН. 2008. Т. 420, № 2. С. 248–253.
7. Белова В. А. Растительность и климат позднего кайнозоя юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
8. Виппер П. Б., Голубева Л. В. К истории растительности юго-западного Забайкалья в голоцене // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1976. № 45. С. 45–55.
9. Дергаусова М. И., Резанова В. П., Балдаева Г. П. Геология и палинология удунгинских разрезов (Западной Забайкалье) // Вопросы геологии кайнозоя Прибайкалья и Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1991. С. 83–96.
10. Малаева Е. М. История растительности Монголии в плейстоцене и голоцене и палеоиндикационные признаки ископаемых пыльцевых флор // Поздний кайнозой Монголии. Москва: Наука, 1989. Вып. 47. С. 158–177.
11. Малаева Е. М. История растительности Монголии в плиоцене и критерии его палеофлористического расчленения // Поздний кайнозой Монголии. Москва: Наука, 1989. Вып. 47. С. 139–158.
12. Антропогенные отложения юга Восточной Сибири / Э. И. Равский, Л. П. Александрова, Э. А. Вангенгейм и др. // Труды ГИН АН СССР. Москва: Наука, 1964. Вып. 105. 278 с.
13. Резанов И. Н. Кайнозойские отложения и морфоструктура Восточного Прибайкалья. Новосибирск: Наука, 1988. 128 с.
14. Решетова С. А., Безрукова Е. В. Растительность и климат Забайкалья в позднеледниковье и голоцене (по палинологическим данным). Чита, 2018. 192 с.
15. Растительность Центрального Забайкалья в позднеледниковье и голоцене / С. А. Решетова, Е. В. Безрукова, В. Паниззо и др. // География и природ. ресурсы. 2013. № 2. С. 110–117.
16. Тарасов П. Е., Дорофеюк Н. И., Виппер П. Б. Динамика растительности Бурятии в голоцене // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. Т. 10, № 1. С. 94–102.
17. Цыренов Ц. А., Коломиец В. Л., Будаев Р. Ц. Литологическая характеристика отложений и обстановки седиментации террасового комплекса р. Джиды в нижнем течении (Западном Забайкалье) // Геология в развивающемся мире: сборник научных трудов (по материалам IX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 томах / Пермский гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2016. С. 243–246.

МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА-ГОЛОЦЕНА ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

О. Д.-Ц. Намзалова

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
ojunkanam@mail.ru

Аннотация. Приведены данные по видовому составу мелких млекопитающих позднего плейстоцена-голоцена Западного Забайкалья из местонахождений Ошурково, Колобки и Иволгинское городище. В позднем плейстоцене доминировали представители аридных степей. В раннем голоцене в фауне появляются типичные лесные формы, такие как заяц и лемминг. Существенные изменения произошли в составе фауны мелких млекопитающих в среднем голоцене. В это время из состава мелких млекопитающих выпадают такие формы как *Lasiopodomys*, *Lagurus* за счет изменения границ ареала. В фауне увеличивается количество полевок рода *Microtus*. Видовой состав фауны мелких млекопитающих позднего голоцена представлен лесными и сухостепными видами.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, фауна, поздний плейстоцен, голоцен, Западное Забайкалье.

SMALL MAMMALS OF THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE OF WESTERN TRANSBAIKALIA

O. D.-Ts. Namzalova
Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia,
ojunkanam@mail.ru

Abstract. Data about species composition of small mammals of the Late Pleistocene-Holocene of Western Transbaikalia localities Oshurkovo, Kolobki and Xiongnu Ivolga Fortress are presented. In the Late Pleistocene are dominated species that inhabited in arid steppes. In the early Holocene, typical forest forms such as the hare and lemming appeared in the fauna. Significant changes occurred in the composition of the small mammal's fauna in the Middle Holocene. At this time, such forms as *Lasiopodomys* and *Lagurus* fall out of the composition due to changes in the boundaries of the range. The number of voles of the genus *Microtus* is increasing in the fauna. The species composition of the small mammal's fauna of the late Holocene is represented by forest and dry-steppe species.

Keywords: small mammals, fauna, Late Pleistocene, Holocene, Western Transbaikalia

Мелкие млекопитающие, благодаря широкому распространению ископаемых остатков в континентальных отложениях позднего кайнозоя и их биологических особенностей, служат надежной основой палеогеографических реконструкций природной среды и климата прошлых эпох, используясь в качестве временных реперов и индикаторов климатических и ландшафтных изменений [3, 4].

Фундаментальные исследования по мелким млекопитающим в Западном Забайкалье начаты с 1962 г, это было связано с открытием местонахождений Тологой, Додогол, Засухино и в последствии других многочисленных местонахождений в регионе [4, 7].

Новые материалы по ископаемым мелким млекопитающим конца позднего плейстоцена-голоцена были получены при проведении полевых работ на местонахождениях Западного Забайкалья: Ошурково, Колобки и Иволгинское городище.

В местонахождении Ошурково фаунистические остатки найдены в не нарушенных стратиграфических условиях вместе с каменными орудиями палеолитического человека, что имеет важное значение для изучения стратиграфии Забайкалья. Археолог М.В. Константинов (1994) выделил три культурных горизонта, для двух из которых приводятся абсолютные датировки: для верхнего горизонта – 8070 ± 180 , ГИН-5796; для нижнего горизонта – 9700 ± 700 , ГИН-5788; 11230 ± 80 , ГИН-5787; 11630 ± 140 , ГИН-6121.

Многочисленные остатки мелких млекопитающих (*Cricetulus barabensis* (Pallas, 1773), *Alticola* sp., *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773), *Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1884), *Microtus gregalis* (Pallas, 1779), *Microtus oeconomus* (Pallas, 1776), *Microtus maximowiczii* Schrenck (Schrenck, 1858), *Microtus mongoloicus* (Radde, 1861), а также малакофауны (*Vallonia*

tenuilabris, *Pupilla muscorum*, Limacidae) обнаружены в слое 6 (некалиброванные даты 14С 11230±80 и 11630±140 л.н., согласно [5] представленном белесыми интенсивно окarbonаченными лессовидными супесями Метод промывки позволил также обнаружить в данных отложениях уникальные археологические артефакты – бусины из скорлупы яиц страуса.

Следующий фаунистический горизонт обнаружен в слое 4. Здесь обнаружены следующие формы: *Anura* gen indet, *Lepus timidus* Linnaeus, 1758, *Spermophilus* sp., *Micromys minutus* (Pallas, 1771), *Cricetulus barabensis* (Pallas, 1773), *Alticola* sp., *Lemmus* sp., *Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1884), *Microtus gregalis* (Pallas, 1779), *Microtus oeconomus* (Pallas, 1776), *Microtus fortis* Buchner, 1889, *Microtus maximowiczii* Schrenck, 1858. Кроме того, здесь были обнаружены остатки малакофауны (*Vallonia tenuilabris*, *Pupilla muscorum*). Палеонтологические материалы были найдены совместно с фрагментами керамики, датированной по данным археологов предварительно, как 11 - 8 тыс. л.н.

Голоценовая фауна мелких млекопитающих стоянки Ошурково представлена следующими видами: *Clethrionomys rufocanus* (Sundevall, 1846), *Alticola* cf. *macrotis* Radde, *Lagurus lagurus* (Pallas, 1773), *Microtus gregalis* (Pallas, 1779), *Microtus fortis* Buchner, 1889, *Microtus oeconomus* (Pallas, 1776). Кроме того, установлено присутствие остатков *Strauchbufo raddei* [8].

В местонахождении Колобки получены новые данные по фауне мелких млекопитающих позднего кайнозоя Западного Забайкалья. В разрезе четко прослеживаются два костеностных горизонта. В верхнем фаунистическом горизонте, представленном темно-коричневыми отложениями, выявлены костные остатки *Spermophilus undulatus* Pallas, 1778. В нижнем фаунистическом горизонте, установленном в слабо карбонатизированных, разнозернистых песках серовато-коричневого цвета выявлены многочисленные остатки *Lasiopodomys brandti* Radde, 1852, редко встречались остатки *Cricetulus barabensis* (Pallas, 1773) и *Ochotona daurica* (Pallas, 1776). Фауна мелких млекопитающих местонахождения Колобки по видовому составу близка с фаунами позднплейстоценовых местонахождений Забайкалья: Ошурково, Санный мыс, Малый Куналей, Студеное-2, Черемушки, Усть-Кяхта-17, Харьяска 2 (слои 2 и 4) [7]. В фауне мелких млекопитающих этих местонахождений также преобладают обитатели открытых ландшафтов, среди которых доминировала полевка Брандта.

Представительные материалы, позволяющие охарактеризовать состав палеобиоты и природные условия эпохи империи Хунну 209 г. до н. э. – 48 г. н. э. [6] были получены нами во время мультидисциплинарных исследований на Иволгинском городище в течение трех полевых сезонов с 2017 по 2019 гг. Метод послойной промывки культурных слоев позволил обнаружить не только материалы по моллюскам, рыбам, амфибиям, рептилиям, птицам и мелким млекопитающим, но также множество мелких артефактов. Нашими исследованиями было впервые выявлено 8 видов моллюсков, 2 вида амфибий и 1 вид рептилий. Видовой состав был дополнен 7 видами рыб, 5 таксонами птиц, 10 таксонами мелких млекопитающих [9]. Новых видов крупных млекопитающих не обнаружено. Видовой состав млекопитающих показывает наличие лесных (*Sorex*, *Lepus timidus* Linnaeus, *Tamias sibiricus* Laxmann, *Ursus arctos* F. Cuvier, *Mustela*, *Sus scrofa* Linnaeus и *Alces alces* Linnaeus), а также сухостепных ландшафтов (*Ochotona daurica* Pallas, *Marmota* sp., *Procapra gutturosa* Pallas), степных (*Microtus gregalis* Pallas, *Cricetulus barabensis* Pallas) и околородных (*Microtus oeconomus* Pallas и *Microtus fortis* Buchner).

В позднем плейстоцене доминировали представители аридных степей. Данный этап характеризуется началом широкой радиации современных видов (даурская пищуха, степная пеструшка, полевки Брандта). В фауне Ошурково нами выявлено присутствие лесного лемминга *Myopus schisticolor*, что является характерным для фауны Предбайкалья, но крайне редким для фауны позднего плейстоцена Забайкалья. В составе плейстоцен-голоценовой фауны Ошурково выявлены костные остатки скальных полевок рода *Alticola*, современный ареал которых в Забайкалье ограничен в хребтах Хамар Дабан и Баргузинский. В раннем голоцене в фауне появляются типичные лесные формы, такие как заяц и лемминг. Существенные изменения произошли в составе фауны мелких млекопитающих в среднем голоцене. В это

время из состава мелких млекопитающих выпадают такие формы как *Lasiopodomys*, *Lagurus* за счет изменения границ ареала. В фауне увеличивается количество полевков рода *Microtus*. Видовой состав фауны мелких млекопитающих позднего голоцена представлен лесными и сухостепными видами.

Исследования выполнены при поддержке проекта АААА-А21-121011390004-6.

Литература

1. Агаджанян А. К. Мелкие млекопитающие плиоцен-плейстоцена Русской равнины. Москва: Наука, 2008. 676 с.
2. Алексеева Н. В. Эволюция природной среды Западного Забайкалья в позднем кайнозое (по данным фауны мелких млекопитающих) / отв. ред. А. В. Додонов. Москва: ГЕОС, 2005. 141 с.
3. Громов И. М., Ербаева М. А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. Санкт-Петербург, 1995. 520 с.
4. Ербаева М. А. История антропогенной фауны зайцеобразных и грызунов Селенгинского среднегорья. Москва: Наука, 1970. 132 с.
5. Константинов М. В. Каменный век восточного региона Байкальской Азии. Улан-Удэ: ИОН; Чита: Изд-во Читинского пед. ин-та, 1994. 179 с.
6. Крадин Н. Н. Империя Хунну. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва: Логос, 2001. 312 с.
7. Хензыхенова Ф. И. Мелкие млекопитающие Байкальского региона в среднем неоплейстоцене - раннем голоцене: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Новосибирск, 2003. 23 с.
8. Щепина Н. А., Хензыхенова Ф. И., Намзалова О. Д.-Ц. Фауна земноводных и пресмыкающихся позднего плейстоцена и голоцена Байкальского региона (новые данные) // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология. 2016. Вып. 4. С. 48–61.
9. Khenzykhenova F. I., Kradin N. N., Danukalova G. A., Shchetnikov A. A., Osipova E. M., Matveev A. N., Yuriev A. L., Namzalova O.D.-Ts., Prokopets S. D., Lyashchevskaya M. A., Schepina N. A., Namsaraeva S. B., and Martynovich N. V. The human environment of the Xiongnu Ivolga Fortress (West Trans-Baikal area, Russia): initial data // Quaternary International. 2020; 546: 216–228.

**КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕЛЛУРО-ВИСМУТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В КОЛЧЕДАННЫХ РУДАХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СФОРМИРОВАННЫХ В ОСТРОВОДУЖНЫХ
ПАЛЕОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)**

А. Н. Николаева, А. К. Мазуров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
ann18@tpu.ru

Аннотация. Многими исследователями [1, 2, 3, 5], изучающими территорию Казахстана, выполнены работы, основанные на увязке особенностей металлогении месторождений с разнотипными геодинамическими явлениями, имея в виду типизацию геодинамических обстановок формирования структурно-вещественных комплексов, разделенных на островодужные палеосистемы и окраинно-континентальные вулканоплутонические пояса. По имеющимся данным был сделан вывод, что именно в рудах колчеданных месторождений, сформированных в палеостроводужной обстановке, сконцентрировано большое количество примесных элементов, задействованных в современных отраслях промышленности. В настоящее время геологические данные о колчеданных месторождениях Казахстана характеризуются дефицитом информации о нетрадиционных видах полезных ископаемых, например, таких как металл висмут (Bi) и металлоид теллур (Te). На основании имеющихся данных целью работы являлось изучение редкой теллуру-висмутовой минерализации в колчеданных рудах месторождений Абыз и Малеевское, приуроченных к энзиматической и энсиалической островным дугам соответственно.

Ключевые слова: теллур, висмут, островодужные обстановки, колчеданные месторождения Казахстана.

**COMPREHENSIVE STUDY OF THE DISTRIBUTION
OF TELLURUM-BISMUTH MINERALIZATION IN PURIFIC ORES OF DEPOSITS
FORMED IN ISLAND ARC PALEOGEODYNAMIC SETTINGS (REPUBLIC OF KAZAKHSTAN)**

A. N. Nikolaeva, A. K. Mazurov

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
ann18@tpu.ru

Abstract. Many researchers [1, 2, 3, 5] studying the territory of Kazakhstan have carried out work based on linking the features of the metallogeny of deposits with various types of geodynamic phenomena, bearing in mind the typification of the geodynamic settings of the formation of structural-material complexes, divided into island-arc paleosystems and continental margins volcano-plutonic belts. Based on the available data, it was concluded that it is in the ores of sulfide deposits formed in the paleo-island-arc environment that a large number of impurity elements involved in modern industries are concentrated. Currently, geological data on pyrite deposits in Kazakhstan are characterized by a lack of information on non-traditional types of minerals, for example, the metal bismuth (Bi) and the metalloid tellurium (Te). Based on the available data, the goal of the work was to study rare tellurium-bismuth mineralization in sulfide ores of the Abyz and Maleevskoye deposits, confined to the ensimatic and ensialic island arcs, respectively.

Keywords: tellurium, bismuth, island-arc settings, pyrite deposits of Kazakhstan.

Месторождение Абыз расположено в восточной части Центрального Казахстана в Карагандинской области. В геологическом плане месторождение находится в зоне влияния крупного долгоживущего Центрально-Казахстанского разлома, вследствие этого слагающие его породы претерпели процессы динамометаморфизма, а также подверглись гидротермально-метасоматическим изменениям, которые относятся к тектогенным региональным формациям и представлены пропилитовыми и березитовыми статическими устойчивыми ассоциациями. Оруденение связано с протяжённой зоной березитизации по вулканогенно-осадочным породам среднего-основного состава, также их туфогенным производным и осадочным отложениям.

Месторождение Малеевское находится в Зырянском районе Восточного Казахстана. В геологическом плане располагается на западном крыле Малеевско-Путинцевской антиклинали, являющейся основной структурной единицей всего северного блока Ревнюшинской горстантиклинали. В течение длительного геологического развития породы рудного поля претерпели различные метаморфические изменения: региональный, динамометрический, кон-

тактовый и гидротермальный метаморфизмы. Метасоматические образования широко развиты по зонам, контролируемым секущими и межслоевыми разрывными структурами. Оруденение локализуется в отложениях средней и низах верхней части разреза маслянской свиты, сложенной здесь известковистыми и углеродистыми песчаниками, алевролитами и алевропелитами, содержащими многочисленные силлы диабазов и тела риолитов и их лавобрекчий.

Для данного исследования из основных рудных тел Восточного участка месторождения Абыз и Родниковой зоны месторождения Малеевское были отобраны бороздовые пробы весом от одного до трех килограммов. В ходе исследования выполнены: макроскопическое изучение отобранных образцов; минераграфическое описание более 200 полированных шлифов методом оптической и сканирующей электронной микроскопии; более 2000 микрондовых определений химического состава минералов; изучение более 100 газовой-жидких включений и их термокриометрических характеристик в жильном кварце с использованием комплекса термобарогеохимических методов и рамановской спектроскопии.

По текстурно-структурным особенностям на месторождениях выделены два типа колчеданного оруденения: сплошной и вкрапленный. Отмечается, что руды поликомпонентные и характеризуются довольно сложным минеральным составом, связью минералов между собой и большим набором парагенезисов.

В качестве редких и очень редких в рудах месторождения Абыз выявлены такие Te-Bi-содержащие минералы (рис. 1) как алтаит (PbTe), гессит (Ag₂Te), теллуrowисмутит (Bi₂Te₃), петцит (Ag₃AuTe₂), колорадоит (HgTe). Впервые диагностированы ченгуодаит (Ag₉FeTe₂S₄), раклиджит ((Bi,Pb)₃Te₄), штютцит (Ag₅Te₃), калаверит (AuTe₂). При этом в количественном отношении в рудах месторождения доминируют алтаит и гессит.

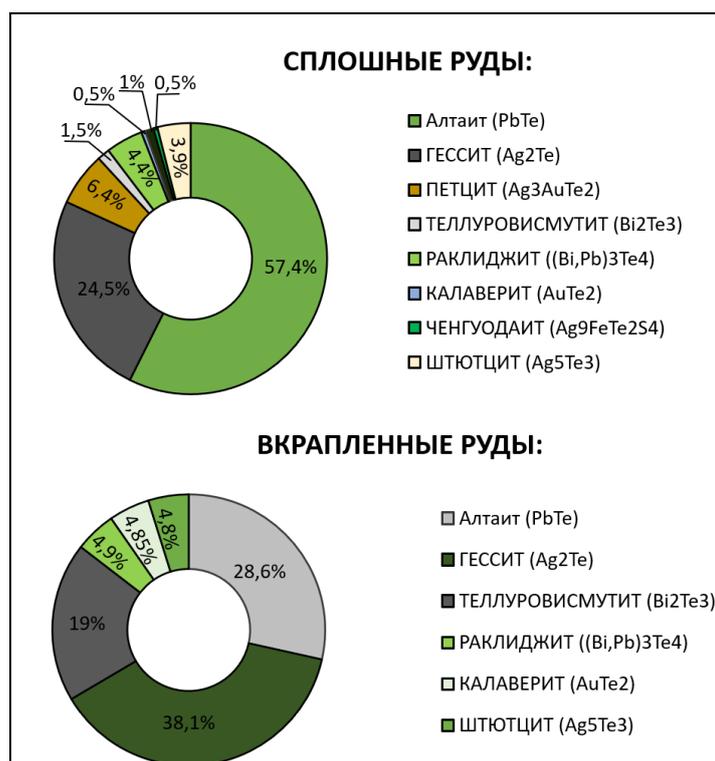


Рис.1. Распределение Te-Bi минерализации в сплошных и вкрапленных рудах месторождения Абыз

Морфология агрегатов характеризуется округлыми, неправильными, овальными, угловатыми, слабоизометричными и каплевидными формами. Обычно минералы концентрируются в пустотных пространствах и трещинах в пирите и халькопирите или же в интерстициях между пиритом и халькопиритом. Размерность включений варьирует в пределах от 0,1 до 19,5 мкм. Для таких минералов как калаверит, теллуrowисмутит и раклиджит свойственно неравномерное скопление своих неправильных агрегатов размером 0,25...0,7 мкм в количе-

стве 3...9 единиц. Спорадически для алтаита, гессита и штютцита наблюдаются проволочковидные формы выделения, образованные в результате заполнения трещин в минералах-хозяевах. Соотношение их длины и мощности варьирует в диапазоне от 2:1 до 14:1, при этом средняя длина составляет 10 мкм. Помимо всего прочего отмечается, что золото в рудах месторождения Абыз находится не только в виде самородного разной пробы и электрума AuAg, но и входит в состав теллуридов, представленных калаверитом AuTe₂ и петцитом Ag₃AuTe₂ [4]. По данным источникам литературы, ранее данный фактор не принимался во внимание при разработке технологической схемы обогащения, что, возможно, могло являться причиной потери некоторой части золота. По результатам термобарогеохимических исследований флюидных включений теллуру-висмутовая минерализация кристаллизовалась в золото-серебро-висмут-теллуридную минеральную ассоциацию рудной стадии при температурном диапазоне 236...113 °С.

В рудах Малеевского месторождения в качестве редких и очень редких зафиксированы такие минералы как ксилингоит (Pb₃Bi₂S₆), сстрокаит (Bi₃TeS₂), алтаит (PbTe), гессит (Ag₂Te), цервеллеит (Ag₄TeS), самородный висмут (Bi), плюмботеллуриит (PbTeO₃), изоклейкит (Pb₂₇(Cu, Fe)₂(Sb, Bi)₁₉S₅₇), а также неидентифицированная минеральная фаза Pb_{0.96}Ag_{1.52}Te с обобщенной формулой PbAg₂Te (рис. 2).

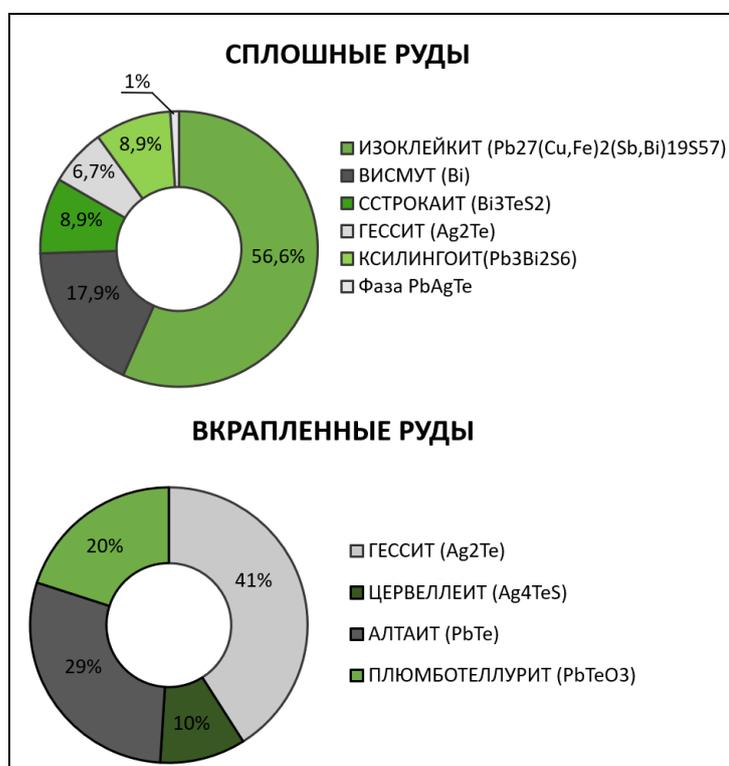


Рис.2. Распределение Te-Bi минерализации в сплошных и вкрапленных рудах Малеевского месторождения

Преобладают в рудах изоклейкит и самородный висмут, составляя практически 50% от общего объема диагностированных агрегатов Te-Bi состава. Морфология минералов характеризуется угловатыми, проволочковидными, овальными, неправильными формами. Обычно минералы развиты по трещинам и пустотам в пирите и халькопирите или же выполняют интерстиции, но также спорадически зафиксирована их приуроченность к сфалериту. Размерность включений варьирует в пределах 0,1-25 мкм, в единичных случаях достигает 40 мкм. При этом для цервеллеита характерно неравномерное скопление своих агрегатов в количестве 3-7 единиц. Для самородного висмута отмечаются ламелевидные формы выделения в изоклейките и реже ксилингоите, свидетельствующие о распаде твердого раствора. Неидентифицированный минерал с обобщенной формулой PbAg₂Te зафиксирован в сплошных рудах в трещине пирита в виде агрегата вытянутой формы размером 4,8 мкм. По результатам

термобарогеохимических исследований флюидных включений в жильном кварце минералы теллуру-висмутового состава формировались в серебро-висмут-теллурид-сульфидную минеральную ассоциацию рудной стадии при температурном диапазоне 280-150 оС [6]. Таким образом, сравнение полученных данных о Те-Vi минерализации в колчеданных месторождениях Абыз и Малеевское, сформированных в разных островодужных системах, показало многие черты их сходства и различия. Отмечается, что для месторождения энсиалической островной дуги фиксируется преобладание висмутового компонента, а для месторождения энсиматической островной дуги – теллуруового. Полученная информация, несомненно, имеет практическую значимость, так как дает возможность более точного регулирования технологических процессов.

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

Литература

1. Гаськов И. В. Особенности развития колчеданных рудно-магматических систем в островодужных обстановках Рудного Алтая и Южного Урала // Литосфера. 2015. № 2. С. 17–39.
2. Дегтярев К. Е., Рязанцев А. В. Кембрийская коллизия дуга-континент в палеозоидах Казахстана // Геотектоника. 2007. № 1. С. 71–96.
3. Мазуров А. К. Металлогеническое районирование Казахстана // Вестник Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 4. С. 33–39.
4. Золото в рудах золото-колчеданного месторождения Абыз (Центральный Казахстан) / А. К. Мазуров, А. Н. Николаева, М. А. Рудмин и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 11. С. 78–88.
5. Минерагеническая карта Казахстана / Л. А. Мирошниченко, Н. М. Жуков, Х.А. Беспав и др. // Геология Казахстана. 2001. Т. 3–4(371–372). С. 73–85.
6. Николаева А. Н., Мазуров А. К. Теллуру-висмутовая минерализация в рудах Малеевского колчеданного месторождения (Восточный Казахстан) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335, № 5. С. 233–250.

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ
ГОЛОУСТНЕНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 8 ИЮНЯ 2022 г.
в г. УЛАН-УДЭ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)**

Л. Р. Очирова

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
tsydyпова@ginst.ru

Аннотация. Выполнена обработка макросейсмических данных, полученных с помощью онлайн-анкетирования на территории г. Улан-Удэ после землетрясения 08 июня 2022 года. Количество откликов позволило повысить детальность макросейсмического поля и попробовать оценить интенсивность сотрясений отдельно по каждому из административных районов г. Улан-Удэ.

Ключевые слова: землетрясение, макросейсмический эффект, интенсивность, онлайн-анкетирование

**MACROSEISMIC MANIFESTATIONS
THE GOLOUSTNAYA EARTHQUAKE ON JUNE 08, 2022
in ULAN-UDE (REPUBLIC OF BURYATIA)**

L. R. Ochirova

Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia
tsydyпова@ginst.ru

Abstract. The processing of macroseismic data obtained using an online survey on the territory of Ulan-Ude after the earthquake on June 08, 2022 was performed. The number of responses made it possible to increase the detail of the macroseismic field and try to estimate the intensity of concussions separately for each of the administrative districts of Ulan-Ude.

Keywords: earthquake, macroseismic effect, intensity, online survey

Город Улан-Удэ является столицей Республики Бурятия – сейсмоактивного региона, входящего по шкале ОСР-2016 в зону 8-9 балльных землетрясений (по шкале MSK-64 для средних грунтовых условий). Территория города расположена в непосредственной близости от сейсмически активных участков Байкальской рифтовой зоны и подвержена ощутимым сейсмическим воздействиям. Исторические и современные сведения свидетельствуют о неоднократных 5-6 балльных, а в случае Цаганского землетрясения и о 7 балльных эффектах, проявившихся в городе Улан-Удэ [1]. За инструментальный период (с 1952 года) в городе Улан-Удэ зарегистрировано 7 землетрясений, ощущавшихся с интенсивностью сотрясений в 5 баллов и выше – Среднебайкальское землетрясение 1959 г., землетрясение 30 августа 1966 г., Могодское землетрясение 1967 г., землетрясение 11 февраля 1967 года, землетрясение 28 марта 1970 года, землетрясение 2 октября 1980 года и Южно-Байкальское землетрясение 1999 года (табл. 1).

Таблица 1. Землетрясения с ощутимостью в г. Улан-Удэ от 5 баллов за инструментальный период

ДАТА, ДД.ММ.ГГГГ	КОординАТЫ		М	I, БАЛЛЫ	КОММЕНТАРИЙ
	Ф, с.ш.	Л, в.д.			
29.08.1959	52.68	106.98	6.8	VII	Среднебайкальское
30.08.1966	51.76	104.61	5.5	V	
05.01.1967	48.10	102.90	7.1	V	Могодское
11.02.1967	52.09	106.46	5.2	V	
28.03.1970	52.20	105.92	5.5	V	
02.10.1980	51.62	107.04	5.1	V	Оронгойское
25.02.1999	51.64	104.82	5.9	V	Южно-Байкальское

После Кударинского землетрясения 09 (10) декабря 2020 г. с $M_w=5.5$ [4,5] с целью сбора макросейсмических данных была создана интерактивная онлайн-анкета экспресс-опроса населения г. Улан-Удэ и Республики Бурятия, разработанная на основе принятого в регионе одного из вариантов опросных листов на платформе Google, размещенная на сайте Геологического института им. Н.Л. Добрецова СО РАН (<http://geo.stbur.ru>).

08 июня 2022 г. вблизи дельты р. Голоустная (Южный Байкал) произошло землетрясение с магнитудой $M_w = 5.2$, ставшее сильнейшим в данном локальном районе за более чем 40-летний период и получившее название Голоустненское-II [2]. Как правило, оценка интенсивности сотрясений производится по макросейсмическим данным, собранным с территории населенного пункта вне зависимости от его размера. При этом, если село небольшой площади (1-2 км²) еще можно интерпретировать как отдельную точку в пределах макросейсмического поля, то рассматривать таким образом крупный город [2], в данном случае г. Улан-Удэ, территория которого составляет более трех сотен квадратных километров, не совсем корректно.

Нами выполнена обработка макросейсмических данных, полученных на территории г. Улан-Удэ после землетрясения 08 июня 2022 года и проведена оценка интенсивности сотрясений. С момента возникновения землетрясения 08.06.2022 г. в течение 5 дней было получено 352 анкет, 350 из которых пригодны для обработки, при этом на город Улан-Удэ пришлось 165 анкет. Все полученные по городу опросные листы были условно разделены на три группы: группа сведений с полной адресной привязкой (улица, номер дома) включают 128 сообщений, с частичной привязкой (название улицы) 15, с указанием городского микрорайона – 20. Полученные данные можно использовать для выявления различий в интенсивности сотрясений в пределах разных административных районов города – Железнодорожном, Советском и Октябрьском. Количество откликов по районам разное, но оно коррелируется с площадью и численностью населения, достигая максимально пяти сотых процента от числа проживающих в каждом из административных районов.

Анализ макросейсмических данных о Голоустненском землетрясении 08.06.2022 позволил выявить эффект повышенной интенсивности сотрясений в г. Улан-Удэ и его окрестностях. Единичные появления трещин в штукатурке были обнаружены во всех районах г. Улан-Удэ. Также во всех районах были проявлены акустические эффекты (подземный гул). Очевидцы землетрясения характеризовали проявленный гул, как звук похожий на «взлет самолета», «проезжающий грузовой автомобиль», «сильный порыв ветра», «грохот», «взрыв», «хруст», «звон» и «вибрации». В процентном отношении, чаще всего слышали гул, горожане, проживающие в Советском районе, составляющие четверть всех опрошенных в данном районе. 50 и более процентов, заполнивших опросные листы, испугались при ощущении землетрясения, 12 опрошенных выходили из домов, один выбежал в панике. Необычное поведение животных отметили от 7 до 17% опрошенных. Наиболее массовыми макросейсмическими проявлениями являлись дрожание и раскачивание мебели, дребезжание посуды. Такие признаки, как смещение и падение незакрепленных предметов, скрип полов, потолков и стен, наблюдались менее чем в 35% случаев.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания ГИН СО РАН № АААА-А21-121011890033-1.

Литература

1. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / отв. ред. Н. В. Кондорская, Н. В. Шебалин. Москва: Наука, 1977. 536 с.
2. Землетрясение 08.06.2022 г. ($M_w = 5.2$) в Южном Прибайкалье: анализ макросейсмических данных / Я. Б. Радзиминович, О. Ф. Лухнева, А. В. Новопашина и др. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2023. Т. 50, № 2. С. 25–48.
3. Детальное макросейсмическое обследование и рациональный подход к оценке интенсивности сотрясений на территории крупного города (на примере последствий Быстринского землетрясения

21.09.2020 г. в Иркутске) / Я. Б. Радзиминович, А. В. Новопашина, О. Ф. Лухнева и др. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2022. Т. 49, № 1. С. 34–51.

4. Кударинское землетрясение 09.12.2020 г. ($M_w = 5.5$) на озере Байкал: результаты инструментальных и макросейсмических наблюдений / Ц. А. Тубанов, Д. П.-Д. Санжиева, Е. А. Кобелева и др. // Вопросы инженерной сейсмологии. 2021. Т. 48, № 4. С. 32–47.

5. Radziminovich Y. B., Likhneva O. F., Novopashina A. V., Gileva N. A., Tubanov Ts. A., Tsydypova L. R. The December 9, 2020, M_w 5.5 Kudara earthquake (Middle Baikal, Russia): internet questionnaire hard test and macroseismic data analysis // Bulletin of Earthquake Engineering. 2022. 20; 3: 1297–1324.

НЕГАТИВНЫЕ ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА, ВЫЗВАННЫЕ ПОДЪЕМОМ УРОВНЯ ПЛОТИНОЙ ГЭС

А. М. Плюснин

Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
plyusnin@ginst.ru

Аннотация. Рассмотрено протекание физико-геологических процессов, связанных с изменением уровня Байкала в многоводные годы. Показано, что продолжительность наводнения находится в линейной зависимости с величиной подъема уровня озера. На основании выявленных закономерностей выведена формула разрушения берегов абразией, которая позволяет рассчитывать интенсивность абразионных процессов при разных уровнях воды. В результате тектонических подвижек побережье разбито на блоки, хорошо проницаемые зоны чередуются с массивными кристаллическими породами, вследствие чего равномерный сток подземных вод в озеро затруднен и во многих местах происходит подтопление и заболачивание прибрежной территории.

Ключевые слова: изменение уровня Байкала, наводнение, абразия, аккумуляция осадков, подтопление.

NEGATIVE PHYSICAL AND GEOLOGICAL PHENOMENA ON THE EAST COAST OF LAKE BAIKAL CAUSED BY THE RISE OF THE HYDROELECTRIC DAM

A. M. Plyusnin

N.L.Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
plyusnin@ginst.ru

Abstract. The course of physico-geological processes associated with changes in the level of Lake Baikal in high-water years is considered. It is shown that the duration of the flood is linearly related to the magnitude of the lake level rise. Based on the revealed patterns, a formula for the destruction of the shores by abrasion is derived, which allows us to calculate the intensity of abrasive processes at different water levels. As a result of tectonic movements, the coast is divided into blocks, well-permeable zones alternate with massive crystalline rocks, as a result of which uniform groundwater flow into the lake is difficult and in many places flooding and waterlogging of the coastal territory occurs.

Keywords: Lake Baikal level change, flooding, abrasion, precipitation accumulation, flooding.

Подъем уровня озера Байкал в результате перекрытия стока реки Ангара плотиной Иркутской ГЭС, возведенной в 1959 г, активизировало развитие негативных физико-геологических явлений на побережье. Наибольший вред рассматриваемой территории нанесла абразия. Особенно пострадало восточное побережье, что связано с особенностями его геологического строения и преобладающим западным направлением ветра. Широко распространены осадочные отложения рек, которые были накоплены за длительный промежуток времени, здесь образуют песчаные отмели, острова. Они выполняют защитные функции от волнового разрушения берегов. В связи с подъемом уровня озера энергия волн перестала гаситься этими образованиями, и они всей своей мощностью стали разрушать берега. За 1959–1964 гг общая ширина отступления береговой линии на низких берегах составляла в среднем 17–20 м [4]. Был нанесен значительный ущерб сельскохозяйственным землям, лесным угодьям, инженерным сооружениям [6].

Наблюдения за гидрологическим режимом озера и развитием абразионных процессов проведенные в последующие годы показали, что активизация абразии происходит, когда уровень Байкала превышает 457 м ТО. Эта абсолютная отметка была принята за нормальный подпорный уровень (НПУ) при строительстве плотины и использовалась длительное время при эксплуатации ГЭС. Соответственно установилось динамическое равновесие в протекании процессов абразии и аккумуляции осадков на побережье. Превышение отметки 457 метров (наводнение) за весь прошедший период после строительства плотины происходило 18 раз (табл. 1). Максимальная отметка уровня озера в период наводнения достигала 457.37 м.

Таблица 1. Водный режим оз. Байкал в период наводнений

Год	1962	1963	1964	1966	1971	1973	1983	1984	1985
Максимальный уровень, м. ТО	457.27	457.13	457.25	457.01	457.11	457.37	457.07	457.18	457.29
Продолжительность наводнения, сут.	104	72	100	36	64	130	56	82	110
Год	1986	1988	1990	1991	1992	1993	1994	2020	2021
Максимальный уровень, м. ТО	457.1	457.37	457.23	457.1	457.05	457.11	457.31	457.12	457.23
Продолжительность наводнения, сут	62	130	94	62	50	66	114	68	94

Несомненно, подъем уровня озера само по себе оказывает негативное воздействие на окружающую территорию, так как периодически происходит затопление большой территории и выводятся из хозяйственного оборота сельскохозяйственные, лесные угодья, автомобильные дороги, поселения. Как показал анализ гидрологического режима озера, продолжительность наводнения находится в линейной зависимости с величиной подъема уровня озера. И это имеет большое практическое значение для расчета развития абразии на побережье.

Известно, что наводнения на Байкале связаны с выпадением дождей, количество которых меняется циклически. В многоводный период наводнения начинаются, обычно, в середине лета и продолжаются до поздней осени (рис. 1). Как показали наблюдения, интенсивность абразии зависит не от уровня воды в озере, а от продолжительности стояния высокого уровня воды. Так уровень воды в 1971 году достигал 457.11 м, длительность наводнения составила 75 суток. В 1973 году максимальный уровень воды был 457.37 м, наводнение продолжалось в течение 115 суток. Казалось бы, была небольшая разница в уровне воды в озере, но разница в разрушения побережья в эти годы были значительными. Это связано с тем, что абразия начинает интенсивно протекать при волнении в водоеме, а вероятность возникновения штормовой погоды возрастает с увеличением длительности наводнения. Необходимо отметить, что штормовая погода чаще всего на Байкале наблюдается осенью, когда высота волн может достигать 5-5.5 м [2].

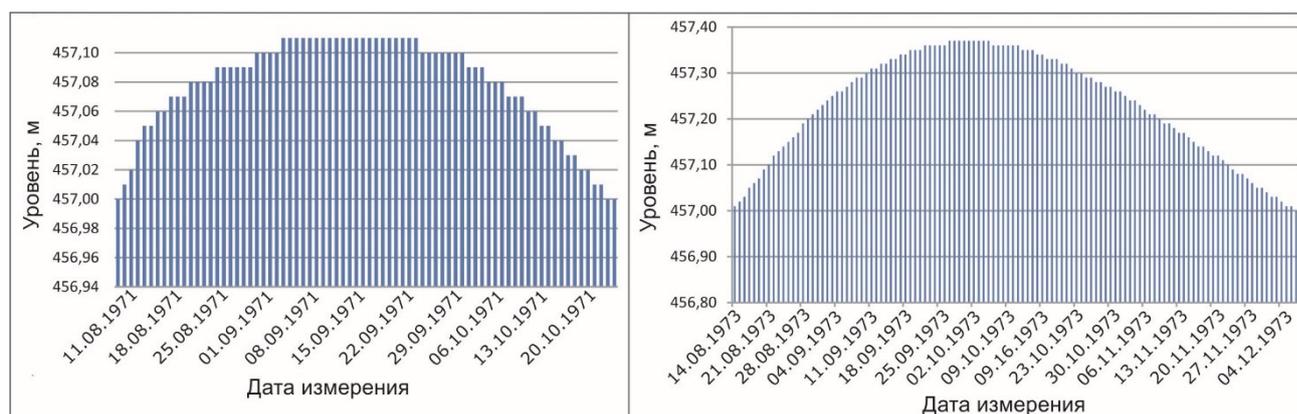


Рис. 1. Уровень оз. Байкал в многоводные 1971 и 1973 годы (приведены ежесуточные измерения)

Мониторинговые исследования показали, что интенсивность абразии зависит от нескольких факторов, среди которых наибольшее значение имеют геологическое строение территории, защищенность берега пляжами и инженерными сооружениями, направление движения волн и их высота [1]. Общая протяженность берегов Байкала составляет 2077 км, при этом абрадируемых берегов около 1766 км (85%). Из абрадируемых берегов 568 км приходится на интенсивно разрушаемые уступы в аккумулятивных террасах и шлейфах, 592 км – на эпизодически размываемые низкие шлейфы, подтапливаемые в годы высоких уровней озера.

На основании выявленных закономерностей выведена формула разрушения берегов абразией, которая позволяет рассчитывать интенсивность абразионных процессов при разных уровнях воды в Байкале при различном геологическом строении берегового откоса:

$$A = k D$$

где: A – абразия за многоводный период года, см

k – скорость отступления берега в точке наблюдения, см/сут.

D – длительность многоводного периода (уровень выше 457 м), сут.

Установленная зависимость позволяет рассчитывать абразию при разных уровнях, которые были в прошлом и еще не наблюдались на Байкале, а также оценивать разрушение побережья за какие-либо отрезки времени.

Смытый с берегов песчаный материал почти не формирует пляжных отложений, так как перемещается течениями вдоль побережья. Это отмечалось многими исследователями [5]. Так гранулометрический и химический состав песчаных образований, сформировавшихся на островах в заливе Сор-Черкалово отличается от песков приносимых рекой Селенга. В песке островов значительно больше крупной фракции, чем в дельте. По химическому составу песок, отложившийся на островах, также отличается по ряду параметров. Так на островах значительно больше циркония, ниобия, иттрия, тория и значительно меньше серы. То есть в песке островов доминируют химические элементы, которые находятся в устойчивых к выветриванию минералах. В период высокого уровня в результате абразии в водоем поступает значительный объем горных пород. В продолжительный маловодный период они перемещались вдоль береговым течением до залива Сор-Черкалово. Здесь произошло столкновение с течением из залива, куда поступает вода из Селенги. Вдоль береговое течение замедляется и в этом месте начинается накапливание песка – вначале удлинение полуострова, затем формирование островов. Прирост площади цепочки островов происходит с юга на север, так как образующиеся острова ослабляют воздействие на вдоль береговое течение потока воды из залива (рис. 2).



Рис. 2. Схема формирования островной дуги в заливе Сор-Черкалово. Условные обозначения: 1 – поток воды из реки, 2 – направление движения воды из залива, 3 – направление движения волн, 4 – перемещение песка вдоль береговым потоком, 5 – формирование песчаного бара, 6 – отложение речных осадков

В связи с подъемом уровня воды в Байкале изменился гидрологический режим в устьевой части реки Селенга. Подпор озерных вод привел к замедлению стока реки в приустьевой части, поднялся уровень воды, стала развиваться боковая эрозия. Крупный материал, перека-

тываемый течением, стал отлагаться выше по течению, в результате чего стали образовываться осередки, где ранее их не было. На внешнюю часть дельты стал поступать очень тонкий материал, представленный глинами, илами. Этот материал обладает способностью со временем уплотняться. Поэтому острова, расположенные на внешней стороне дельты стали постепенно погружаться под поверхность воды. В результате чего происходит ежегодное сокращение площади дельты. За тридцать восемь лет, с 1982 по 2020 гг., площадь сократилась на 50.1 км².

Подтопление территории происходит не только в дельте Селенги, но и в других местах побережья. Этому благоприятствует геологические условия, связанные с рифтогенными процессами. Движение подземных вод на восточном побережье во многом определяются широким распространением разно ориентированных разломов. В связи с тем, что на территории господствуют процессы растяжения, многие разрывные нарушения открыты для проникновения поверхностных вод, и они служат своеобразными каналами, по которым происходит перетекание подземных вод [7,8]. Вторая особенность территории связана с ее тектоническим строением. Территория разбита на блоки пород, отдельные блоки под воздействием глубинных процессов могут погружаться или напротив вздыматься. Вследствие этого на восточном побережье Байкала сформирован расчлененный рельеф, здесь существует большое количество мелких впадин и возвышенностей [3]. Во впадинах аккумулируется влага, стекающая с окружающих хребтов. Равномерный сток подземных вод затруднен в связи с близким залеганием кристаллических пород. В местных повышениях рельефа, совпадающих с поднятием фундамента, уровень грунтовых вод поднимается и происходит заболачивание этих участков. В целом, блоки пород, которыми сложено побережье Байкала, испытывают разнонаправленные тектонические движения в горизонтальном и вертикальном направлениях, разделяющие их разломы проницаемы для воды. В пределах небольших участков побережья можно наблюдать инверсионные тектонические движения, при котором одни блоки пород испытывают опускание, другие – вздымание. Такие парные структуры «береговой горст-тыловой грабен» имеют на восточном берегу озера широкое распространение [9]. В рельефе они проявляются сочетанием береговых узких низкогорных поднятий и тыловых небольших понижений. Котловины могут быть заняты озерами, уровень воды в которых выше чем в Байкале. Довольно широко на рассматриваемой территории распространены дресвяные отложения, которые сформировались в безводной среде под воздействием криогенеза. Во впадинах происходит дальнейшее выветривание дресвы с образованием глин, которые часто кальматируют пустоты между крупными частицами. Вследствие чего проницаемость пород резко уменьшается. Часто такие породы располагаются в нижних частях склонов хребтов и в пределах небольших межгорных впадин, которые вследствие этого заболачиваются.

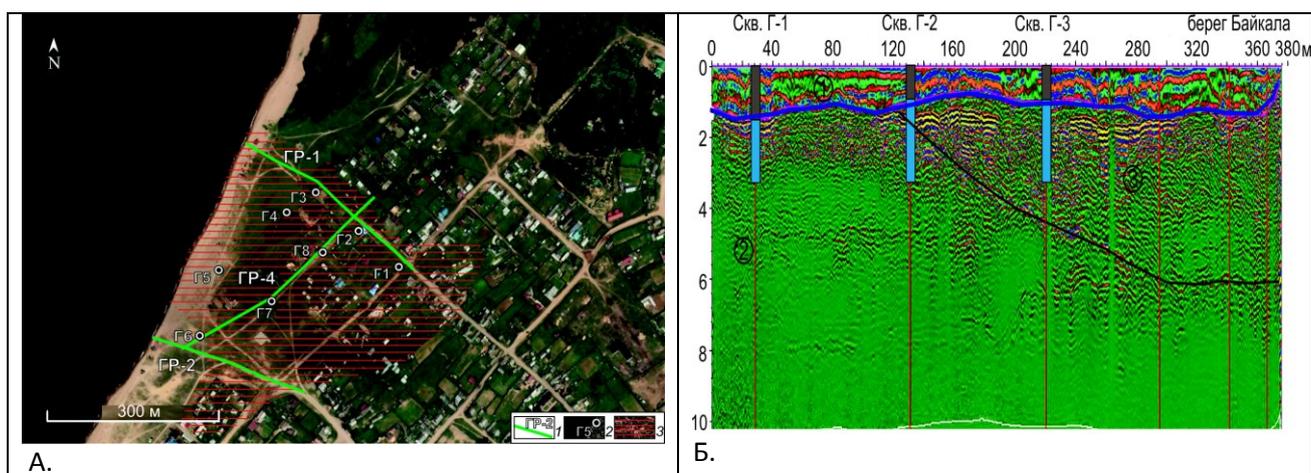


Рис.3. Спутниковый снимок с. Гремячинск с местами расположения скважин и профилей радиолокационного зондирования (А), разрезы залегания осадочных горных пород, установленные методом георадиолокации (Б). Условные обозначения: 1- расположение георадиолокационных профилей, 2- места бурения скважин, 3- территория подверженная умеренному подтоплению. Цифрами в круге показаны комплексы пород, различающиеся по физическим параметрам

По хорошо проницаемой зоне происходит движение воды из озера в сторону берега (рис.3). В районе проницаемой зоны, которая имеет линейно вытянутую форму, формируется купол грунтовых вод.

Работа выполнена по проекту «Исследование негативных физико-геологических явлений на восточном побережье Байкала» (121112400008–2) и проекту № АААА-А21-121011890033-1.

Литература

- 1 Агафонов Б. П. Экзолитодинамика Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1990. 176 с.
2. Байкал: Атлас / гл. ред. Г. И. Галазий; Федеральная служба геодезии и картографии России. Москва, 1993. 160 с.
3. Будаев Р. Ц., Татьков Г. И., Коломиец В. Л. Тектоническое и литологическое строение юго-западной ветви Баргузинского рифта для оценки риска возникновения опасных природных процессов в восточном Прибайкалье // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1(8). С. 2036–2039.
4. Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. 280 с.
5. Динамика берегов оз. Байкал при новом уровне режиме / А. В. Пинегин, А. А. Рогозин, Ф. Н. Лещиков и др. Москва: Наука, 1976. 88 с.
6. Плюснин А. М., Перязева Е. Г. Воздействие подъема уровня Байкала на инженерные сооружения прибрежных поселений // География и природные ресурсы. 2022. № 5. С. 74–82.
7. Факторы и процессы образования соленого озера на берегу Байкала / А. М. Плюснин, А. В. Украинцев, М. К. Чернявский и др. // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 2. С. 194–206.
8. Структурно-геологические исследования активной тектоники в Усть-Селенгинской впадине / И. Н. Резанов, Г. И. Татьков, В. Л. Коломиец и др. // Вестник Бурятского университета. Сер. 3. География. Геология. 1998. № 2. С. 15–29.
9. Уфимцев Г. Ф. Загадка залива Провал // Наука в России. 2004. № 1. С. 75–80.

ОЦЕНКА МОМЕНТНОЙ МАГНИТУДЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА ПО ОГИБАЮЩЕЙ КОДА-ВОЛН

П. А. Предеин^{1,2}, Ц. А. Тубанов^{1,2}

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

²Бурятский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Улан-Удэ, Россия
crmpeter@ginst.ru

Аннотация. Рассмотрено определение величины моментной магнитуды M_w землетрясений центральной части Байкальской рифтовой зоны. Для оценки энергии, выделившейся в очаге, использовался метод инверсии огибающей коды в частотном диапазоне 0.5–34 Гц. По записям трех сейсмических станций оценены потери сейсмической энергии в среде и относительное локальное усиление в районе приемника. Рассчитанные коэффициенты поглощения и рассеяния использованы для оценки сейсмического момента и M_w землетрясений исследуемой области. Получена линейная зависимость между магнитудой по коде и локальной магнитудой M_L . Показано, что модель многократного изотропного рассеяния поперечных волн может применяться для энергетической классификации и определения очаговых параметров слабых и умеренных землетрясений, регистрируемых с хорошим соотношением сигнал-шум только на близких расстояниях.

Ключевые слова: магнитуда, сейсмический момент, инверсия, огибающая, кода-волны, поглощение, рассеяние.

MOMENT MAGNITUDE ESTIMATES FOR CENTRAL BAIKAL RIFT EARTHQUAKES USING CODA WAVES

P. A. Predein^{1,2}, T. A. Tubanov^{1,2}

¹Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia;

²Buryat Branch of Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia
crmpeter@ginst.ru

Abstract. We present an estimation of moment magnitude M_w by the coda envelope inversion of earthquakes recordings in the central part of the Baikal rift zone. A coda envelope inversion was used to estimate the source energy in the frequency range 0.5–34 Hz. Seismic energy attenuation in the lithosphere and relative site-effects at the receiver were estimated using records of three seismic stations. Calculated absorption and scattering coefficients of shear waves were used to estimate the seismic moment and M_w of earthquakes localized in the study area. The resultant moment magnitudes exhibit a good agreement with routinely reported local magnitude (M_L) estimates. The coda inversion estimates using multiple isotropic shear wave scattering provide stable, unbiased moment magnitudes for events that are too small to be seen at teleseismic distances.

Keywords: magnitude, seismic moment, inversion, envelope, coda waves, attenuation, scattering.

Корректная оценка энергии, выделившейся в очаге землетрясения, является важной задачей региональных и локальных сетей сейсмического мониторинга. Определение свойств источника осложнено тем, что исходными данными являются измеренные колебания вблизи дневной поверхности на значительном, как правило, удалении от эпицентра. Волновые формы колебаний зависят от свойств источника излучения, среды распространения сейсмических волн, и локальных условий в районе станции, зарегистрировавшей землетрясение [2]. Надежность определения параметров очага зависит от точности моделирования потерь сейсмической энергии в среде и локальных эффектов приемника.

Для прогноза сейсмической опасности важно учитывать как эффект рассеяния, заключающийся в увеличении общей продолжительности колебаний при снижении пиковых амплитуд колебаний, так и влияние неупругого поглощения. Определить соотношение отдельных компонент затухания позволяет анализ огибающей коды – продолжительной части сейсмограммы, появление которой связано с рассеянием на неоднородностях пути распространения сейсмических волн [1]. Для моделирования рассеяния поперечных волн использовался метод инверсии огибающей сейсмической коды [3], использующий решение теории переноса излу-

чения в предположении изотропного рассеяния энергии и точечного источника излучения. Метод позволяет дифференциально оценить параметры очага землетрясения, свойства среды распространения сейсмических волн и локальные эффекты станции-приёмника.

Были оценены параметры затухания поперечных волн землетрясений, локализованных в районе, прилегающем к Селенгинской депрессии. Для обработки использовались данные за 2019–2022 гг., зарегистрированные на трех сейсмических станциях: «Хурамша» (HRMR), «Улан-Удэ» (UUDB), и станции Байкальского филиала ФИЦ ЕГС РАН «Тырган» (TRG). Для времени пробега кода-волн 40–60 сек и трасс источник-приемник в пределах изучаемой области были получены абсолютные величины рассеяния на неоднородностях среды, составившей 33% от общего затухания, и собственного поглощения, которое в области коротких периодов определяется с минимальной погрешностью.

Найденные частотно-зависимые коэффициенты затухания и рассчитанное локальное усиление в районе станций позволили получить оценку очагового спектра смещения, оценить скалярный сейсмический момент источника и моментные магнитуды M_w . Для магнитуд в диапазоне 1.9–5.5 получена согласованность между рассчитанной моментной магнитудой по коду M_w и величиной M_L , пересчитанной из энергетического класса по шкале Раутиан Кр. Таким образом, возможен массовый расчет энергетических параметров слабых и умеренных землетрясений, т. е. сейсмических источников, волновые формы которых невозможно надежно смоделировать на телесеismicких расстояниях. Возможно применение метода инверсии огибающей кода-волн для определения параметров очагов землетрясений Байкальского рифта как в автоматическом режиме, так и при пост-обработке.

Литература

1. Aki K., Chouet B. Origin of coda waves: source, attenuation, and scattering effects // *Journal of geophysical research*. 1975. 80; 23: 3322–3342.
2. Bormann P. New manual of seismological observatory practice (NMSOP-2). – IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, 2012.
3. Eulenfeld T., Wegler U. Measurement of intrinsic and scattering attenuation of shear waves in two sedimentary basins and comparison to crystalline sites in Germany // *Geophysical Journal International*. 2016. 205; 2. P. 744–757.

ВОЛЬФРАМОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

М. О. Рампилов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт
им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Россия
mrampilov@mail.ru

Аннотация. Приведен обзор по вольфрамовым месторождениям, распространённым на территории Западного Забайкалья. Наиболее перспективным является Джидинский рудный район. В настоящее время на территории Западного Забайкалья проводятся геолого-разведочные работы на Инкурском и Холтосонском месторождениях. Мало-Ойногорское и Ангокитское – находятся в нераспределенном фонде. Техногенные месторождения Джидинско-рудного поля обладают значительным минерально-сырьевым потенциалом.

Ключевые слова: вольфрамовые месторождения, вольфрам, Западное Забайкалье

TUNGSTEN DEPOSITS OF WESTERN TRANSBAIKALIA: PROSPECTS AND LIMITATIONS

M. O. Rampilov

Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Russia
mrampilov@mail.ru

Abstract. A review of tungsten deposits distributed in Western Transbaikalia is provided. The most promising is the Dzhida ore district. Currently, geological exploration work is being carried out in the Inkur and Kholtoson fields in Western Transbaikalia. The Malo-Oinogorskoye and the Angokit are in the undistributed fund. Technogenic deposits of the Dzhida ore field have a significant mineral and raw material potential.

Keywords: tungsten deposits, tungsten, Western Transbaikalia

На территории Западного Забайкалья расположены месторождения вольфрама и рудопроявления скарново-шеелитового, грейзеново-вольфрамитового, кварцево-жильного и штокверкового вольфрамитового и шеелит-вольфрамитового типов [2]. Наиболее перспективные промышленные месторождения известны в Джидинском рудном районе. Кроме того, есть перспективные площади для выявления вольфрамовых месторождений в Курбино-Еравнинском и Икат-Багдаринском рудных районах Селенгино-Витимской, Турка-Ципинской, Баргузино-Муйской структурно-металлогенических зон [2]. В пределах Джидинского рудного района расположены три пространственно совмещенных месторождения – вольфрамовое Холтосонское (кварцево-жильное), вольфрамовое Инкурское (штокверковое) и молибденовое Первомайское (штокверковое). Западная часть Джидинского рудного поля представляет собой Холтосонское месторождение. Здесь сконцентрированы вольфрамоносные жилы (более 80). Рудные тела представляют собой кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы с вольфрамовым, сульфидным и флюоритовым оруденением. Видимая протяженность рудных тел от 80-100 м до 500-550 м, реже до 1200 м. Контакты жил с вмещающими породами резкие. Главными концентраторами вольфрама на месторождении являются гюбнерит и шеелит, второстепенными – ферберит и вольфрамит. Процентное соотношение их в общем балансе триоксида вольфрама составляет: гюбнерит 41%, шеелит 33,5%, ферберит 18,6%, вольфрамит 5,5%. Сопутствующими рудными минералами являются пирит, галенит, сфалерит, халькопирит, флюорит, благородные металлы – золото и серебро.

Инкурский вольфрамоносный штокверк расположен вокруг гранитного массива (Первомайский) в форме полукруга с западной стороны. Вольфрамовые прожилки, слагающие штокверк, секут Модонкульский массив, представленный кварцевыми диоритами, метаосадочные и метавулканические породы хохюртовской свиты. Площадь рудного штокверка приблизительно 2500 м на 800–850 м. Он прослежен на глубину до 500 м. Рудные тела Инкурского месторождения представляют собой кварцевые и кварц-мусковитовые жилами и про-

жилками с вольфрамит-гюбнеритовой минерализацией, густая сеть которых обуславливает образование штокверкового оруденения. Контакты прожилков с вмещающими породами четкие. Основные жильные минералы: кварц, мусковит, флюорит. Главный концентратор вольфрама – гюбнерит, по периферии которого редко развивается вольфрамит. Другой вольфрамовый минерал – шеелит слагает редкие единичные зерна и встречается как на ранней, так и на более поздней стадиях, образующийся при замещении гюбнерита. Как и на Холтосонском месторождении в Инкурском штокверке широко распространены сульфиды, такие как пирит, халькопирит, галенит, сфалерит. Сульфосоли, борнит и молибденит встречаются редко в виде единичных зерен.

В результате отработки Холтосонского и Инкурского месторождений, которая велась с 1939 по 1997 гг. Джидинским вольфрамово-молибденовым комбинатом, сформировались техногенные месторождения вольфрама. Они представляют собой отвалы рудников и хвостохранилища обогатительной фабрики. Отвалы представлены лежалыми хвостами, текущими хвостами и сульфидным продуктом. В настоящее время ведется отработка Барун-Нарынского техногенного вольфрамового месторождения (представленное хвостохранилищем Джидинского комбината). В связи с этим отработка рудничных отвалов может оказаться перспективной и в дальнейшем может стать фундаментом для возобновления эксплуатации коренных месторождений (Инкурское и Холтосонское).

Буруктаевское комплексное месторождение молибдена и вольфрама расположено в Джидинском рудном районе. Оно разведывалось и частично обрабатывалось в 40-х годах прошлого столетия. Месторождение представляет собой минерализованное трубообразное тело вулкано-тектонических брекчий. Оно прослежено на глубину до 300 м, при видимой площади на поверхности 300×350 м. Брекчии залегают в кварцевых монцосиенитах, возраст которых оценен при геолого-съёмочных работах как пермский. На месторождении встречаются руды нескольких типов: мелкообломочные брекчии с кварцевым цементом, содержащим вкрапленность шеелита, гюбнерита, берилла, молибденита и различных сульфидов. Другой тип обрамляет трубообразное тело и представляет собой прожилково-вкрапленное оруденение развитое, в брекчированной зоне. Третий тип установлен во вмещающих породах и представляет собой кварц-молибденитовые и кварц-сульфидно-гюбнеритовые жилы. В брекчиевых рудах главным концентратором вольфрама является шеелит, тогда как гюбнерит находится в подчиненном значении, а в штокверковых рудах преобладает гюбнерит.

Мало-Ойногорское комплексное вольфрам-молибденовое месторождение также расположено в Джидинском рудном узле. Оно представлено штокверком, залегающем в вулканах основного состава и осадочных кремнисто-карбонатных породах в которых присутствуют линзы ультрабазитов нижнекембрийского возраста. Также штокверковые прожилки установлены в эндоконтактовых и апикальных частях мелких массивов, представленных позднепалеозойскими гранит-порфирами. Рудная минерализация представлена сетью разноориентированных кварц-вольфрамит-молибденитовых и сухих мономинеральных молибденитовых прожилков, реже отдельными минерализованными зонами с вкрапленным молибденитом. Сеть прожилков и вкрапленное оруденение слагают единую рудную зону шириной 250–500 м и протяженностью более 1500 м. Главные рудные минералы представлены молибденитом, пирротином, пиритом. Второстепенные – шеелит, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, магнетит, ильменит, галенит. Общий вертикальный интервал промышленного оруденения оценивается в 800 м. В составе руд преобладают сульфидные минералы (молибденит, пирит, пирротин, сфалерит, халькопирит), основным концентратором вольфрама является шеелит; нередко встречается флюорит; в знаках отмечаются гюбнерит, галенит, висмутин, арсенопирит, сульфосоли.

Следует отметить, что существует ряд проблем для начала комплексного освоения коренных месторождений. Основная – это восстановление заброшенного добывающего комбината на Инкурском и Холтосонском месторождениях требует не только больших затрат, но и точного расчёта рентабельности, а в условиях волатильности рынка на многие металлы расчитать эту рентабельность на десятилетия вперёд довольно сложно. Задержка к вводу в экс-

платацию крупнейшего по запасам вольфрамового месторождения Тырныауз (Кабардино-Балкария) возможно обусловлено именно этой причиной. Не менее существенной проблемой является пространственная отдаленность добывающего предприятия (Республика Бурятия) от перерабатывающих предприятий (в Европейской части России) приводит к дополнительным транспортным затратам при реализации вольфрамового сырья [4]. Также следует отметить что, предварительно оцененные запасы, несмотря на их увеличение на Холтосонском месторождении в результате перевода разведанных запасов в более низкие категории, сократились практически наполовину на Инкурском месторождении [1].

В настоящее время на территории Западного Забайкалья проводятся геологоразведочные работы на Инкурском и Холтосонском месторождениях. Мало-Ойногорское и Ангокитское (Икат-Багдаринский рудный район) находятся в нераспределенном фонде. Поскольку использование техногенных месторождений является одним из резервов обеспечения горнодобывающей промышленности полезным ископаемым и важной частью государственной политики ресурсосбережения, ведется отработка техногенных песков (Барун-Нарынское) и россыпного месторождения (Инкурское). Данные по минеральному составу техногенных месторождений, и статистический анализ их вещественного состава показали, что они содержат большое количество попутных компонентов, содержания и прогнозные ресурсы которых также значительны [3]. Техногенные месторождения Джидинского рудного поля обладают значительным минерально-сырьевым потенциалом.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГИН СО РАН (№ гос. рег. АААА-А21-121011390003-9).

Литература

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 1 января 2021 года. Вып. 15. Вольфрам. Москва, 2021.
2. Игнатович В. И., Гусев Ю. П. Перспективы расширения минерально-сырьевой базы вольфрама // Разведка и охрана недр. 2007. № 12. С. 43–47.
3. Самсонов А. А., Бурмистров А. А., Тельнов А. Е. Минерально-сырьевой потенциал и комплексное использование природных и техногенных месторождений вольфрама Джидинского рудного поля (г. Закаменск, Республика Бурятия) // Руды и металлы. 2024. № 1. С. 17–35.
4. Хатьков В. Ю., Боярко Г. Ю. Современное состояние вольфрамовой промышленности России // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2019. Т. 330, № 2. С. 124–137.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА ПРИ АЛМАЗООБРАЗОВАНИИ

В. Н. Реутский

Институт геологии и минералогии им. В. С. Соболева СО РАН, Новосибирск
reutsky@igm.nsc.ru

Аннотация. Распределение лёгких элементов и их изотопов при мантийном минералообразовании представляет актуальную проблему современной геохимии. Недоступные непосредственному наблюдению процессы активно изучаются лабораторными экспериментальными и расчётными методами. Алмаз - единственный минерал, предоставляющий неизменённую вторичными процессами информацию о составе мантийных флюидов. Однако, изменение состава алмаза, включая $\delta^{13}\text{C}$, N_{ppm} и $\delta^{15}\text{N}$, может отражать не только вариации состава мантийного флюида, но и быть результатом изменений скорости роста кристаллов. Релеевское изотопное истощение флюида в результате роста алмаза и кинетическое фракционирование при понижении линейной скорости роста кристалла генерируют противоположные изменения изотопно-геохимических характеристик алмаза в направлении кристаллизации. Важно, что упомянутые сценарии предполагают противоположное поведение азота при кристаллизации алмаза, что актуализирует вопрос об оценке содержания азота в мантии.

Ключевые слова: мантийный флюид, алмаз, фракционирование, изотопы углерода, азот

FRACTIONATION OF CARBON ISOTOPES AND NITROGEN DURING DIAMOND FORMATION

V. N. Reutsky

Sobolev Institute of geology and mineralogy SB RAS, Novosibirsk
reutsky@igm.nsc.ru

Abstract. Distribution of light elements and their isotopes during mantle mineral formation is an actual question of modern geochemistry. Processes inaccessible to direct observation are actively studied using laboratory experiments and computational methods. Diamond is the only mineral that provides information on the composition of mantle fluids unaltered by secondary processes. However, changes in diamond composition, including $\delta^{13}\text{C}$, N_{ppm} and $\delta^{15}\text{N}$, may reflect not only variations in the composition of the mantle fluid, but also result from changes in the crystal growth rate. Rayleigh isotopic depletion of fluid due to diamond growth and kinetic fractionation with a decrease in the linear crystal growth rate provide opposite changes in the isotope-geochemical characteristics of diamond in the direction of crystallization. It is important that the above scenarios suggest opposite behavior of nitrogen during diamond crystallization, which actualizes the issue of assessing nitrogen contents in the mantle.

Keywords: mantle fluid, diamond, fractionation, carbon isotopes, nitrogen

Алмазы и включения в них предоставляют уникальную возможность прямых исследований вещества мантии. Отсутствие значимой диффузии в алмазе, даже при температурах его кристаллизации [3], и его химическая стойкость в состоянии обеспечить полную сохранность составов изолированных во включениях минералов и флюидов на пути из мантии, с глубин более 660 км, на дневную поверхность. Вместе с тем, включения встречаются далеко не во всех алмазах, что обуславливает интерес к информативности геохимических характеристик самого алмаза. В настоящее время накоплены довольно представительные данные по изотопному составу углерода кристаллов алмаза, концентрации и распределению примеси азота в них, а также $\delta^{15}\text{N}$. С использованием этих данных возможна идентификация источников вещества в процессах алмазообразования [11]. Таким образом, исследование фракционирования изотопов углерода и азота при термодинамических условиях мантии Земли является весьма актуальной проблемой современной геохимии, также связанной с кристаллизацией алмаза.

Нами экспериментально установлены следующие основные закономерности изотопного фракционирования углерода при РТ-параметрах мантии Земли в различных по составу средах: (1) в восстановленных обстановках алмаз изотопно тяжелее растворов углерода, из которых он кристаллизуется; (2) в окисленных обстановках алмаз изотопно-легче карбонатного

флюида, участвующего в алмазообразовании и (3) величина изотопного фракционирования зависит от линейной скорости роста кристаллов алмаза [1, 5]. Эти результаты согласуются с данными по равновесному распределению изотопов углерода между соединениями различной степени окисления [7, 4 и др.].

Прямые сведения о поведении изотопов азота в процессах мантийного минералообразования полностью отсутствуют. Опубликованные расчёты равновесного распределения изотопов азота между алмазом и мантийным флюидом отягощены допущениями об эквивалентности связи C-N в алмазе колебательным характеристикам молекул HCN или CN, а также известной неопределенностью форм азота в мантийном флюиде. Тем не менее, на основе таких модельных построений предполагается, что при кристаллизации алмаза углерод преимущественно распределяется в алмаз, а изотопное фракционирование $\Delta^{15}\text{N}_{\text{Dm(CN)-fluid}}$ при этом составляет от -1,2 до -4,0 ‰ в зависимости от основной формы азота во флюиде.

Наблюдаемые в природных кристаллах алмаза изменения изотопно-геохимических характеристик углерода и азота в направлении роста разнообразны и не позволяют однозначно судить о поведении элементов при кристаллизации. Предположение об исчерпании мантийного флюида в результате кристаллизации алмаза не только по углероду, но и по азоту, пока не подтверждено, однако и не опровергнуто. Имеющиеся прямые данные о закономерностях поведения изотопов углерода, подтверждённые в модельных системах, дополненные независимой информацией об окислительно-восстановительных условиях формирования конкретных кристаллов (например по флюидным включениям) позволяют оценить направление и масштаб фракционирования азота при алмазообразовании.

Ранее нами показано, что изменения $\delta^{13}\text{C}$ в направлении роста двух крупных кубических кристаллов алмаза II разновидности из россыпей северо-востока Сибирской платформы могут быть описаны ростом коэффициента фракционирования изотопов углерода между кристаллом и окисленным флюидом, связанным с замедлением линейной скорости его кристаллизации [6]. Имеющиеся в научной периодике данные по синхронным изменениям $\delta^{13}\text{C} + \text{Nppm} \pm \delta^{15}\text{N}$ в направлении роста кристаллов алмаза [8, 10, 9], в большинстве, также могут быть описаны с использованием модели Бартона-Прима-Слихтера [2]. В рамках модели БПС, установленные изменения концентрации примесей, включая малораспространённые изотопы основного компонента кристалла, позволяют утверждать, что: (1) примесь азота является резко несовместимой с алмазом, что обуславливает её предпочтительное нахождение во флюиде при медленной кристаллизации. Коэффициенты распределения составили $k = 0.38\text{--}0.47$ при росте из восстановленного флюида и 0.03 – из окисленного; (2) кинетический изотопный эффект для примеси азота на порядок превышает таковой для углерода [5]. В одинаковых окислительно-восстановительных условиях уменьшение линейной скорости роста кристалла вызывает образование ростового тренда $\delta^{13}\text{C}$, противоположного тому, который был бы сформирован благодаря релеевскому процессу исчерпания флюида. Следует особо отметить, что рассмотрение скорости роста, как причины изменения изотопно-геохимических характеристик алмаза, даёт хорошее соответствие с составом флюидных включений в кристаллах, где такие включения описаны [5].

Приведённые аргументы указывают на то, что современные оценки содержания азота в мантийных C-O-N-N флюидах, основанные на совместимом поведении азота при алмазообразовании, а также не учитывающие изотопного фракционирования углерода, требуют критического пересмотра. $\delta^{15}\text{N}$ в алмазе могут являться следствием масштабного кинетического фракционирования и не являться отражением изотопных характеристик мантийного флюида.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 19-17-00075 и государственного задания ИГМ СО РАН.

Литература

1. Изотопное фракционирование углерода при кристаллизации алмаза в модельных системах / В. Н. Реутский, Ю. Н. Пальянов, Ю. М. Борздов, А. Г. Сокол // Геол. геофиз. 2015. Т.56, № 1-2. С. 308–315.

2. Burton J. A., Prim R. C., Slichter W. P. The distribution of solute in crystals grown from the melt. Part I. Theoretical // *J. Chem. Phys.* 1953. 21(11): 1987–1991.
3. Koga K. T., Van Orman J. A., Walter M. J. Diffusive relaxation of carbon and nitrogen isotope heterogeneity in diamond: a new thermochronometer // *Phys. Earth Planet. Interiors.* 2003. 139; 1: 35-43.
4. Polyakov V. B., Kharlashina N. N. Effect of pressure on equilibrium isotopic fractionation // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1994; 58(21): 4739-4750.
5. Reutsky V. N., Borzdov Y. M. Effect of growth rate on diamond composition // *Diam. Relat. Mater.* 2023. 135: 109865.
6. Reutsky V. N., Shiryaev A. A., Titkov S. V., Wiedenbeck M., Zudina N. N. Evidence for large scale fractionation of carbon isotopes and of nitrogen impurity during crystallization of gem quality cubic diamonds from placers of North Yakutia // *Geochem. Int.* 2017. 55: 988-999.
7. Richet P., Bottinga Y., Janoy M. A review of hydrogen, carbon, nitrogen, oxygen, sulphur, and chlorine stable isotope enrichment among gaseous molecules // *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 1977. 5: 65-110.
8. Smart K. A., Chacko T., Stachel T., Muehlenbachs K., Stern R. A., Heaman L. M., Diamond growth from oxidized carbon sources beneath the Northern Slave Craton, Canada: a $\delta^{13}\text{C}$ -N study of eclogite-hosted diamonds from the Jericho kimberlite // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 2011. 75: 6027–6047.
9. Smit K. V., Stachel T., Luth R. W., Stern R. A. Evaluating mechanisms for eclogitic diamond growth: An example from Zimmi Neoproterozoic diamonds (West African craton) // *Chem. Geol.* 2019. 520: 21–32.
10. Smit K.V., Shirey S.B., Stern R.A., Steele A., Wang W. Diamond growth from CH–N–O recycled fluids in the lithosphere: evidence from CH_4 micro-inclusions and $\delta^{13}\text{C}$ – $\delta^{15}\text{N}$ –N content in Marange mixed-habit diamonds // *Lithos.* 2016. 265: 68–81.
11. Stachel T., Harris J. W., Muehlenbachs K. Sources of carbon in inclusion bearing diamonds // *Lithos.* 2009. 112: 625-637.

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ДЕВОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ: АНАЛИЗ ДАННЫХ И НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Н. В. Сальная¹, А. Г. Иосифиди^{1,2}

¹Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия
natasavi@inbox.ru

²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова
Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия
iosag@mail.ru

Аннотация. Палеомагнитные исследования с целью выявления компонент естественной остаточной намагниченности являются трудной задачей для некоторых временных интервалов, к которым относится и девон. В настоящее время выдвигаются гипотезы об аномальном состоянии девонского магнитного поля, что ставит под сомнение использование магнитостратиграфических шкал и палеомагнитных полюсов за данный период.

В рамках работы проведен анализ имеющихся палеомагнитных полюсов по Восточно-Европейской платформе и получены новые данные. Анализ ранних результатов показал, что большинство палеомагнитных полюсов по Восточно-Европейской платформе либо соответствуют ожидаемым девонским значениям траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов, либо отвечают ее более поздним сегментам – карбона и перми – что можно объяснить перемагничиванием горных пород. Новые результаты, полученные по ранее неисследованным объектам Центрального девонского поля, показали, что они во многом аналогичны одновозрастным данным по Австралии, но значительно отличаются от имеющихся данных по Главному девонскому полю.

Ключевые слова: палеомагнетизм, девон, аномальное магнитное поле девона, Восточно-Европейская платформа.

PALEOMAGNETISM OF THE DEVONIAN ROCKS FROM THE EAST-EUROPEAN PLATFORM: DATA ANALYSIS AND NEW RESULTS

N. V. Salnaia¹, A. G. Iosifidi^{1,2}

¹Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
natasavi@inbox.ru

²Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation
of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
iosag@mail.ru

Abstract. Paleomagnetic studies to identify the components of natural remanent magnetization are a difficult problem for some time intervals, including the Devonian. Currently, there are hypotheses about the of the Devonian magnetic anomalous field anomalous state, which casts doubt on the use of magnetostratigraphic scales and paleomagnetic poles for this period.

As part of this work, we analyzed the available paleomagnetic poles for the East European Platform and obtained new data. The analysis of the earlier results showed that most of the paleomagnetic poles on the East European Platform either correspond to the expected Devonian values of the apparent polar wander paths or correspond to its later segments - the Carboniferous and Permian - which can be explained by the remagnetization in rocks. New results obtained for the previously unexplored objects of the Central Devonian field showed that they are in many respects similar to the same-age data for Australia, but significantly differ from the available data for the Main Devonian field.

Keywords: paleomagnetism, Devonian, Devonian anomalous magnetic field, East European Platform.

На настоящий момент получен довольно большой объем палеомагнитных данных по девонским осадочным и магматическим породам. Однако, современных исследований, выполненных на мировом научном уровне все еще недостаточно для понимания природы и эволюции геомагнитного поля девона. Так, существует ряд исследований по Сибири, где показано, что магнитное поле девона было аномальным [12,1, 7 и др.]. Однако, эти результаты получены на основе исследований магматических пород, благодаря которым можно изучать лишь дискретную палеомагнитную запись. В то же время результаты, свидетельствующие о сложной конфигурации магнитного поля девона в совокупности с низкой палеонапряженностью [13] могут указывать на его мультипольность. Это в свою очередь ставит под сомнение и па-

леотектонические реконструкции и шкалы магнитной полярности для девонского времени, поскольку в их основе лежит гипотеза центрального осевого диполя. В то же время большинство результатов исследований осадочных пород по Восточно-Европейской платформе соответствуют траектории кажущейся миграции палеомагнитных полюсов, реконструированной для Балтики [11] и не демонстрируют аномальных направлений, которые бы не объяснились перемагничиванием. Для ответа на вопрос о конфигурации магнитного поля в девоне необходимо наращивание базы палеомагнитных определений, в частности, по Восточно-Европейской платформе и ее обрамлениям, и тщательный анализ имеющихся определений.

Для территории Главного девонского поля (ГДП) имеется лишь несколько определений палеомагнитных полюсов для девона [5,2,4 и др.]. По Центральному девонскому полю имеется и вовсе одна работа, посвященная палеомагнитным исследованиям девонских отложений [3]. Изучение осадочных пород девона Главного и Центрального девонского полей затруднено вследствие малой величины намагниченности и перемагничивания пород.

В рамках палеомагнитных работ в полевой сезон 2023 г. был выполнен отбор коллекций из разрезов среднего и верхнего девона Центрального девонского поля (ЦДП) и верхнего девона ГДП с целью получения новых палеомагнитных данных. На ЦДП изучены разрезы Павловского и Ливенского карьеров, Донского месторождения известняков, а также рекогносцировочный разрез г. Семилуки. На ГДП изучен разрез Андома.

Анализ имеющихся данных по стабильной части Восточно-Европейской платформы не подтвердил наличие нетипичных компонент геомагнитного поля девона. А именно, палеомагнитные исследования разрезов нижнего девона Западной Украины и Польши [14,8,10 и др.] свидетельствуют о наличии стабильной девонской компоненты, несмотря на широкое распространение перемагничивания. Также и по ряду разрезов верхнего девона Главного девонского поля [2,4-6 и др.] удалось выделить только типичные девонские компоненты, все остальные компоненты могут быть объяснены перемагничиванием пород в пермское и карбоновое время, однако, статистика для большинства объектов <24 штуфов, что недостаточно, чтобы считать эти результаты качественными. Для объектов верхнего девона ЦДП (данное исследование) отмечено хаотичное распределение в одной или нескольких четвертях стереограммы, что согласуется с картиной распределения верхнедевонских компонент по объектам Австралии [9]. Палеомагнитные результаты по верхнедевонским объектам ЦДП и ГДП существенно различаются, что, отчасти является следствием различного состава осадочных горных пород.

Работы проводились при финансовой поддержке гранта РНФ 23-27-00461, <https://rscf.ru/project/23-27-00461/>. Авторы выражают благодарность Е.А. Терещенкову и руководству ОАО Павловск Неруд за возможность отбора коллекции в Павловском карьере, И.В. Федюкину за помощь в отборе и измерении коллекций.

Литература

1. Баженов М. Л., Левашова Н. М. Амплитуда вековых вариаций направления геомагнитного поля в верхнедевонских вулканитах Северного Тянь-Шаня // Физика Земли. 2011. № 12. С. 74–86
2. Палеомагнетизм ордовикских и девонских осадочных пород северо-запада Русской платформы: новые данные о кинематике Балтики в палеозое и о пермо-триасовом перемагничивании / Е. Л. Гуревич, А. Н. Храмов, В. П. Родионов и др. // Физика Земли. 2005. № 7. С. 48–64.
3. Иосифиди А. Г., Попов В. В. Палеомагнитные исследования средне-верхнедевонских отложений Воронежской антеклизы (Павловский карьер) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2021. Т. 16, № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2021/39_2021.html
4. Иосифиди А. Г., Попов В. В., Журавлев А. В. Верхнедевонские отложения (франский ярус) северо-запада Русской платформы: палеомагнитные данные // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15, № 4.
5. Погарская И. А. Палеомагнетизм девона Русской платформы // Палеомагнитные методы в стратиграфии: сборник научных трудов. Ленинград: ВНИГРИ, 1984. С. 42–55.
6. Сальная Н. В. Палеомагнетизм верхнедевонских пород Андомской горы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2023. Т. 18, № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2023/44_2023.html

7. Шацилло А. В., Павлов В. Э. Систематика палеомагнитных направлений раннего-среднего девона минусинских впадин: новые данные и старые проблемы // Физика Земли. 2019. № 3. С. 97–116.
8. Bakhmutov V., Teisseyre-Jelenska M., K adziałko-Hofmokl, M., Konstantinienko, L. & Poliachenko, E., 2012. Paleomagnetic studies of Low Devonian grey-colored deposits of Podolia // *Geophys. J.* 2012. 34(6): 57–67.
9. Hansma, J., Tohver, E., Yan, M., Trinajstic, K., Roelofs, B., Peek, S., Slotznick, S.P., Kirschvink, J., Playton, T., Haines, P., Hocking, R. Late Devonian carbonate magnetostratigraphy from the Oscar and Horse Spring Ranges, Lennard Shelf, Canning Basin, Western Australia // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2015. 409: 232–242. URL: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.10.054>.
10. Jelenska M., Kadziałko-Hofmokl M., Bakhmutov V., Poliachenko I. and Ziolkowski P. Palaeomagnetic and rock magnetic study of Lower Devonian sediments from Podolia, SW Ukraine: remagnetization problems// *Geophys. J. Int.* 2015. 200: 557–573
11. Torsvik, T. H., Van der Voo, R., Preeden, U., Mac Niocaill, C., Steinberger, B., Doubrovine, P. V., ... Cocks, L. R. M. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics. *Earth-Science Reviews.* 2012. 114(3-4): 325–368.
12. Kravchinsky V. A., Konstantinov K. M., Courtillot V. et al. Palaeomagnetism of East Siberian traps and kimberlites: two new poles and palaeogeographic reconstructions at about 360 and 250 Ma // *Geophys. J. Int.* 2002. 148: 1–33.
13. Shcherbakova V. V., Biggin A. J., Veselovskiy R. V., Shatsillo A. V., Hawkins L. M. A., Shcherbakov V. P., Zhidkov G. V. Was the Devonian geomagnetic field dipolar or multipolar? Palaeointensity studies of Devonian igneous rocks from the Minusa Basin (Siberia) and the Kola Peninsula dykes, Russia // *Geophys. J. Int.* 2017. 209(2): 1265–1286.
14. Smethurst M. A. and Khramov A. N. A new Devonian palaeomagnetic pole for the Russian platform and Baltica, and related apparent polar wander// *Geophys. J. Int.* 1992. 108: 179–192.

АНАЛИЗ СВЯЗИ ПЕТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ КОМПОНЕНТ НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗОВ ДЕВОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н. В. Сальная¹, А. С. Корзинова²

Геологический институт Российской академии наук, Москва, Россия

¹natasavi@inbox.ru, ²korzinova-nasty@yandex.ru

Аннотация. Анализ изменение петромагнитные характеристик очень важен для оценки перемагничивания горных пород. В работе приведены сопоставления между петромагнитными характеристиками и компонентным составом естественной остаточной намагниченности для разрезов девона Восточно-Европейской платформы.

Ключевые слова: палеомагнетизм, девон, перемагничивание.

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PETROMAGNETIC PARAMETERS AND AGE-DIFFERENTIATED PALEOMAGNETIC COMPONENTS USING THE EXAMPLE OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM SECTIONS OF DEVON

N. V. Salnaia¹, A. S. Korzinova²

Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹natasavi@inbox.ru, ²korzinova-nasty@yandex.ru

Abstract. The analysis of the change in petromagnetic characteristics is very important for assessing the scaling of rocks. The paper presents comparisons between the petromagnetic characteristics and the component composition of the natural residual magnetization for the Devonian sections of the East European platform.

Keywords: paleomagnetism, Devonian, milling.

Одной из основных проблем, стоящих на пути получения качественных палеомагнитных данных, является плохая сохранность первичных компонент естественной остаточной намагниченности вследствие вторичного перемагничивания. Перемагничивание пород широко распространено и в пределах Европы и, в частности, Восточно-Европейской платформы и затрагивает практически все исследованные палеозойские отложения, образовавшиеся ранее пермского периода. Особенно перемагничивание характерно для пород девона и карбона [1-5], при этом возраст перемагничивания ограничивается несколькими периодами в карбоне и перми.

При проведении палеомагнитных исследований актуальным, но сложным вопросом является определение природы перемагничивания и анализ связи петромагнитных параметров и палеомагнитных компонент. В данной работе мы провели сопоставление между петромагнитными характеристиками и компонентным составом естественной остаточной намагниченности.

В работе выполнен комплекс палеомагнитных исследований – полное ступенчатое термо-размагничивание образцов и выделение компонент естественной остаточной намагниченности, проведена оценка возраста этих компонент. Петромагнитные исследования включали в себя тест Лаури [6], коэрцитивные спектры, измерение магнитной восприимчивости и ее анизотропии и намагниченности. Измерения выполнялись на аппаратурной базе Палеомагнитных лабораторий ГИН РАН и Казанского Федерального Университета.

Работы проводились при финансовой поддержке гранта РФФИ 23-27-00461, <https://rscf.ru/project/23-27-00461>.

Литература

1. Палеомагнетизм ордовикских и девонских осадочных пород северо-запада Русской платформы: новые данные о кинематике Балтики в палеозое и о пермо-триасовом перемагничивании / Е. Л. Гуревич, А. Н. Храмов, В. П. Родионов и др. // Физика Земли. 2005. № 7. С. 48–64.

2. Иосифиди А. Г., Михайлова В. А. Палеомагнетизм каменноугольных отложений русской платформы: переизучение старых коллекций // Физика Земли. 2017. № 2. С. 1–16.
3. Каменноугольные отложения Московской синеклизы: палеомагнитные данные / А. Г. Иосифиди, В. А. Михайлова, В. В. Попов и др. // Физика Земли. 2018. № 1. С. 172–186.
4. Иосифиди А. Г., Попов В. В., Журавлев А. В. Верхнедевонские отложения (франкий ярус) северо-запада Русской платформы: палеомагнитные данные // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2020. Т. 15, № 4.
5. Сальная Н. В. Палеомагнетизм верхнедевонских пород Андомской горы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2023. Т. 18, № 4. URL: http://www.ngtp.ru/rub/2023/44_2023.html
6. Lowrie W. Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties // Geophysical Research Letters. 1990. 17; 2: 159–162.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСТОРИЧЕСКОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 300 ЛЕТ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ (БАССЕЙН р. ЧИКОЙ)

С. А. Сат, А. А. Аюржанаев, С. Г. Андреев

Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия
saygaa@mail.ru

Аннотация. В результате корреляционного анализа 365-летней древесно-кольцевой хронологии сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L*) с гидротермическим коэффициентом Селянинова определено, что наиболее активный период формирования камбиальной зоны деревьев приходится на III декаду июля. Далее произведена реконструкция изменений гидротермического режима с 1722 г.

Ключевые слова: древесно-кольцевая хронология, историческая древесина, сосна обыкновенная, гидротермический коэффициент Селянинова.

RECONSTRUCTION OF HYDROTHERMAL REGIME USING HISTORICAL WOOD OVER THE LAST 300 YEARS IN EASTERN TRANSBAIKALIA (CHIKOY RIVER BASIN)

S. A. Sat, A. A. Ayurzhanayev, S. G. Andreev

Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Russia
saygaa@mail.ru

Abstract. As a result of the correlation analysis of the 365-year tree-ring chronology of Scots pine (*Pinus Sylvestris L*) with the Selyaninov hydrothermal coefficient, it was determined that the most active period of formation of the cambial zone of trees occurs in the third decade of July. Next, a reconstruction of changes in the hydrothermal regime since 1722 was carried out.

Keywords: tree-ring chronology, historical wood, Scots pine, Selyaninov hydrothermal coefficient.

Глобальная температура у поверхности Земли неуклонно повышается, что подтверждается ежегодными отчетами Межправительственной группы экспертов по изменению климата и многих других исследований. Однако, недостаточная длительность инструментальных данных затрудняет глубокое понимание естественных и антропогенных факторов, влияющих на изменение климата в регионе.

Известно, что анализ ширины годичных колец деревьев дает ценные сведения о долгосрочных климатических изменениях, а привлечение исторической древесины из архитектурных сооружений, в том числе археологических раскопок, позволяет расширить временные рамки на территории исследования еще на несколько столетий, даже тысячелетий [3].

Характерной особенностью территории Забайкалья является чередование засушливых и влажных периодов. Засушливые периоды, часто приводящие к обширным лесным пожарам, сменяются кратковременными, но интенсивными паводками, вызывающими масштабные наводнения [1].

Исследуемая нами территория находится в лесостепной зоне Восточного Забайкалья в долине р. Ямаровка (правый приток р. Чикой). Долина расположена у южного склона Малханского хребта в Красночуйском районе Забайкальского края. В работе использовалась 365-летняя древесно-кольцевая хронология (YMR), построенная по сосне обыкновенной (*Pinus Sylvestris L*) и удлиненная с помощью исторической древесины старых домов села Ямаровки с общим временным интервалом с 1658 по 2022 гг.

В хронологию включены всего 121 индивидуальных серий, средняя межсерийная корреляция, которая свидетельствует о синхронности реакции отдельных деревьев на изменения климатических условий ($r = 0,63$). Сбор, обработка, измерение ширины годичных колец выполнялись по стандартной дендрохронологической методике [4], с применением специализированных программных пакетов [5,6,7].

В качестве показателя увлажненности изучаемой территории рассматривался гидротермический коэффициент Селянинова, который учитывает комплексное влияние тепла и влаги на радиальный прирост. Значения данного коэффициента были рассчитаны на основе суточных данных метеорологической станции Красный Чикой (50°37' с.ш. 108°70' в.д.) за период с 1937 по 2022 гг. Гидротермический коэффициент Селянинова рассчитывался для каждого из трех 10-дневных периодов (декад) с июня по сентябрь, а затем проведен корреляционный анализ с радиальным приростом сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*).

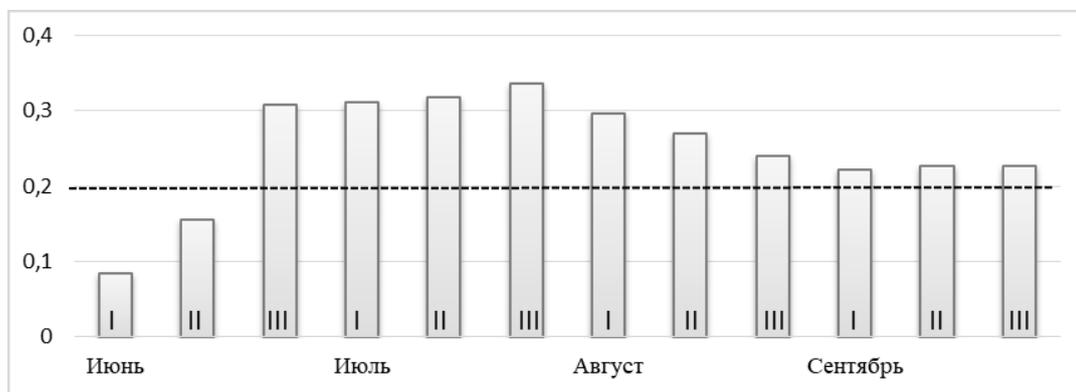


Рисунок 1. Корреляция радиального прироста *Pinus Sylvestris L.* с гидротермическим коэффициентом Селянинова

В ходе анализа динамики камбиальной зоны деревьев определено, что наиболее активный период ее формирования приходится на III декаду июля ($r = 0,34$) (рис. 1). Далее нами была произведена реконструкция вариаций гидротермического режима III декады июля за последние 300 лет, выраженный сигнал популяции ($EPS > 0,85$) у хронологии получено с 1722 г, что в свою очередь дает возможность построить надежную реконструкцию климатических условий, модель реконструкции: $ГТК = 1,1787 * Index - 0,0112$ (рис. 2).



Рисунок 2. Реконструкция изменений ГТК (III декады июля) на основе индексов обобщенной древесно-кольцевой хронологии YMR (ГТК <1 – засушливые условия, ГТК >1 – влажные условия)

Длинные временные ряды индекса ширины годичных колец сосны обыкновенной позволили восстановить вариации последовательности гидротермического режима за региональный исторический период. В результате ретроспективной оценки выявлено, что наиболее длительные засухи наблюдались в первой половине XVIII в., также определены наиболее засушливые годы за весь наблюдаемый период: 1726, 1748, 1823, 1969 и 2003. Годы, реконструированные по индексам прироста деревьев, совпадают с периодами сильных засух и наводнений, которые подтверждаются историческими записями природных событий в пределах территории Сибири и Монголии [2].

Таким образом, древесные кольца предоставляют ценную информацию о долгосрочных климатических изменениях в регионе исследования. Проведенный нами анализ взаимосвязей динамики радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris L.*) с гидротермическим коэффициентом Селянинова позволил выявить наиболее благоприятный внутригодовой период формирования ширины годичных колец. Выявленная значимая связь индексов прироста с влагообеспеченностью исследуемой территории дала возможность построить реконструкцию климатических условий с 1722 г.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФ №23-28-00963.

Литература

1. Влияние изменения климата на экосистемные услуги лесных земель Юга Восточной Сибири / Б. З. Цыдыпов, Е. Ж. Гармаев, Б. О. Гомбоев [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86, № 1. С. 82–97.
2. Задонина Н. В., Леви К. Г. Хронология природных и социальных феноменов в Сибири и Монголии: монография. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 759 с.
3. Реконструкция экстремальных палеоклиматических событий на севере Западной Сибири по археологической древесине (на примере Надымского городка) / Г. Т. Омурова, В. В. Баринов, О. В. Кардаш [и др.] // Археология, этнография и антропология Евразии. 2018. Т. 46, № 3. С. 32–40.
4. Методы дендрохронологии: учебно-методическое пособие. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С. Г. Шиятов, Е. А. Ваганов, А. В. Кирдянов и др. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. 80 с.
5. Holmes R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // TreeRing bulletin. 1983. 44: 69–78.
6. Melvin T. M., Briffa K. R. A «signal-free» approach to dendroclimatic standardization // Dendrochronologia. 2008. 26(2): 71–86.
7. Rinn F. TSAP V3.5. Computer program for tree-ring analysis and presentation. Heidelberg: Frank Rinn Distribution. 1996. 269 p.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АНТРОПОГЕННЫХ КАРБОНАТАХ

Б. Р. Соктоев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия
bulatsoktoev@tpu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты многолетних исследований по выявлению форм нахождения химических элементов в антропогенных карбонатах. Минеральный состав накипи представлен большим спектром различных групп минералов: карбонаты, сульфаты, хлориды, сульфиды, алюмосиликаты, фосфаты.

Ключевые слова: антропогенные карбонаты, накипь, форма нахождения

CHEMICAL ELEMENTS OCCURRENCE FORMS IN ANTHROPOGENIC CARBONATES

B. R. Soktoev

National Research Tomsk Polytechnic University, Russia
bulatsoktoev@tpu.ru

Abstract. The article presents the results of long-term research on chemical elements occurrence forms in anthropogenic carbonates. A wide range of different groups of minerals (carbonates, sulfates, chlorides, sulfides, aluminosilicates, and phosphates) composes the mineral composition of limescale.

Keywords: anthropogenic carbonates, limescale, occurrence form

Введение. Анализ карбонатных осадочных пород является эффективным инструментом для палеогеографических, палеоклиматических и геодинамических реконструкций. Детальное изучение текстурных, структурных и геохимических характеристик карбонатных толщ позволяет выявить следы тектонической активности и землетрясений. Кроме того, карбонатные породы могут служить индикатором геохимических особенностей осадочного бассейна и его фундамента. [3, 12, 14]. Осадочные породы характеризуются преобладанием карбонатных минералов (кальцит, доломит, арагонит). Карбонатные отложения играют важную роль в геологических процессах, выступая в качестве эффективного сорбционного барьера для различных элементов, ввиду низкого показателя произведения растворимости, что обеспечивает их устойчивость в геологической среде [5].

Процессы, приводящие к образованию накипи в бытовой технике (чайники, котлы, теплоаккумуляторы и оборудование отопительных систем), представляют собой упрощенную модель природных процессов минералообразования. Повышение температуры воды приводит к созданию условий, аналогичных природным термодинамическим и испарительным барьерам, что в свою очередь инициирует интенсивное осаждение, связанное с достижением состояния перенасыщения по CaCO_3 [5].

Один из ключевых вопросов при изучении антропогенных карбонатов – это формы нахождения химических элементов, особенно при их высоких и аномальных содержаниях. Для антропогенных карбонатов этот вопрос слабо проработан и преимущественно на макроминеральном уровне. Однако, процесс кипячения питьевой воды является последним шагом перед поступлением химических элементов в организм человека, в связи с этим понимание форм нахождения не только макро-, но и микроэлементов важно с точки зрения потенциального риска для здоровья.

Материалы и методы. Исследование элементного и минерального состава антропогенных карбонатов проводится в отделении геологии Томского политехнического университета (ТПУ), начиная с 1990-х гг. [1, 4, 6-10, 13]. За это время накоплена база данных (~1500 проб), характеризующая территории Южной Сибири, Европейской части России, а также Казахстана. Изучение форм нахождения химических элементов проводится нами с использованием

методов рентгеновской дифрактометрии, электронной микроскопии, осколочной радиографии. В 2023 году для выявления вероятных форм нахождения урана было проведено физико-химическое моделирование в ПК «Селектор».

Результаты и их обсуждение. Рентгенофазовый анализ антропогенных карбонатных отложений выявил преобладание кальцита и арагонита. Соотношение этих минералов в природных карбонатных породах является предметом многочисленных исследований и дискуссий. На формирование минерального состава существенное влияние оказывают такие факторы, как температура, ионная сила раствора, а также присутствие различных катионов, анионов и органических веществ. Проведенные исследования образцов из Байкальского региона выявили статистически значимую корреляцию между содержанием кальцита и концентрацией Fe, Co, Cr ($r=0,76-0,98$), а арагонита – со Sr ($r=0,7$). Данный факт, в целом, подтверждает особенности поведения Sr в процессе седиментогенеза как фактора, контролирующего формирование арагонита. Повышение концентрации стронция в среде способствует фазовому переходу карбоната кальция от термодинамически менее стабильной тригональной модификации (кальцит) к более стабильной ромбической модификации (арагонит). Минеральный состав накипи характеризуется присутствием магниевых кальцитов с переменным содержанием магния (3-13%). Кроме того, в некоторых случаях наблюдается формирование самостоятельных магниесодержащих минеральных фаз – гидромагnezит ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$) и брусит ($Mg(OH)_2$). Травертины, формирующиеся в разнообразных геологических средах, демонстрируют сходство макроминерального состава с антропогенными карбонатными отложениями, что свидетельствует о сходных процессах минералообразования [11].

Химические элементы, присутствующие в накипи в повышенных концентрациях (например, Na – до 10 %, Zn – до 10,6 %, Sr – до 2,5 %, Ba – до 1 %), способны образовывать самостоятельные минеральные фазы. Были обнаружены следующие минералы: гемиморфит ($Zn_4(OH)_2[Si_2O_7] \cdot nH_2O$), барит ($BaSO_4$), стронцианит ($SrCO_3$), гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), кварц (SiO_2), галит ($NaCl$), трона ($Na_3H(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$), моусонит ($Cu_6Fe_2SnS_8$). Анализ минерального состава накипи на территории техногенных ландшафтах, формирующихся вблизи хвостохранилищ, позволяет проследить связь между составом накипи и минералогическими особенностями разрабатываемых руд. В качестве примера можно привести обнаружение феттелита ($[Ag_6As_2S_7][Ag_{10}HgAs_2S_8]$) в районе Комсомольского хвостохранилища.

Использование метода сканирующей электронной микроскопии позволило выявить геохимические особенности исследуемых образцов. В их составе были идентифицированы минералы серебра, золота, меди, никеля, свинца, редкоземельных элементов и тантала в виде карбонатов, фосфатов, алюмосиликатов и сульфидов, а также в самородном состоянии. Полученные данные указывают на тесную связь минерального состава с геологическими условиями формирования и позволяют уточнить прогнозные критерии для выявления рудных месторождений.

Аномально высокие концентрации урана (до 0,05%) в антропогенных карбонатах по сравнению со средними значениями для эндогенных карбонатов (ниже 0,01 %) обусловили необходимость применения специальных методов исследования. Методом осколочной радиографии было установлено, что уран в изученных образцах присутствует как в рассеянном состоянии, так и в виде микроскопических минеральных включений. Наличие треков осколков деления урана свидетельствует о гетерогенном распределении этого элемента в образцах.

Численное моделирование физико-химических процессов, проведенное с использованием программного комплекса «Селектор», позволило установить возможность перехода урана из водного раствора в фазу гримзелита ($K_3Na(UO_2)(CO_3)_3 \cdot H_2O$) и, в некоторых случаях, ворланита ($Ca(U^{6+})O_4$) [2].

Заключение. Таким образом, в составе антропогенных карбонатов выявлены формы нахождения большого спектра химических элементов. Основными минералами, слагающими накипь, являются карбонаты кальция – кальцит и арагонит. Кроме того, повышенные концентрации ряда химических элементов, вероятнее всего, обусловлены наличием собственных

минеральных фаз, выявленных методами рентгеновской дифрактометрии, сканирующей электронной микроскопии, осколочной радиографии и физико-химического моделирования.

Обработка и интерпретация результатов выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема FSWW-2023-0010)

Литература

1. Арынова Ш. Ж. Элементный состав солевых образований из природных пресных вод как индикатор экологической безопасности водопользования: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2017. 22 с.
2. Физико-химическое моделирование поведения урана при нагревании, кипячении и выпаривании питьевых вод разных регионов / О. В. Еремин, Е. С. Эпова, О. С. Русаль // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2024. Т. 17(1). С. 39–47.
3. Карбонаты: минералогия и химия / пер. с англ.; под ред. Р. Дж. Ридера. Москва: Мир, 1987. 496 с.
4. Монголина Т. А. Геохимические особенности солевых отложений (накипи) питьевых вод как индикатор природно-техногенного состояния территории: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2011. 21 с.
5. Перельман А. И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. Москва: Недра, 1972. 288 с.
6. Робертус Ю. В., Рихванов Л. П., Соктоев Б. Р. Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики Алтай // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324, № 1. С. 190–195.
7. Соктоев Б. Р. Геохимия карбонатной составляющей природных пресных вод и ее индикаторное значение в эколого-геохимических и прогнозно-металлогенетических исследованиях (на примере Байкальского региона): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2015. 22 с.
8. Уран в антропогенных карбонатах на территории Уфы / И. М. Фархутдинов, Р. Р. Хайруллин, Б.Р. Соктоев и др. // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 226–237.
9. Геохимические особенности солевых образований питьевых вод Южного Казахстана / Б. У. Шарипова, А. А. Какабаев, Н. В. Барановская и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333, № 7. С. 137–148.
10. Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Zhang C., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European platform and the southern Urals // Chemosphere. 2021. 282. Article number 131106
11. Pentecost A. Travertine. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. 445 p.
12. Tanner L.H. Continental carbonates as indicators of paleoclimate // Developments in Sedimentology. 2010. 62: 179–214.
13. Tapkhaeva A. E., Taisaev T. T., Rikhvanov L. P., Yazikov E. G., Baranovskaya N. V. Geochemical specialization of limescale of water sources illustrated by two regions in Siberia // Contemporary Problems of Ecology. 2010. 3(4): 498-507
14. Zhang K.-J., Li Q.-H., Yan L.-L., Zeng L., Lu L., Zhang Y.-X., Hui J., Jin X., Tang X.-C. Geochemistry of limestones deposited in various plate tectonic settings // Earth-Science Reviews. 2017. 167: 27–46.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

А. В. Украинцев, А. М. Плюснин

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
ukraintsev87@bk.ru

Аннотация. Рассмотрен состав органических веществ в газовой и растворенной форме в двух источниках железистых минеральных вод Западного Забайкалья. Они относятся к различным типам: бескислородно-бессульфидному и кислому. Углеводороды представлены разнообразными соединениями, которые в основном формируются в результате биотических процессов. При этом на органический состав вод большое влияние оказывают кислотно-основные условия среды.

Ключевые слова: железистые минеральные воды, органические газы, растворенное органическое вещество.

ORGANIC MATTER IN FERRUGINOUS MINERAL WATERS OF WESTERN TRANSBAIKALIA

A. V. Ukraintsev, A. M. Plyusnin

Dobretsov Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia
ukraintsev87@bk.ru

Abstract. The composition of organic matter in gas and dissolved form in two sources of ferruginous mineral waters of the Western Transbaikalia is considered. They belong to different types: anoxic sulfide-free and acidic. Hydrocarbons are represented by various compounds, which are mainly formed as a result of biotic processes. At the same time, the organic composition of water is greatly influenced by acid-base conditions of the environment.

Keywords: ferruginous mineral waters, organic gases, dissolved organic matter.

Минеральные воды могут быть отнесены к железистым при содержании биологически активного железа не менее 10 мг/л [2]. Данный тип вод не очень широко представлен на территории Забайкалья, однако имеющиеся источники железистых вод активно используются населением в бальнеологических целях. В мировой практике именно обогащенные железом минеральные воды одними из первых стали применяться в лечебных целях. Так, например, первый в России курорт «Марциальные воды» был основан именно на источниках этого типа. Прием железистых минеральных вод, как правило, назначают при анемии, они стимулируют образование эритроцитов, увеличивают содержание гемоглобина в крови, повышают общую резистентность организма к неблагоприятным воздействиям, улучшают функции органов пищеварения [4]. В настоящее время остается недостаточно изученным химический состав вод, который определяет их лечебные свойства. Среди компонентов химического состава, определяющих лечебные свойства вод, можно выделить растворенные органические вещества.

Данная работа посвящена изучению органического состава вод двух железистых минеральных источников, расположенных в Западном Забайкалье, относящихся к бескислородно-бессульфидному (Хонгор-Уула) и кислому (Марактинский) типам.

Источник Хонгор-Уула (N 51°35.336', E 102°19.917') расположен в пределах Тункинской впадины. Разгрузка минеральных вод происходит на террасах по обоим берегам р. Харагун. Всего насчитывается 10 выходов, суммарный дебит составляет порядка 3 л/с. Часть родников каптирована металлическими трубами и желобами, поверхность в местах выхода подземных вод покрыта железистыми отложениями. Вода имеет сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциево-магниевый состав с общей минерализацией до 0.2 г/л и содержанием железа около 10 мг/л. Температура на выходе в среднем составляет 4.3°C; pH 7.7. В 1952 г. на источниках Хонгор-Уула была организована здравница местного значения и построен дом отдыха. Источник находится в границах Тункинского национального парка и утвержден в ка-

честве водного регионального памятника природы решением Совета Министров Бурятской АССР № 18 от 18 января 1984 г.

Марактинский источник (N 52°31.798', E 110°34.518') расположен в левом борту долины р. Маракты (правый приток р. Уды). Источник площадной, восходящего типа, вода заполняет воронку диаметром около 10 м и имеет расход 0.2-0.3 л/с. Разгрузка минеральных вод приурочена к катаклазированным породам (граниты, кислые эффузивы) зоны разлома северо-восточного простирания [1]. По химическому составу вода сульфатно-кальциевая, содержит до 49 мг/л железа. Общая минерализация 0.86 г/л; температура на выходе составляет 0.1°C; pH 5.8. Источник относится к водным региональным памятникам природы (Постановление Совета министров Бурятской АССР от 02.12.1981 №378).

Основные физико-химические параметры вод измерялись непосредственно в местах разгрузки. Показатель pH определялся с помощью портативного pH-метра РН-911, эквивалентное соледержание (TDS) – с помощью кондуктометра «МАРК-603», температура воды измерялась цифровым термометром «CENTER 375». Пробы свободного газа отбирались в стеклянные бутылки методом вытеснения воды. Состав газов был проанализирован методом газовой хроматографии в ООО Научно-производственная фирма «Сибэксервис» (г. Иркутск). Хроматограф "Хромос ГХ-1000". Состав растворенных органических веществ (РОВ) в исследуемых водах определялся с помощью методики, основанной на концентрировании методом твердофазной экстракции с газовым хромато-масс-спектрометрическим окончанием. С помощью портативной установки экстракция производилась непосредственно на месте отбора пробы. В концентрирующей установке применялись патроны с универсальным сорбентом Strata C18-E (Phenomenex), кондиционирование (подготовка) патрона и экстракция анализа проводились с использованием ацетонитрила в качестве растворителя. Состав органических веществ в концентрате определялся в Институте катализа СО РАН (Новосибирск) с использованием прибора Agilent 7000B GC/MS и имеющегося в этом институте банка данных органических веществ и стандартных образцов.

В составе свободных газов на обоих исследуемых источниках в существенном количестве присутствует метан. Вероятно, он имеет биогенное происхождение, также как и легкие предельные и непредельные углеводороды. В Марактинском источнике наблюдаются относительно более высокие содержания этана, пропана и бутилена. В то время как содержания пропилена, изо-бутана, изо-пентана, гексана меньше чем в источнике Хонгор-Уула. В целом, в источнике Хонгор-Уула наблюдаются стабильно высокие концентрации углеводородов с четным числом углерода в цепочках, что характерно для органических веществ биогенного происхождения. Для Марактинского источника в газовой фазе наблюдается большая дисперсия в количестве легких и тяжелых предельных углеводородов. Так, этана и пропана значительно больше, чем бутана, пентана и гексана. Суммарные проценты предельных и непредельных органических газов приведены в таблице 1.

Состав РОВ в рассматриваемых источниках, в основном, определяется особенностями разложения биоты в различных геохимических условиях. Состав исходных органических веществ был примерно одинаков, так как основная его масса сформирована при взаимодействии атмосферных осадков с растительностью и почвами в таежных ландшафтах. Некоторая часть органических веществ, вероятно, выщелачивается из осадочных горных пород. Углеводороды в водах исследуемых источников в основном представлены алифатическими соединениями (табл. 1). Основной формой миграции органических веществ в железистых минеральных водах являются простые эфиры. Эти соединения хорошо растворимы в воде даже при низких температурах. Ранее нами установлено, что эфиры также преобладают в составе углеводородов холодных углекислых и азотных термальных источников. Вероятно, эфиры являются наиболее распространенной формой миграции органических веществ в водах, так как обладают хорошей растворимостью в воде. Кроме эфиров установлены относительно высокие содержания спиртов, которые представлены веществами с различной молекулярной массой и различным числом гидроксильных групп.

Таблица 1. Органические вещества в исследуемых минеральных источниках в составе свободных газов и в растворенной форме, %

Источник	Газы			Растворенные органические вещества							
	CH ₄	$\Sigma C_2H_6 - C_6H_{14}$	$\Sigma C_2H_4 - C_4H_8$	Эфиры	Сложные эфиры	Спирты	Алканы	Органич. кислоты	Амиды	Эфирные масла	Не опред. вещества
Хонгор-Уула	0,003	1,20E-05	5,75E-06	76,11	2,63	11,44	3,05	1,3	0,47	3,62	1,37
Марактинский	0,002	1,67E-05	9,68E-06	75	2,99	14,1	0,68	0	0	0	7,21

Несмотря на то, что оба рассматриваемых источника относятся к железистым, состав РОВ, как и химический состав в целом, определяются разными процессами [3]. Формирование химического состава вод бескислородно-бессульфидного типа (Хонгор-Уула) происходит в восстановительной обстановке, в нейтральных или слабощелочных условиях. Этот тип вод содержит в своем составе разнообразные органические вещества, которые образуются за счет биологического разложения растительного детрита и синтеза веществ в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. В составе РОВ присутствуют алканы с четным числом атомов углерода в цепочках, что указывает на их биогенное происхождение. Лечебный эффект этих вод может быть связан с воздействием на организм РОВ. В водах кислого типа определяющую роль в формировании химического состава задают процессы окислительного разрушения сульфидной минерализации. Кислая среда ограничивает воздействие биоты на разложение растительного детрита, поэтому растворенное органическое вещество, в основном, представлено низкомолекулярными соединениями. Лечебный эффект этих вод может быть связан с воздействием минеральных кислот и растворенных неорганических веществ.

Работа выполнена в рамках проекта ААА-А21-121011890033-1. Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока.

Литература

1. Борисенко И. М., Замана Л. В. Минеральные воды Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1978. 162 с.
2. Ходина В. А. Некоторые вопросы формирования и охраны железистых вод // Записки Горного института. 1980. № 80. С. 71–73.
3. Ukraintsev A. V., Plyusnin A. M., Chernyavskii M. K. Ferruginous Mineral Waters of Western Transbaikalia: Formation of Gas, Trace Elements, and Dissolved Organic Matter Composition // *Geochemistry International*. 2024. 62; 6: 659–673.
4. Worwood M., Evans W. D., Villis R. J., Burnett A. K. Iron absorption from a natural mineral water (Spatone Iron-Plus) // *Clinical Laboratory Haematology*. 1996. 18: 23–27.

МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ НА СВАЛКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Т. В. Чередова^{1,2}, Е. С. Зимин²

¹Геологический институт им. Н.Л. Дobreцова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
cheredova-tv@yandex.ru;

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Россия
evgenij.zimin.99@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрена миграция химических элементов в различных видах растений (травянистые, древесные, макромицеты), произрастающих на свалке промышленных отходов. Показано, что распределение макроэлементов в растениях разных видов носит схожий характер, распределение микроэлементов отличается. Максимальные содержания химических элементов (Be, Na, Al, P, S, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Y, Zr, Nb, Ag, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, U) были зафиксированы в грибах, что позволяет использовать макромицеты в качестве организмов-индикаторов на техногенно-нарушенных территориях.

Ключевые слова: свалки, отходы, растения, миграция, загрязнение.

MIGRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN PLANTS IN AN INDUSTRIAL WASTE LANDFILL

T. V. Cheredova^{1,2}, E. S. Zimin²

¹Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
cheredova-tv@yandex.ru;

²East Siberia State University of Technology and Management, Russia
evgenij.zimin.99@mail.ru

Abstract. The paper considers the chemical elements migration in various species of plants (herbaceous, woody, macromycetes) growing in an industrial waste landfill. It is shown that the distribution of macronutrients in plants of different species is similar; the distribution of trace elements is different. Maximum contents of chemical elements (Be, Na, Al, P, S, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Y, Zr, Nb, Ag, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, U) were recorded in fungi, which allows the use of macromycetes as indicator organisms in technogenically disturbed territories.

Keywords: landfills, waste, plants, migration, pollution.

При организации и проведении мониторинга окружающей среды в зоне влияния объектов захоронения отходов все большее внимание уделяется методам комплексной биоиндикторной оценки, позволяющим оценить общий уровень токсичности окружающей среды для живых организмов. В частности, на полигонах для размещения отходов широкое распространение получил метод аккумулятивной фитоиндикации [4]. Суть метода заключается в анализе показателей накопления поллютантов в органах растений. В качестве фитоиндикаторов на полигонах и свалках отходов выбирают растения, широко распространенные на территории зоны складирования отходов и за ее пределами: мать-и-мачеха (*Tussilago*), полынь (*Artemisia*), крапива (*Urtica dioica*), красавка (*Atropa belladonna*), лопух (*Arctium lappa*) и др. виды [4-6]. Растения индикаторы хорошо накапливают в надземной и подземной частях различные элементы, в частности, относящиеся к группе тяжелых металлов (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni и др.). Однако, использование фитоиндикации при мониторинге состояния окружающей среды на полигонах захоронения отходов имеет ряд недостатков. Физиологические особенности растений позволяют им использовать барьерные механизмы в отношении разных видов поллютантов, а разные виды растений обладают разной избирательной активностью по отношению к потенциально опасным элементам [3], что в совокупности вносит ряд затруднений при выборе подходящего растения-индикатора.

Целью настоящего исследования являлось изучение миграции потенциально-опасных химических элементов в растениях различных видов, произрастающих на объекте захоронения промышленных отходов.

Объектом исследования являлась свалка промышленных отходов, расположенная в местности падь Бабасанова Заиграевского района Республики Бурятия. Свалка эксплуатировалась в период с 1960 г по 1989 г, основными поставщиками отходов на свалку являлись промышленные предприятия г. Улан-Удэ. Площадь свалки составляла 10 га. В 1990 -1992 гг. свалка была рекультивирована посредством планировки поверхности и засыпки слоем грунта мощностью 0,6-1,0 м. В начале 2000-х годов тело свалки вскрыли с целью извлечения лома черных и цветных металлов, данные работы проводились с нарушением экологического законодательства, в связи с чем были прекращены к 2003 г. Вскрытое тело свалки было засыпано золошлаковыми отходами. В настоящее время свалка представляет собой техногенную насыпь площадью около 5 га с высотой накопленных отходов около 10 м. На свалке сформирован растительный покров, представленный многолетними сорными травами: полынь, крапива, марь белая и др., встречаются кустарники (ильм, облепиха). Морфологический состав захороненных отходов установить сложно, в связи с неоднократным перекапыванием тела свалки и наличия поверхностного слоя золошлаковых отходов. На некоторых участках свалки продолжается ее несанкционированное перекапывание местными жителями с целью извлечения цветного металла. Вокруг свалки вплотную размещены дачные хозяйства.

Для проведения эксперимента на свалке были отобраны надземные части растений разных видов: смесь травянистых растений (далее укос) – пырей ползучий (*Elytrigia repens*), марь белая (*Chenopodium album*), крапива коноплевая (*Urtica cannabina*), полынь пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia*); полынь вечная (*Artemisia scoparia*); древесные растения (лист) – ильм приземистый (*Ulmus pumila*); макромицеты – гриб шампиньон (*Agaricus*). Пробы растительного материала отбирались в летний период (август), промывались проточной водой, просушивались, измельчались и направлялись на дальнейшее исследование. Анализ элементного состава растений был проведен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ISP-MS) на масс-спектрометре «Agilent 7500 se» (США). Ошибки измерения оценивали с помощью показателя зависимости коэффициента вариации (RCD, %) от величины аналитического сигнала (N, имп/с), установленного экспериментально: $RSD\% = 125,71 \times N^{-0,33103}$, где N = 20 – 20 000 имп/с.

Распределение основных макроэлементов (по классификации Н.П. Битюцкого [1]) в составе растений разных видов не показало существенной разницы между растениями (рисунок 1а). Растения активно накапливают в своем составе биогенные калий и кальций, при этом укос характеризуется повышенным содержанием калия, поступление которого возможно, как из почвы, так и из атмосферных осадков, а древесные растения – повышенным содержанием кальция. Вместе с тем распределение микроэлементов в составе растений разных видов (рисунок 1б) наглядно показало разницу между травянистыми, древесными растениями и макромицетами. В грибах было зафиксировано максимальное содержание проанализированных элементов, превышающее аналогичные показатели для других видов растений на два и более порядка по следующим элементам: Be, Na, Al, P, S, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Y, Zr, Nb, Ag, Sb, Cs, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Pt, Au, Hg, Tl, Pb, U.

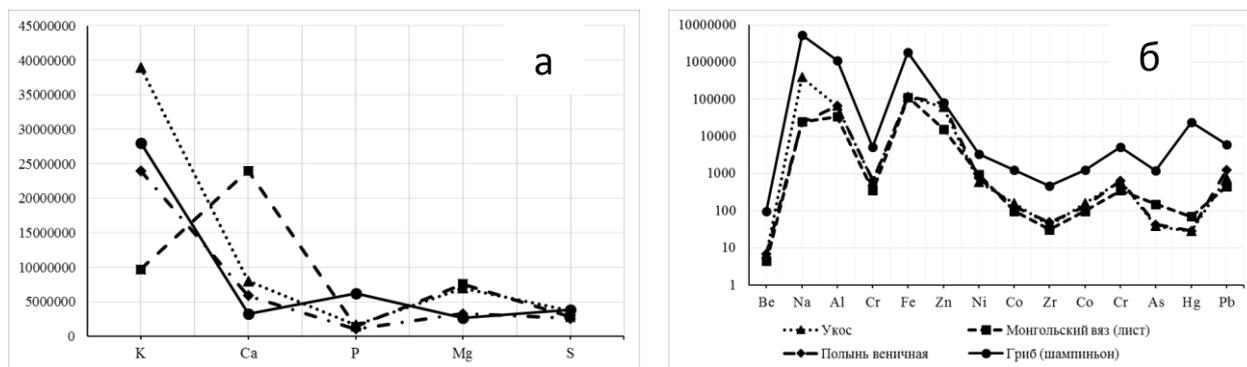


Рисунок 1 – Распределение макро-(а) и микро- (б) элементов (мкг/кг) в различных видах растений

Макромицеты в настоящее время активно изучаются многими учеными с точки зрения их использования в качестве индикаторов биомониторинга окружающей среды. Отличительной особенностью биологии макромицетов является накопление некоторых химических элементов, в частности, тяжелых металлов, плодовыми телами в концентрациях, значительно более высоких, чем в окружающей среде [2,7,8], что позволяет использовать их в качестве организмов-индикаторов на техногенно-нарушенных территориях. Единственным недостатком при использовании грибов для фитоиндикации на объектах захоронения отходов, является их слабая распространенность на теле свалок.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока.

Литература

1. Битюцкий Н. П. Минеральное питание растений: учебник. 2-е изд. Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. 540 с.
2. Горленко М. В. Грибы как источник пищевых белков // Микология и фитопатология. 1983. Т. 17, № 3. С. 117–181.
3. Ковалевский А. Л. Биогеохимия растений. Новосибирск: Наука, 1991. 294 с.
4. Куриленко В. В., Подплипский И. И., Осмоловская Н. Г. Эколого-геологическая и биогеохимическая оценка воздействия полигонов твердых отходов на состояние окружающей среды // Экология и промышленность России. 2012. ноябрь. С. 28–32.
5. Меженский В. Н. Растения-индикаторы. Москва: Изд-во АСТ; Донецк: Сталкер, 2004. 76 с.
6. Чередова Т. В., Дорошкевич С. Г. Химический состав растений полигонов бытовых отходов г. Улан-Удэ // Эволюция биосферы и техногенез: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Чита: Изд-во Ин-та природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, 2022. С. 343–346.
7. Byrne A. R., Tusek-Znidaric M. Studies of the uptake and binding of the trace metals in fungi, part I: accumulation and characterization of mercury and silver in the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus* // *Appl. Organometal. Chem.* 1990. 4: 43–48.
8. Byrne A. R., Tusek-Znidaric M., Puri B. K., Irgolic K. J. Studies of the uptake and binding of the trace metals in fungi, part II: arsenic compounds in *Laccaria amethystina* // *Organometal. Chem.* 1991. 5: 25-32.
9. Lepsova A., Mejstrik V. Accumulation of trace elements in the fruiting bodies of macrofungi in the Krusne Hory Mountains, Czechoslovakia // *Sci. Total Environ.* 1988. 76; 2/3: 117–118.

СОВРЕМЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НАЛЕДЕЙ В СЕВЕРНОЙ (РОССИЙСКОЙ) ЧАСТИ БАССЕЙНА р. СЕЛЕНГА

В. Н. Черных, Б. В. Содномов, М. А. Жарникова

Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия
geosibir@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты картографирования наледей, которое выполнено по данным космической съемки Landsat и Sentinel. Приводятся сведения об их распространении на территории северной (российской) части бассейна р. Селенга, количестве, размерах. В текущей природно-климатической обстановке здесь формируется до 15,5 тыс. наледей суммарной площадью 361,3 км². Большинство из них связано с выходом на поверхность грунтовых вод при сезонном промерзании горных пород (наледы подземных вод). Наледи образуются по южному варианту, характеризуются межгодовой изменчивостью площадей и объемов, а также расположения.

Ключевые слова: криогенные процессы, многолетняя мерзлота, наледы, р. Селенга, осадки, температура воздуха.

CURRENT DISTRIBUTION OF ICINGS IN THE NORTHERN (RUSSIAN) PART OF THE SELENGUE RIVER BASIN

V. N. Chernykh, B. V. Sodnomov, M. A. Zharnikova
Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia
geosibir@yandex.ru

Abstract. The results of icings mapping, which was carried out using Landsat and Sentinel satellite imagery data, are presented. Information is provided on their distribution in the northern (Russian) part of the Selenga river basin, the quantity, the size. In the current natural and climatic conditions, up to 15,5 thousand icings are formed here with a total area of 361,3 km². Most of them are associated with the release of groundwater to the surface during seasonal freezing of rocks (groundwater icings). Icings deposits are formed according to the southern variant and are characterized by interannual variability in area and volume, as well as location.

Keywords: cryogenic processes, permafrost, icings, Selenga river, precipitation, air temperature.

Комплекс природных особенностей северной (российской) части бассейна р. Селенга определяет условия для развития наледей. На данной территории они изучались при проектировании линейно-дорожных и иных инженерно-технических сооружений [1], как один из видов криогенных процессов в ходе комплексных экспедиций в 60-80-х годах XX века [2, 3], некоторые сведения приводятся в современных работах [4].

В настоящее время изучение наледей в России возобновилось после длительного перерыва (последнее совещание по наледам прошло в Институте географии РАН в 1989 г.). Основными направлениями современных исследований являются актуализация каталогов наледей для обширных районов с развитием многолетней мерзлоты, установление связи интенсивности развития наледей с климатическими изменениями, а также оценка их воздействия на инженерные сооружения. Для Забайкалья в целом и бассейна р. Селенга в частности, эти вопросы актуальны, так как карт распространение наледей на данной территории нет, а степень освоенности (особенно в Селенгинском среднегорье) как в промышленном, так и в сельскохозяйственном отношении сравнительно высокая, что не может не вносить коррективы в естественное протекание наледных процессов.

Изучение наледей невозможно без картографического обеспечения, поэтому целью работы, которая проводится в период с 2021 г. по настоящее время, является создание актуальных карт и каталогов наледей северной (российской) части бассейна р. Селенга. Сложность работы заключается в том, что наледы территории сравнительно небольшие (площадь до 1 км²), их образование происходит по южному варианту [1], т.е. они отличаются существенной про-

странственной динамикой, а также межгодовой изменчивостью площадей и объемов, которая зависит от метеорологических факторов.

При картографировании наледей использованы разновременные космические снимки Landsat 4-5, Landsat 8, Sentinel-2. Дешифрирование проводилось на основе анализа значений спектрального индекса NDSI [8] по технологии, описанной в работах [1, 7]. В горных районах бассейнов рек Хилок, Чикой и Джиды, широко применялась ручная оцифровка (экспертный метод дешифрирования [5]). В результате составлены современная (рис.1) и серия ретроспективных карт расположения наледей. Валидация полученных данных, а также оценка условий формирования наледей проводилась в ходе полевых экспедиционных исследований.

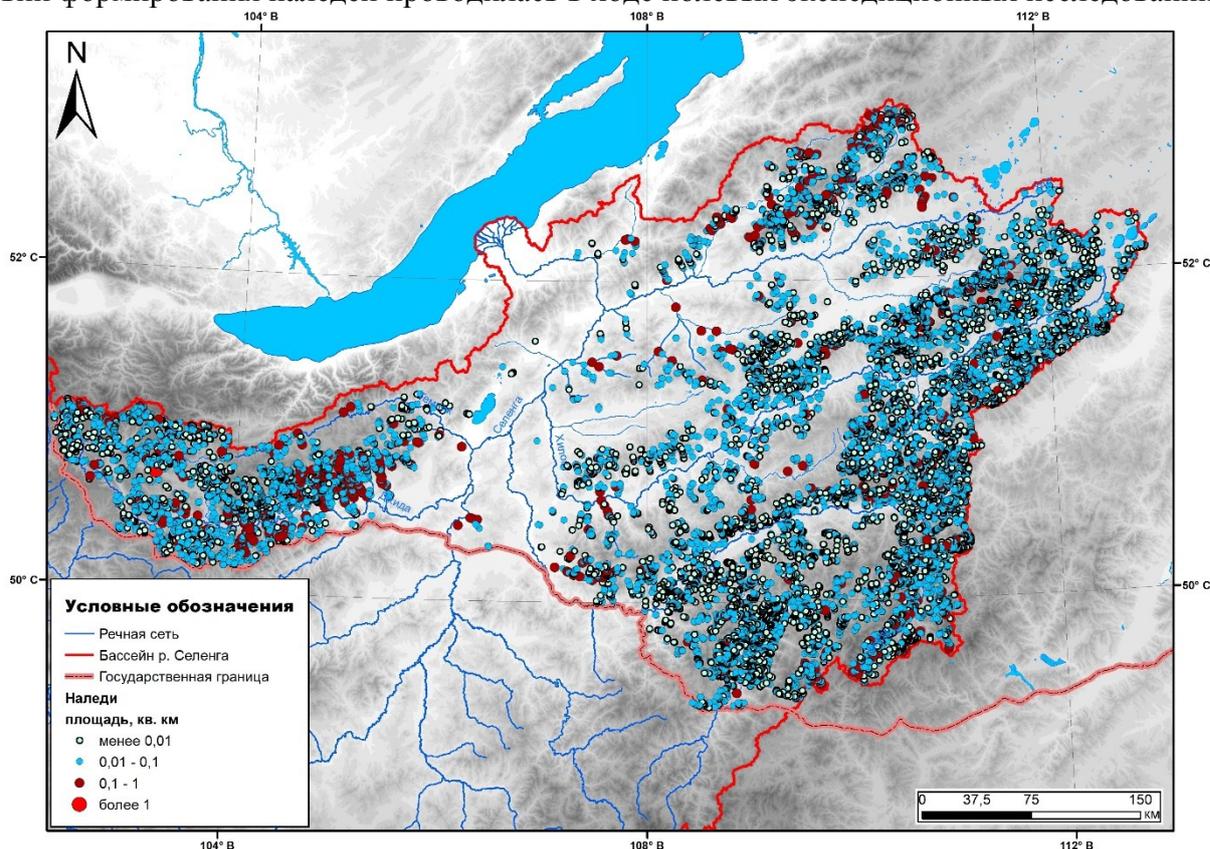


Рис.1. Карта расположения наледей в северной (российской) части бассейна р. Селенга

Установлено, что в пределах рассматриваемой территории формируется до 15,5 тыс. наледей суммарной площадью 361,3 км². Среди них преобладают средние и большие по площади (табл.1). Генезис большинства наледей связан с разгрузкой грунтовых вод при сезонном промерзании горных пород (наледи подземных вод, или грунтовые). Это, а также преимущественно островное и прерывистое распространение мерзлоты (около 70 % территории по [6]), сравнительно небольшая мощность слоя сезонного промерзания (1,4-2 м), определяет многочисленность наледей. Средняя относительная наледность территории составляет 0,22 %. В бассейнах рек Джиды и Чикой этот показатель достигает 0,34 %.

Таблица 1

Основные морфометрические характеристики наледей северной (российской) части бассейна р. Селенга

Класс	Интервалы площадей, км ²	Количество, шт.	Общая площадь, тыс. м ²
Средние	0,001-0,01	6219	23,04
Большие	0,01-0,1	8878	256,14
Очень большие	0,1-1	429	80,46
Гигантские	> 1	1	1,73

Интенсивность развития наледей подземных вод зависит от температуры воздуха, которая определяет время начала наледных процессов и глубину промерзания горных пород, площади и объемы - от количества осадков теплого сезона года, предшествующего периоду формирования наледей (ноябрь-март) [4], поэтому размеры их из года в год различаются. Так, на территории Селенгинского среднегорья в многоводные климатические циклы площади наледей в 1,5 – 2 раза больше, чем в маловодные. В горных хребтах (Джидинский, Малханский, Улан-Бургасы и др.), где наряду с грунтовыми водами в питании наледей определенную роль играют подземные воды глубокой циркуляции, межгодовая изменчивость менее выражена.

На динамику наледей в районах интенсивного хозяйственного освоения в северной (российской) части бассейна р. Селенга большое влияние оказывает антропогенная деятельность человека. Это выражается, прежде всего, в нарушении естественной циркуляции грунтовых вод, что приводит к увеличению интенсивности развития наледей, в т.ч. вблизи населенных пунктов и объектов инфраструктуры. Это вопрос требует детального изучения в связи с увеличением в последние годы темпов развития промышленного и сельскохозяйственного производства на территории Республик Бурятия и в Забайкальском крае.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 23-27-00402 «Наледи северной (российской) части бассейна р. Селенга»

Литература

1. Атлас гигантских наледей-тарынов Северо-востока России / В. Р. Алексеев, О. М. Макарьева, А. Н. Шихов и др. Новосибирск: Изд-во Ин-та мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 2022. 302 с.
2. Геокриология СССР: горные страны юга Сибири. Москва: Недра, 1989. Т. 3. 360 с.
3. Гидрогеология СССР. Т. XXII. Бурятская АССР / под ред. А. И. Ефимова. Москва: Недра, 1970. 432 с.
4. Шестернев Д. М., Верхотуров А. Г. Наледи Забайкалья. Чита: Изд-во ЧитГУ, 2006. 212 с.
5. Шихов А. Н., Герасимов А. П., Пономарчук А. И. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учебное пособие / Пермский государственный национально-исследовательский университет. Пермь, 2020. 192 с.
6. Brown J., Ferrians O., Heginbottom J., Melnikov E. Circum-Arctic Map of Permafrost and Ground-Ice Conditions, Version 2. Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. 2002. URL: <https://nsidc.org/data/ggd318>
7. Gagarin L., Wu Q., Cao W., Jiang G. Icings of the Kunlun Mountains on the Northern Margin of the Qinghai-Tibet Plateau, Western China: origins, hydrology and distribution // Water. 2022. 14: 2396.
8. Hall D. K., Riggs G. A., Salomonson V. V. Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data // Remote Sens. Environ. 1995. 54: 127–140.

ХОЛОДНЫЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ БУРЯТИИ

М. К. Чернявский

Геологический институт им. Н. Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ, Россия
mitchel1977@mail.ru

Аннотация. В материалах конференции представлена общая характеристика холодных минеральных вод Республики Бурятия. Они распространены в пределах Восточно-Саянской и Селенгино-Даурской гидроминеральных областей. Распространение углекислых вод связано с недавней вулканической деятельностью. Источники с высоким содержанием радона широко распространены в южной части Бурятии. Дана характеристика современного состояния и перспективы использования источника. Содержание радона в подземных водах определяется радиоактивностью пород и наличием открытых разломов.

Ключевые слова: минеральные источники, бальнеологический потенциал, углекислый газ, радон.

COLD MINERAL SPRINGS OF BURYATIA

M. K. Chernyavskii

Dobretsov Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia
mitchel1977@mail.ru

Abstract. The conference materials present a general description of the cold mineral waters of the Republic of Buryatia. They are distributed within the Eastern Sayan and Selengino-Daurian hydromineral regions. The spread of carbon dioxide waters is associated with recent volcanic activity. Sources with a high radon content are widespread in the southern part of Buryatia. The characteristic of the current state and prospects of using the source is given. The radon content in groundwater is determined by the radioactivity of rocks and the presence of open faults.

Keywords: mineral springs, balneological potential, carbon dioxide, radon.

Территория Бурятии богата различными природными минеральными водами, их разнообразие определяется сложным сочетанием геологических, гидрогеологических, геохимических и геотермических условий их формирования.

Классификация

По содержанию химических элементов и газов, физическим параметрам минеральные воды Байкальского региона подразделяются на следующие группы: углекислые (содержание CO_2 больше 0.5 г/дм^3); сероводородные (содержание H_2S больше 0.01 г/дм^3); радоновые (радиоактивность радона выше 35-50 эман); сульфатные; хлоридно-натриевые; щелочные (со значениями pH выше 8); термальные (с температурой выше $20 \text{ }^\circ\text{C}$). По типу минеральных вод Байкальский регион делится на четыре области: Восточно-Саянскую, Байкальскую, Селенгинскую и Даурскую [2] (иногда объединяют в область Селенгинская Даурия), которые включают азотные термы, холодные углекислые и радоновые воды.

Восточно-Саянская область распространения углекислых вод находится в пределах горной системы Восточного Саяна, обрамляющей с юго-запада Восточно-Сибирскую платформу и протягивающейся от левобережья р. Енисей в юго-восточном направлении до долины р. Дзун-Мурген, которую считают условной границей между Саянами и хребтом Хамар-Дабан. Обширная *Байкальская область* охватывает минеральные источники, расположенные в отрогах хребтов Баргузинский, Икатский, Улан-Бургасы, Хамар-Дабан и др. *Селенгинская и Даурская* область включает холодные углекислые и радоновые воды. Эти воды встречаются в Селенгинском среднегорье, отрогах хребтов Худанский, Цаган Хуртэй и Малханский, а также Витимского плоскогорья.

Среди большого разнообразия природных лечебных холодных вод наиболее популярными и имеющими огромное бальнеологическое значение являются углекислые трещинно-жилльные воды, которые повсеместно используются людьми, как для внутреннего, так и наружного применения. К углекислым водам, применяемым в бальнеологических целях, для

внутреннего употребления относятся воды с содержанием растворенной углекислоты не менее 0,5 г/л, а для наружного – не менее 1,4 г/л. [3].

Углекислые минеральные воды используются при лечении заболеваний печени, почек, желудочно-кишечного тракта и др. Ванны из углекислой воды помогают при лечении неврологических расстройств, проблем с костно-мышечной системой. С высоким содержанием железа связана их ценность при лечении анемии.

В Бурятии углекислые источники встречаются на Витимском плоскогорье (Еравнинский и Баунтовский р-ны РБ) и в Восточном Саяне (Окинский, Тункинский р-ны РБ).

Выходы углекислых вод связаны с открытыми глубинными разломами и вулканической деятельностью в недавнем геологическом прошлом, с выходами базальтовых лав.

Углекислый газ может поступать из мантии по глубинным разломам, появляться при метаморфизме карбонатов и окислительном разложении веществ органического происхождения.

Схема формирования: Поверхностные и грунтовые воды, попадая в зоны повышенной трещиноватости, зоны активных разломов, смешиваются с углекислотой, которая поднимается из глубинных слоев земной коры, меняют свой макро и микрокомпонентный состав за счет выщелачивания вмещающих пород. Часть вод опускается по разломам на небольшую глубину формируя холодные минеральные воды, часть вод проникает на большую глубину, где нагревается, согласно геотермическому градиенту 25°С/км и образуя углекислые термы.

Всего на территории Бурятии обнаружено около 30 минеральных холодных углекислых источников (в Витимском плоскогорье и Восточном Саяне). Часть вод погружаясь на глубину до 2км приобретают свойства термальных вод газифицирующихся углекислотой (например Аршан-Тункинский, Шумак, Жойган, Хойто-Гол и др.).

В пределах Витимского плоскогорья разгружается ряд углекислых низкодебитных источников: Погроминский, Хульский (Попереченский), Хурэтинский (Витлаус), Романовский, Шербакта. Это холодные минеральные источники с температурой 3-7 °С (за исключением Хурэтинского источника, с температурой 18-20 °С), с сильногазированной водой с высоким содержанием углекислоты, гидрокарбонатные, с рН от 5 до 6,5. Эти источники находятся в труднодоступных местах и используются крайне ограничено только местными жителями..

В Восточном Саяне находится много холодных углекислых минеральных источников. Это источники Сарикта, Тиссинский (долина р. Тисса), Красные Камни, Шутхулай (долина р. Синца).

Эти источники иногда посещаются местными жителями, хотя они и находятся труднодоступной местности. Вода источников используется в основном для внутреннего применения.

На нашей территории имеется несколько холодных железистых источников, представляющих бальнеологическую ценность. Железистыми являются воды с содержанием железа не менее 20 мг/л. Минеральные воды данного района обогащаются железом в результате окисления сульфидов (источники Дабан-Горхон, Маректинский, Хонгор-Уулла). Это холодные источники с температурой 0,4-5 °С и высоким содержанием железа, до 53мг/дм³. Эти воды так же используются в бальнеологических целях крайне ограниченно.

На территории Бурятии, в пределах Селенгинского района холодных радоновых вод и на прилегающей территории, в бассейнах рек Джиды, Темника, Уды и др. обнаружены многочисленные естественные выходы холодных подземных вод с содержанием радона более 50 эман. Большинство радоновых источников, характеризуется повышенным содержанием радиоактивных элементов. В разрывных нарушениях, возникших в кайнозое (в Восточном Саяне и Прибайкалье), радоновые воды, как правило, не встречаются [1].

Содержание радона в воде зависит от радиоактивности пород, в верхней части земной коры, наличием открытых разломов, по которым происходит движение газ. Почти все холодные радоновые источники характеризуются невысокой минерализацией (до 0,5 г/л), низкой температурой и дебитом до 3 л/сек., хотя дебит скважин может быть до 30 л/сек.

Радиоактивность пород обуславливает фоновое содержание радона в подземных источниках. Содержание радона в одном и том же источнике в течении года может меняться не-

сколько раз. Это зависит от ряда климатических факторов (температура воздуха, разбавление атмосферными осадками, промерзание грунта, препятствующее свободному выходу радона, что приводит к его вынужденному накоплению и росту концентрации в подземных водах, которые транспортируют радиоактивный газ к поверхности по разломам [4].

Вывод: Холодные минеральные источники могут использоваться для лечения широкого круга заболеваний, для бутилированного розлива воды.

Все они памятники природы и ценные объекты природного наследия. Для их оптимального природопользования необходимо проведение работ по оконтуриванию месторождений, уточнению запасов вод и т.д. Большинство источников находится в труднодоступных удаленных районах что затрудняет их исследование. При освоении минеральных вод основную роль играют природные факторы окружающей среды (условия разгрузки) и степень доступности для людей (инфраструктура, наличие и состояние дорог).

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 «Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока».

Литература

1. Байкал: природа и люди: энциклопедический справочник / Байкальский институт природопользования СО РАН ; [отв. ред. чл.-корр. А. К. Тулохонов]. Улан-Удэ : ЭКОС; Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 608 с.
2. Борисенко И. М., Замана Л. В. Минеральные воды Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1978. 163 с.
3. Геохимическая деятельность микроорганизмов гидротерм Байкальской рифтовой зоны / Б. Б. Намсараев, Э. В. Бархутова, Э. В. Данилова и др. Новосибирск: Гео, 2011. 302 с.
4. Семинский К. Ж., Семинский А. К. Радон в подземных водах Прибайкалья и Забайкалья: пространственно-временные вариации // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7, № 3. С. 477–493.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АНАБАРСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ

Е. И. Чукова¹, С. А. Константинов², Г. Д. Ухлоva³

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия
chukova@vnigni.ru

² Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия
s_konstantinov@vnigni.ru,

³ Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт, Москва, Россия
ukhlova@vnigni.ru

Аннотация. Рассматриваются перспективы нефтегазоносности юго-восточной части Анабарской антеклизы. Была проанализирована Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация, выделенная на большей части Анабарской антеклизы и являющаяся одним из важных источников для наращивания минерально-сырьевой базы, которая в данный момент находится в окне генерации углеводородов в изучаемой части антеклизы. Дана краткая характеристика битумопроявлений восточной части Сибирской платформы. Также были проанализированы соседние территории (Преверхоянский прогиб и Вилуйская гемисениклиза), так как предполагается что была возможна латеральная и литеральная миграция с последующим накоплением на юго-востоке Анабарской нефтегазоносной области.

Ключевые слова: Анабарская антеклиза, куонамский комплекс, нефтематеринские отложения

PROSPECTS FOR OIL AND GAS POTENTIAL OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE ANABAR ANTECLISE

E. I. Chukova¹, S. A. Konstantinov², G. D. Uhlova³

¹ All-Russian Scientific Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia
chukova@vnigni.ru

² All-Russian Scientific Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia
s_konstantinov@vnigni.ru

³ All-Russian Scientific Research Geological Oil Institute, Moscow, Russia
ukhlova@vnigni.ru

Abstract. The paper considers the oil and gas potential of the south-eastern part of the Anabar antecline. The Kuonam bituminous carbonate-shale formation distinguished in most of the Anabar antecline and one of the important sources for the growth of the mineral resource base which is currently in the hydrocarbon generation window in the studied part of the antecline. There is a characteristic of bitumen occurrences of east part of the Siberian platform. Additionally, neighboring territories (the Pre-Verkhoyansk depression and the Vilyui hemisyncline) were analyzed, as it is assumed that lateral and literal migration may have occurred, followed by accumulation in the southeast of the Anabar oil and gas-bearing region.

Keywords: Anabar antecline, Kuonam formation, source rock

Для оценки перспектив нефтегазоносности слабо исследованных осадочных бассейнов на региональном этапе учитываются прямые признаки присутствия нефти и природного битума на поверхности, или наличие в бассейне высокоуглеродистых и битуминозных осадочных образований, которые могут рассматриваться как нефтематеринские по своим параметрам. Один из важных источников для наращивания минерально-сырьевой базы – высокоуглеродистые осадки доманикового типа (основной источник генерации углеводородов с широким распространением на востоке Сибирской платформы), аналог для Восточной Сибири – куонамская битуминозно карбонатно-сланцевая формация, включающая отложения одноименной, иниканской и шумнинской свит [1, 2].

Предметом изучения стали отложения на восточном склоне Анабарской антеклизы, вскрытые бурением в бассейне реки Кюленке. Осадочный чехол верхнепротерозойско-кембрийского возраста здесь состоит из терригенно-карбонатных пород, которые перекрываются отложениями четвертичного возраста [3]. Эти породы представляют интерес за счет

высокого содержания органического вещества (достигающим восемнадцати процентов), в разрезе осадочного чехла, приуроченного к фанерозою. Глинистое вещество, кремнезем, карбонатный материал и органическое вещество – это основные породообразующие составные части куонамской формации. Куонамская свита в изученных разрезах располагается на глинисто-известковых отложениях эмяксинской свиты и маркируется выдержанными строением и мощностью (усредненно 30-40 м). Наибольшее содержание органического вещества наблюдается в разрезах, сформировавшихся при условиях максимальной некомпенсации осадконакопления, которые имеют минимальную мощность и с средним содержанием 4-5% органического углерода на породу.

Все проявления битумов на Сибирской платформе – это либо месторождения нефти, приуроченные к неантиклинальным ловушкам (в случае терригенных коллекторов) и вскрытые современным эрозионным срезом, либо зоны фронтального селективного насыщения карбонатных пород с ярко выраженной вторичной пористостью (битумные поля). В пределах Анабарской нефтегазоносной области на северо-востоке Анабарской антеклизы в районе Мунского поднятия располагаются Верхне-Мунско-Моторчунское битумное поле и Верхнечемединское скопление.

Верхне-Мунско-Моторчунское битумное поле расположено к востоку от Верхнечемединского поля на региональном погружении мезозойских отложений к приосевой части Предверхоаянского прогиба. В районе рек Муна и Моторчуна наблюдается последовательное налегание юрских отложений на верхне- и среднекембрийские породы. Колонковая скважина 65 полностью вскрыла юрские отложения, а на глубине 544 м битуминозные доломиты и известняки, вероятно относящиеся к палеозою. Колонковая скважина 42 также вскрыла низы юры и, предположительно, отложения верхнего протерозоя.

Верхнечемединское битумное поле (месторождение с размерами оконтуренной залежи в длину 3,2 км и 0,3 км в ширину, со средней мощностью битумонасыщенных пластов 1,5 м), располагается на юго-западном склоне Мунского сводового поднятия. С нижнеюрскими песчаникам, трансгрессивно залегающими на эрозионной поверхности среднекембрийских известняков, связана залежь асфальтов и асфальтитов. Концентрация битума достигает 20%. Прогнозные ресурсы в пределах месторождения составляют 875 млн. т. [7].

Для полного понимания картины возможности присутствия УВ на рассматриваемой части антеклизы, необходимо учесть и соседние территории. Толщины перспективных верхнепалеозойских и мезозойских отложений Предверхоаянского прогиба варьируются от 2-3 км на приплатформенном крыле и до 6-7 км на востоке. Структура прогиба и возможное упрощение дислокации с глубиной позволяют предположить наличие мощных пологих толщ, скрытых под надвиговыми покровами на глубине шести - семи километров. Определенные перспективы связаны с верхнепротерозойским и среднепалеозойским интервалом разреза. Кристаллический фундамент и основные стратифицированные толщи наклонены под малым углом на восток, что делает вероятным активное развитие процессов латеральной миграции углеводородов в западном направлении с последующей миграцией в вышележащие слои. Одним из индикаторов такой миграции могут служить данные о гидрогеохимических аномалиях, обнаруженных в пределах Предверхоаянского прогиба [6].

Основной этап генерации в породах куонамского комплекса на территории Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции начался в позднекембрийское время и до сих пор продолжается в пределах Бахынайской, Южно-Сагытайской, Северо-Линденской, Нижнетюкянской, Уданской, Байской, Бес-Кюельской и Андреевской площадей, где преобразованность органического вещества куонамской свиты и ее стратиграфических аналогов соответствует стадиям мезокатагенеза. В окраинных частях Лено-Вилюйской нефтегазоносной области коэффициент преобразованности керогена органического вещества куонамских отложений изменяется в широком диапазоне – от 5 % до 95 %. В настоящее время наибольшим нефтегазогенерационным потенциалом характеризуются Бахынайская и Северо-Линденская площади, расположенные на севере Лено-Вилюйской нефтегазоносной провинции.

Низкие пластовые температуры для потенциальных залежей углеводородов ожидаются на территории Суханского бассейна также, вероятно, аномально низкие пластовые давления, которые могут быть связаны с толщиной многолетней мерзлоты. О высоком потенциале для поиска нефтяных месторождений свидетельствуют как наличие на восточном и западном склоне Суханского осадочного бассейна крупных аккумуляций природных битумов, так и на его южной границе нефтепроявления в некоторых кимберлитовых трубках. Однако отдельные залежи природных битумов и/или нефти, генетически связанные с куонамским высокоуглеродистым комплексом (свитой), пока не обнаружены, но «внутриформационные» проявления вязкой нефти, твердых битумов и аллохтонных битумоидов в разрезах самого комплекса могут стать убедительным основанием для поисков «сланцевой» нефти на значительной территории Суханского осадочного бассейна [4]. Уровень катагенетического преобразования рассеянного органического вещества куонамской толщи определяется как МК₁-МК₃.

Произведенный анализ литературы, где производится оценка насыщения разрезов нефтью с различной степенью окисленности и распространения, и указывает на возможность сочетания латеральной и вертикальной миграции углеводородов. Латерально переток углеводородов происходил из зон их генерации по терригенным горизонтам, в то время как карбонатные породы насыщались нефтью благодаря вертикальной миграции в пропластки, где развита вторичная пористость и трещиноватость [7]. Трансформация органического вещества куонамской свиты и ее возрастных аналогов в настоящее время соответствует стадиям мезокатагенеза, что предполагает наличие процессов генерации углеводородов [5]. Близость к территориям с высоким нефтегазогенерационным потенциалом, где продолжают процессы образования углеводородов, и предполагаемая миграция со стороны Предверхоанского прогиба, позволяют рассматривать эту территорию как перспективную. Кроме того, углеводороды, образованные куонамским комплексом, вполне могли бы сформировать аккумуляции в выше залегающих отложениях палеозоя и мезозоя.

Литература

1. Анциферов А. С., Бакин В. Е., Варламов И. П. Геология нефти и газа Сибирской платформы. Москва: Недра, 1981. 552 с.
2. Бахтуров С. Ф., Евтушенко В. М., Переладов В. С. Куонамская битуминозная карбонатносланцевая формация. Новосибирск: Наука, 1988. 160 с.
3. Вараксина И. В. Строение, состав и обстановки формирования куонамской свиты восточной окраины Анабарской нефтегазоносной области // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. № 1.
4. Прямые признаки нефтегазоносности и нефтематеринские отложения Суханского осадочного бассейна Сибирской платформы / В. А. Каширцев, Т. М. Парфенова, С. А. Моисеев и др. // Геология и геофизика. 2019. Т. 60, № 10. С. 1472–1487.
5. Космачева А. Ю., Федорович М. О. Куонамский комплекс как новое направление по наращиванию минерально-сырьевой базы углеводородов на территории Лено-Вилуйской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовое дело. 2021. Т. 19, № 3. С. 28–35.
6. Мигурский Ф. А., Якупова Е. М. Обоснование региональных исследований нефтегазоносности Предверхоанского перикратонного прогиба // Геология нефти и газа. 2017. № 3.
7. Сафронов А. Ф. Природные битумы восточной части Сибирской платформы – потенциальный объект добычи углеводородного сырья // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2013. № 3(71).

ЛИНЕАМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ДИСТАНЦИОННОЙ ОСНОВЫ В PYLEFA ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА КАРЛИНСКОГО ТИПА

С. Л. Шевырев

Дальневосточный геологический институт (ДВГИ ДВО РАН), Владивосток, Россия
shevirev@mail.ru

Аннотация. Локализация месторождений золота Карлинского типа (МЗКТ) в пределах перспективных районов и зон представляется нетривиальной задачей с учетом их приуроченности к определенным геодинамическим обстановкам и глубинным зонам земной коры и верхней мантии. Для открытия МЗКТ на территории Сибири и Дальнего Востока России ключевой задачей является изучение геолого-структурных особенностей локализации объектов на площадях, имеющих более длительную историю изучения, выполнимой при использовании современных методов дешифрирования космических изображений поверхности и машинного обучения. Наблюдаемые линейные элементы, рассматриваемые как поля трещиноватости, являются основой прогноза МЗКТ даже при отсутствии обнаженных магматических очагов, возможных источников рудного вещества в срезе дневной поверхности. Распознавание линеаментов (линейных элементов) дистанционного изображения для количественного описания проницаемости территории рудоносными магмами и флюидами, выполняется методами машинного зрения, а оценка неоднородности – распределения параметров посредством неконтролируемого обучения и классификации. Результат может быть перенесен на перспективные для обнаружения МЗКТ территории.

Ключевые слова: карлинский тип месторождений, линеаменты, геоинформатика, распознавание образов, машинное обучение.

LINEAMENT ANALYSIS OF REMOTE IMAGES IN PYLEFA FOR DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL FOUNDATION FOR PROSPECTIVITY OF THE CARLIN-TYPE GOLD DEPOSITS

S. L. Shevirev

Far East Geological Institute (FEGI FEB RAS), Vladivostok, Russia,
shevirev@mail.ru

Abstract. Discovery of Carlin-type deposits within prospective districts and zones is complicated task due to their locations associated with distinct Geodynamic conditions and deep-seated zones of crust and upper mantle. In order to discover Carlin-type deposits within Siberia and Russian Far East preliminary study of structural and geological peculiarities of such objects within areas of longer period of study is the primary objective. Up-to-date space imagery recognition technologies and machine learning methods could facilitate performing of these tasks. Detected linear objects considered as fracture fields could be used as the key criteria for Carlin-type prospectivity mapping even without exposing of magma chambers as the favorable sources of ore mineralization in relief surface. Detecting of lineaments (linear elements) of the satellite images for quantitative description of area permeability with ore-bearing magmas and fluids could be completed with computer vision and machine learning, when assessment of regularities in spatial distribution of predictor variables achieved by unsupervised learning and classification. Result of these studies could be transferred to another areas that are prospective for Carlin-type gold deposits.

Keywords: Carlin-type gold deposits, lineaments, geoinformatics, image recognition, machine learning.

Карлинский тип месторождений золота в геологическом отношении представляет собой минерализации в крупных измененных метасоматических телах среди карбонатных пород, располагающие значительными запасами и ресурсами золота. Типичные для Невадийской металлогенической провинции (США), эти объекты также известны для Верхоянской (Россия) и Южно-Китайской (КНР) металлогенических провинций [2,3,5,6]. МЗКТ формируют узлы или линейные группы (тренды), отмечается, что небольшие по площади районы могут иметь значительные ресурсы на глубине [6]. Месторождения сверхкрупного района Карлин (Невада) характеризуются запасами более чем в 6000 т и этот район поставляет 9% от мировой добычи [4, 6].

Современными исследователями указывается, что источник вещества для формирования МЗКТ – глубинный [1,4,6], причем ими подчеркивается, что ключевым является совмещение трех факторов: наличие обогащенной Au мантийной зоны, аккреционного орогена с сутурными (шовными) зонами, проникающими в фундамент, восходящий флюидный поток из под- и надслэбной астеносферы вдоль разломных структур и зон растяжения [3].

Для оценки локального распределения параметров коровой проницаемости, и, как следствие, относительной перспективности территории, нами использованы данные миссии Landsat 9, их обработка осуществлялась в авторском программном обеспечении *pyLEFA 0.61a* (*Lineament Extraction and Fracture Analysis*) [8], в основе алгоритмов которого лежит технология распознавания, основанная на вероятностном преобразовании Хафа [7]. *pyLEFA* написана на языке программирования *Python* и имеет графический пользовательский интерфейс (рис. 1), являясь кроссплатформенной.



Рис. 1. Графический интерфейс *pyLEFA 0.61a* с вынесением назначения элементов

Программа способна читать растровые изображения с геопривязкой и работает с объектами в метровой системе координат проекции Меркатора. Также поддерживаются векторные *shape*-файлы различной топологии. В программе можно настраивать параметры преобразования Хафа для детектирования, которые также можно сохранять в файловой системе космьютера. Выявленные линейные элементы обоих порядков сохраняются в файлы с геопривязкой формата *ESRI shape (*.shp)*, а также могут быть открыты в *pyLEFA*. В качестве подложки для демонстрации линий выступает слой, на основе которого они были сгенерированы, если он был указан (рис. 2). Сопоставление помогает оценить паттерн расположения линеаментов и сопоставить их с рудными объектами.

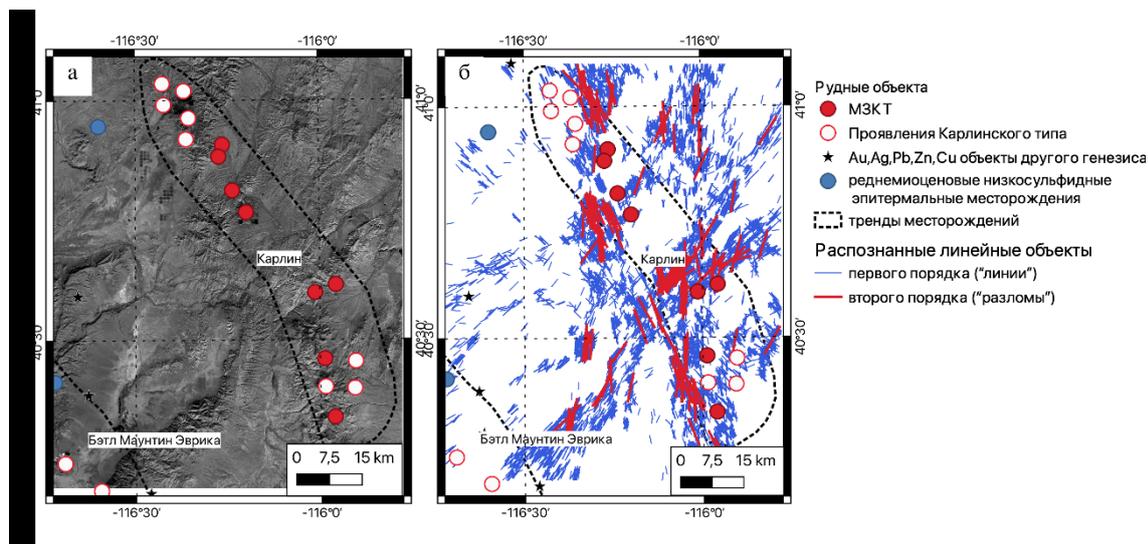


Рис. 2. Космический снимок *Landsat 9 OLI* (канал 7, путь 041, ряд 032), дата съемки 09.11.2023 (а) и схема его дешифрования в *ruLEFA 0.61a* (б)

Интересной прикладной возможностью программы является упоминавшейся уже сбор данных плотности и фрактальной размерности Минковского загруженных в программу или сгенерированных ей векторных слоев линейных объектов, также плотности распределения точечных значений с выводом таблицы данных в формате *csv* (текст с разделителями-запятыми). Эта таблица данных может быть использована для машинного обучения, поиска и оценки закономерности распределения данных.

Литература

1. Christopher D. Henry, David A. John, Robert W. Leonardson, William C. McIntosh, Matthew T. Heizler, Joseph P. Colgan, Kathryn E. Watts; Timing of Rhyolite Intrusion and Carlin-Type Gold Mineralization at the Cortez Hills Carlin-Type Deposit, Nevada, USA. *Economic Geology*. 2023; 118(1): 57–91. doi: <https://doi.org/10.5382/econgeo.4976>
2. Hofstra A. H., Cline J. S., 2000. Gold in 2000. Paper 5: Characteristics and models for Carlin-type gold deposits. *Rev Econ Geol* 13: 163–220.
3. Khomich, V. G., Boriskina, N. G., 2021. Eventual solution to the problems of gold ore trends localization in the Carlin province (Nevada, USA) // *International Journal of Earth Sciences*. 110:2043–2055. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02056-2>
4. Muntean J. L., Cline J. S., Simon A. C., Longo A. A. (2011) Magmatic hydrothermal origin of Nevada's Carlin-type gold deposits. *Nature Geos.* (4): 122-127
5. Волков А. В., Галямов А. Л., 2020. Геофизическая модель земной коры, геодинамические обстановки и перспективы открытия месторождений золота карлинского типа в арктической зоне республики Саха (Якутия) // *Арктика: экология и экономика*. 2020. № 1(37). С. 82–94.
6. Волков А. В., Сидоров А. А. Геолого-генетическая модель месторождений золота Карлинского типа // *Литосфера*. 2016. № 6. С. 145-165. <https://www.lithosphere.ru/jour/article/view/60>
7. Ершов Е. И. Быстрое преобразование Хафа как инструмент анализа двумерных и трехмерных изображений в задачах поиска прямых и линейной кластеризации: специальность 05.13.17 «Теоретические основы информатики»: диссертация на соискание кандидата физико-математических наук / ИППИ РАН. Москва, 2018. 118 с.
8. Шевырев С. Л. Официальный сайт программы // *Lineament Extraction and Fracture Analysis*. URL: <http://lefa.geologov.net/download-2/pylefa> (дата обращения: 18.05.2024).

ФАКТОРЫ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТО-МЕДНО-МОЛИБДЕН ПОРФИРОВОЙ ФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ШАХТАМИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Г. А. Юргенсон, Р. В. Груздев

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия
yurgga@mail.ru

Аннотация. Выполнено изучение особенностей Шахтаминского месторождения молибдена как объекта золото-медно-молибден-порфировой формации и с использованием новейших данных о геодинамических условиях локализации, минеральном составе рудных тел, метасоматической и геохимической зональности рудного поля определены факторы и критерии прогноза и поисков месторождений этого формационного типа.

Ключевые слова: золото-медно-молибден-порфировая формация, факторы и критерии прогноза, зональность, геохимические аномалии, Шахтаминское месторождение.

FACTORS AND CRITERIA FOR FORECASTING AND SEARCHING FOR GOLD-COPPER-MOLYBDENUM PORPHYRY FORMATION DEPOSITS BY THE EXAMPLE OF THE SHAKHTAMINSKY ORE DISTRICT (EASTERN TRANSBAIKALIA)

G. A. Yurgenson, R. V. Gryzdev

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, SB RAS, Chita, Russia
yurgga@mail.ru

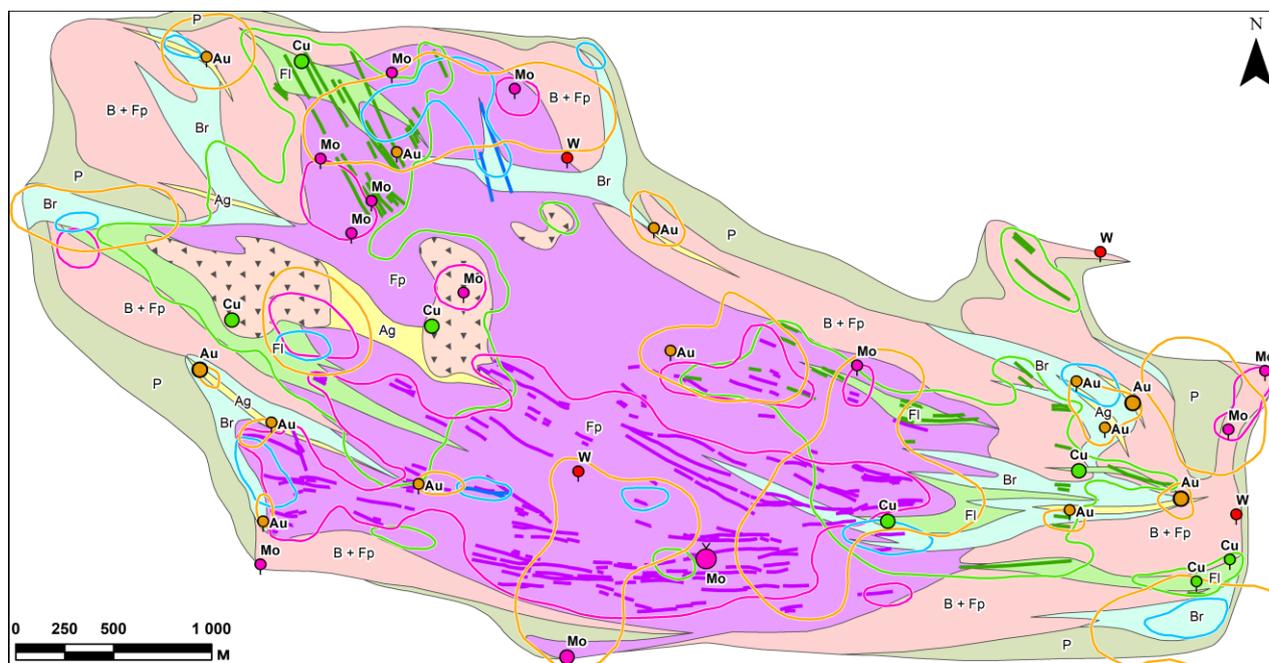
Abstract. A study of the features of the Shakhtama molybdenum deposit as an object of the gold-copper-molybdenum-porphyry formation was carried out and, using the latest data on the geodynamic conditions of localization, the mineral composition of ore bodies, the metasomatic and geochemical zoning of the ore field, the factors and criteria for the forecast and search for deposits of this formation type were determined.

Keywords: Gold-copper-molybdenum-porphyry formation, factors and forecast criteria, zoning, geochemical anomalies, Shakhtama deposit.

Проблема прогноза и поисков месторождений медно-молибден -порфировой формации актуализируется в связи с их комплексностью и совершенствованием технологий переработки их руд с целью извлечения не только основных, но попутных компонентов. Одним из важных таких объектов является Шахтаминское рудное поле, в пределах которого находится одноименное месторождение, молибденит-кварцевые жилы которого отработаны с целью извлечения только молибденита с 1941 по 1993 год., а штокверки, известные во время эксплуатации месторождения, остались нетронутыми. Руды месторождения содержали также Cu, Ag, Au, Bi, Re, Pb и Zn. В результате бурения скважин предприятием «Востокгеология» в пределах развития интрузивных горных пород шахтаминского комплекса, вмещающих рудные жил и пространственно связанные с ними дорудные, внутрирудные и пострудные дайки, а также тела экспозивных брекчий, получены новые данные о распространённости золото-медно-молибденового оруденения и его зональности, вследствие чего существенно расширилась площадь развития оруденения (рисунок).

Основными факторами проявления указанного оруденения являются: 1) геотектоническая позиция, характеризующаяся развитием интрузивно-вулканогенных поясов орогенной стадии развития геосинклинальных систем, в связи с коллизионными процессами, сопровождаемыми постколлизионным рифтингом; 2) сложная геодинамическая обстановка, сочетающая коллизию континентов при закрытии Монголо-Охотского океана и влияние мантийного плюма на литосферу Центрально-Азиатского орогенного пояса, проявленная в образовании слабо эродированного многофазного зонального Шахтаминского массива ($J_{2-3}\dot{S}$), прорывающего гранитоидный батолит ундинского комплекса Р – Т₁ возраста, сформировавшийся в связи с субдукцией литосферной плиты Монголо-Охотского океана под Монголо-Китайский

континент [4]; 3) развитие штоков и даек гранодиорит-порфиров, кварцевых монзонит-порфиров, гранит-порфиров, вулканических (жерл вулканических аппаратов, трубообразных тел взрывных брекчий, экструзий) образований и пространственная связь с ними оруденения; 4) системы тектонических структур, вмещающих дайковый комплекс, зоны окolorудных изменений и рудоносных жил, в частности, Шахтамино-Золинская тектоническая зона, трассирующаяся дайками, рудоносными жилами участками штокверкового оруденения; 5) широкое развитие зональных тел окolorудноизмененных горных пород (калишпатитов, филлизитов, березитов, пропилитов и аргиллизитов).



Условные обозначения

Гидротермальные изменения пород:

- зона калишпатитов с молибденитом:
 $Q + Fsp + Mo \uparrow C \uparrow$
- зона биотитовых калишпатитов с халькопиритом и молибденитом:
 $Bt + Fsp + Cr + Mo \uparrow C \rightarrow$
- зона филлизитов с пиритом и халькопиритом:
 $Q + Clt + Se + Cb + Py + Cr, Au \uparrow C \downarrow$
- зона березитов с пиритом, сфалеритом и галенитом:
 $Q + Py + Se + Cb + Spl, Gn + Au \uparrow C \downarrow$
- зона пропилитов:
 $Clt + Ep + Ab + Cb + Py \uparrow C \downarrow$
- зона аргиллизитов:
 $Kaol + HMс, Au \uparrow C \downarrow$
- Эксплозивно-гидротермальные брекчии

Рудные жилы и жиллообразные зоны (по Бородиной Л.И., 1982-1986 гг.)

- Молибденит-кварцевые жилы
- Жиллообразные зоны с молибденитовой и полиметаллической минерализацией
- Жиллообразные зоны с молибденитовой и халькопиритовой минерализацией

Полезные ископаемые (по Яковлеву В.Л., 1992 г.)

- месторождения: молибдена ●
- проявления: молибдена ●, меди ●, золота ●
- пункты минерализации: молибдена ●, меди ●, золота ●, вольфрама ●

Литогеохимические ореолы (по Баранову А.В. 2015-2018 гг.)

- Молибден
- Медь
- Свинец, цинк
- Золото

Основными критериями развития золото-медно-молибден-порфирового оруденения являются: 1) площадное развитие калишпатизации магматических горных пород (зон калишпатитов и биотитовых калишпатитов с молибденитом и халькопиритом) с одновременным возрастанием в них доли слюд по сравнению с амфиболами с образованием биотит-кварц-калишпатитовых метасоматитов, содержащих молибденит, шеелит, флюорит, развитие в пределах этой зоны широкой геохимической аномалии молибдена с отдельными фрагментами аномалий золота, меди, свинца и цинка зонами (рисунок), а также проявления прожилково-вкрапленной минерализации молибдена, меди, золота, свинца и цинка; 2) развитие по периферии площади биотитовых калишпатитов, частью непосредственно в ней, в тектонически нарушенных её частях, продольных, реже, иной формы, зоны филлизитов, где биотит сменяется мелкочешуйчатым мусковитом-серицитом и хлоритом, с образованием примеси карбонатов и альбита в связи с замещением ими плагиоклазов, в которых наблюдается золото-пирит-халькопиритовая ассоциация и геохимические аномалии меди и золота; 3) приурочен-

ность к различной формы зонам березитизации и пропилитизации, связанными с золото-медными и золото-свинцово-цинковым оруденением, геохимических аномалий этих элементов; 4) зоны аргиллизации, указывающие на наличие не только краевых частей участков медно-молибден-полиметаллической минерализации, но и оруденения малоглубинной золото-серебряной формации, которая уже известна в юго-восточной части рудного поля [3].

Важным критерием оруденения именно медно-молибден-порфировой формации является четкое сочетание метасоматической, геохимической и минеральной зональности с проявлением зон эксплозивных брекчий с участием в их цементе ранней молибденит-пирит-кварцевой минерализации, а также зональности околорудных изменений.

Но в отличие от типичных месторождений порфировой формации [2], где четко проявлены сверху вниз и от периферии к центру: аргиллизация, серицитизация (филлизиты), калишпатизация, биотитизация, кварцевое ядро), в пределах Шахтаминского рудного поля эта зональность, проявленная в принципе, не обладает чёткой симметричностью. На современном уровне эрозионного среза не проявлено кварцевое ядро. Её особенностью является расположение зон эксплозивно-гидротермальных брекчий не в центре рудного поля, а запад-северо-западной его части, где они пространственно совмещены с третьей, рудоносной фазой Шахтаминского массива, сложенной гранит-порфирами, гранодиорит-порфирами, диоритовыми порфиритами, к которой приурочены проявления молибдена, меди, а также аномалии молибдена, меди и золота. Эта особенность свидетельствует о возможном нахождении именно здесь на глубине типичного золото-медно-молибденового оруденения порфировой формации. Другой особенностью рудного поля является развитие на юго-восточном фланге проявлений меди, золота, сопровождающиеся их геохимическими аномалиями, зонами березитизации, припилитизации и аргиллизации. Эта часть рудного поля наименее эродирована.

Указанные особенности Шахтаминского рудного поля рекомендуется учитывать в процессе прогноза и поисках месторождений рассматриваемой формации.

Детальное изучение строения, вертикальной зональности отработанных к настоящему времени промышленных молибденит-кварцевых жил Шахтаминского месторождения, их минералогии [1,4] показало, что выходящая на современную дневную поверхность и отработанная его часть характеризует его как относительно малоглубинное, имеющее существенные перспективы продолжения оруденения на глубину. Это прежде всего относится к его флангам на северо-западе и юго-востоке. При этом эти верхние части рудного поля, судя по распределению в прострастве геохимических аномалий могут быть обогащены не столько молибденом, сколько свинцом, цинком, серебром и золотом. Сфалерит жил с полиметаллическим оруденением обогащен Cd, In, Ga и Ge. Кроме того, как показали новые данные, полученные в результате изучения керна скважин, оруденение в восточной части рудного поля развито на существенном вертикальном интервале.

Литература

1. Шахтаминская Мо-порфировая рудно-магматическая система (Восточне Забайкалье): возраст, источники, генетические особенности / А. П. Берзина, А. Н. Берзна, В. О. Гимон // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 6. С. 764–786.
2. Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов / А. И. Кривцов, И. З. Самонов, Е. И. Филатов и др. Москва: Недра, 1985. 324 с.
3. Юргенсон Г. А. Золото-серебряная минеральная ассоциация в Шахтаминском рудном поле // вестник ЗабГУ. 2020. Т. 26., № 6. С. 54–63.
4. Строение, минералого-геохимические особенности и условия образования рудных жил Мо-порфиорового месторождения Шахтаминское (Восточное Забайкалье) / Г. А. Юргенсон, Г. Д. Киелёва, А. А. Долманова-Тополь и др. // Геол. рудн. месторожд. 2023. Т. 65, № 7. С. 662–699.

THE DETRITAL ZIRCON U-PB AGES AND GEOCHEMISTRY OF SANDSTONE AND VOLCANIC ROCKS OF THE DUCHGOL FORMATION, NORTH-EASTERN MONGOLIA

Ch. Erdenejargal ^{1,2}, Ts. Narantsetseg ¹, R. Vandan-Osor ³,
O. Baatarchuluun ³, B. Damdinjav³

¹Institute of Geology of Mongolian Academy of Sciences, 18080, Mongolia

* erdenejargalch@gmail.com

²National University of Mongolia, Department of Geology and Geophysics

³Ikh Tsog-Undur LLC

Abstract. In this paper, we provide new detrital zircon U-Pb geochronological and geochemical data for sandstone samples from the Duchgol Formation, North Eastern Mongolia, with the aim of constraining the depositional age, provenance, and tectonic setting. In addition, a geochemical study was carried out on the basalt and schists, which are distributed within the sedimentary strata.

Keywords: Duch gol zone, Onon formation, detrital zircon geochronology, geochemistry.

A total of 250 zircon grains from three sandstone samples (samples DG-11, E-23, and DG-8) from the different members of the Duchgol Formation were analyzed for this study. CL imaging of zircons reveals that all of the zircons from sandstone samples display fine-scale oscillatory growth zoning and Th/U ratios higher than 0.1, indicating a magmatic origin.

The zircons from samples of DG-11 and E-23 have highly concordant ages ranging between 240±2 and 2078±21 Ma and 249±2 and 498±4 Ma, with major age peaks clustering at 260 and 251 Ma, respectively. The youngest seven and fourteen igneous zircon grains yield a weighted age of 250.6±1.8 Ma (MSWD=0.17) and 251.1±1.1 Ma (MSWD=0.39), which constrains the youngest depositional age of sandstone samples of DG-11 and E-23, respectively. The zircons from sample DG-08 have highly concordant ages ranging between 236±6 and 1253±43 Ma, with a major age peak clustering at 252 Ma. The youngest eight igneous zircon grains yield a weighted mean age of 240.7±2.9 Ma (MSWD = 0.25), which constrains the youngest depositional age of sandstone. Our new geochronological data, together with published pollen data, indicate that the deposition of sedimentary strata of the Duchgol formation started in the Late Permian and continued until the Late Triassic.

The sandstone samples display variable contents of SiO₂ (62.3–75.6%), TiO₂ (0.24–0.78%), and Al₂O₃ (12.3–17.0 wt.%). The values for the chemical index of alteration (CIA) of the sandstone range from 45.4 to 61.2, whereas the index of compositional variations (ICV) is 0.65–1.02. Most of the sandstones are geochemically mature (ICV<1) and were derived from weakly weathered felsic source rocks.

The basalt has low SiO₂ (46.2 – 51.1 wt.%) and alkali (K₂O + Na₂O = 0.79 – 4.49 wt.%) contents. The rock also shows high Al₂O₃ (13.3 – 16.0 wt.%) and Fe₂O₃^T (8.70 - 16.1 wt.%), and intermediate MgO (4.14 wt%). On a total Nb/Y versus silica diagram, the rock is plotted into the sub-alkaline basalt field. Geochemically, such rock belongs to the tholeiitic series. In addition, the basalt is characterized by the depletion of LREE relative to HREE (La_n/Yb_n = 0.51–0.94). On primitive mantle normalized plots, the rock exhibits slight enrichment of Nb, and depletion of Zr and Hf relative to adjacent elements. Overall, their REE and trace element distribution patterns are similar to those of N-MORB basalts. The sandstones are mainly greywacke and arkose in composition and deposited near the shore of the continental margin, while mafic volcanic rocks have MORB characteristics and form a back-arc basin environment. The geochemical composition of these rocks indicates that they formed in a typical accretionary wedge formed by the subduction of oceanic crust.

Научное издание

БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

*Материалы VII Всероссийской молодежной научной конференции,
посвященной 300-летию Российской академии наук и Десятилетию науки и технологий
(Улан-Удэ – пос. Максимиха (оз. Байкал) 26–31 августа 2024 г.)*

Дизайн обложки
М. Л. Москвитина
О. Д-Ц. Намзалова

Редактор *О. Д-Ц. Намзалова*
Компьютерная верстка
Б. Д-Ц. Намзалова
В. С. Ланцева

Свидетельство о государственной аккредитации № 2670 от 11 августа 2017 г.

Подписано в печать 28.11.2024. Формат 70x108 1/16.

Уч.-изд. л. 11.05. Усл. печ. 17.67. Заказ 143.

Издательство Бурятского госуниверситета имени Доржи Банзарова

670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а

rio@bsu.ru