

Министерство науки и высшего образования
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГИН СО РАН)

УДК 556.314
№ гос. рег. АААА-А17-
117021310076-3

Инв. № 5



УТВЕРЖДЕНО
РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА
Протокол № 10 от «17» декабря 2020 г.
Председатель Ученого совета,
Врио директора института, д.г.-м.н.
 А.А. Цыганков

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Проект IX.137.1.4. Взаимодействия в системе вода-порода-органическое вещество в природных и техногенных обстановках Байкальского региона (заключительный)

Номер проекта в ИС управления НИР
0340-2019-0005

Приоритетное направление IX.137. Эволюция окружающей среды и климата под воздействием природных и антропогенных факторов, научные основы рационального природопользования и устойчивого развития; территориальная организация хозяйства и общества

Программа IX.137.1. Динамика биокосных систем Центральной Азии в условиях изменения климата и техногенного давления

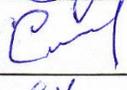
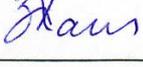
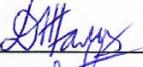
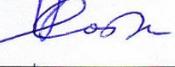
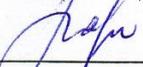
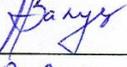
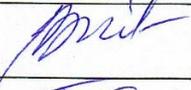
Научный руководитель
д.г.-м.н.



А.М. Плюснин

Улан-Удэ, 2020

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность	Подпись	ФИО
Д.Г.-М.Н., зав.лаб		Плюснин А.М.
К.Б.Н., с.н.с.		Дорошкевич С.Г.
К.Г.-М.Н., с.н.с.		Смирнова О.К.
К.Ф.-М.Н., с.н.с.		Хажеева З.И.
К.Х.Н., н.с.		Дампилова Б.В.
К.Г.-М.Н., н.с.		Жамбалова Д.И.
К.Г.Н., н.с.		Перязева Е.Г.
К.Т.Н., М.Н.С.		Санжанова С.С.
К.Г.-М.Н., н.с.		Украинцев А. В.
К.Г.Н., н.с.		Чернявский М.К.
К.Г.-М.Н., М.Н.С.		Дабаева В. В.
М.Н.С.		Ангахаева Н.А.
вед.инж.		Бардамова И.В.
инж. 2 кат.		Иринчеева А.И.
инж. 2 кат.		Залуцкий А.В.
инж.-лаб.		Кушеева Е.С.
лаб.		Калашников С.Г.
аспирант		Воронина Ю.С.
аспирант		Новокрещенных Н.П.
аспирант		Чередова Т.Н.

РЕФЕРАТ

Отчет 41 с., 1 кн., 25 рис., 4 табл., 28 источн., 1 прил.

Ключевые слова: минеральные воды, состав газов, минералообразование, почвы, техногенные ландшафты, пыль, размер и состав микрочастиц, изотопы, растворенные органические вещества

Цель работы: выявление и исследование основных закономерностей формирования химического состава поверхностных и подземных вод в природных и техногенных ландшафтах Байкальского региона. На 2020 г: Установление геохимических индикаторов взаимодействия сверхкритического углекислого газа с вмещающими породами. Эколого-геохимическая оценка использования растительности для консервирования неустойчивых в окислительных условиях компонентов в хвостохранилищах.

Метод исследования: наблюдения на природных объектах, отбор проб воды, снега, почв, донных отложений; анализ химического и изотопного состава образцов, математическая обработка результатов; экспериментальное моделирование.

Важнейший результат: Сформулирована концептуальная модель преобразования отходов переработки рудной минерализации при длительном хранении. В хвостохранилищах первоначально происходит окисление остаточной сульфидной минерализации; кислые растворы начинают активно взаимодействовать с вмещающими оруденение породами, на этом этапе резко возрастает их минерализация и токсичность. Предложен способ безопасного длительного хранения отходов горно-обогатительного производства с использованием нейтрализующего воздействия известняка.

Установлено влияние разгрузки трещинно-жильных вод на формирование ресурсов и химический состав содовых и сульфатных соленых озер, что повышает перспективы использования их в рекреационных и оздоровительных целях.

Изучено влияние хранилищ отходов горнообогатительного производства на микроморфологическое строение почвы, выражающееся в увеличении плотности микроагрегатов, количестве железистых новообразований и доли аутигенных минералов. Токсичные химические элементы в верхних горизонтах почв связаны с металлоорганическими, в нижних – металложелезистыми соединениями.

Установлено воздействие пыли, образующейся на территории хранения отходов обогащения вольфрамомолибденовых руд, на здоровье мышей. Экспериментально выявлена прямая корреляционная зависимость между концентрацией свинца и кадмия во вдыхаемой пыли и воспалением легких.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-издательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы, почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.

ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Хвостохранилище – комплекс специальных сооружений и оборудования, предназначенный для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отвалных отходов обогащения полезных ископаемых, именуемых хвостами.

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1), \text{ где}$$

n - число определяемых суммируемых веществ;

K_{ci} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

ДВМК – Джидинский вольфрамомолибденовый комбинат

ГОК - горно-обогатительный комбинат

МДУ – максимально допустимый уровень

ОГОП - отходы горно-обогатительного производства

ОДК – Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве

ОСВ – осадки сточных вод

ПАВ – поверхностно активные вещества

ПДК – предельно допустимая концентрация

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	6
Основные результаты.....	8
Особенности формирования химического и газового состава подземных и поверхностных вод.....	8
Система вода-порода-атмосфера в техногенных обстановках.....	15
Система почва-растительность в техногенных условиях.....	25
Миграция вещества на лесных пожарищах.....	31
Экспериментальное исследование адсорбционных процессов.....	34
Заключение.....	36
Список использованных источников.....	38
Приложение А.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий отчет является заключительным, в нем представлены результаты работы за четыре года по теме «Взаимодействия в системе вода-порода-органическое вещество в природных и техногенных обстановках Байкальского региона».

Проект был посвящен актуальной теме взаимодействия воды с породой в различных геолого-геохимических обстановках региона, где широко проявлены термальные и минеральные воды, связанные с Байкальской рифтовой зоной.

Во всем мире не ослабевает интерес к изучению формирования ресурсов и химического состава термальных и минеральных вод, исследуется микроэлементный, изотопный состав, гидрогеологические условия их проявления, генезис воды и растворенных веществ. При выполнении проекта большое внимание было уделено изучению состава растворенных органических веществ, которые еще недостаточно изучены из-за несовершенства методов анализа. При выполнении проекта была создана методика концентрирования их в полевых условиях и использованы современные методы анализа органического вещества, основанные на хроматографическом методе разделения и определения с помощью масс-спектрометрии.

В техногенных ландшафтах активизируется миграция вещества в сопредельных средах – воздухе, воде, почве, биоте. При выполнении проекта анализировались пробы газа, аэрозолей, воды, почвы, растительности. Изучался их химический, изотопный, дисперсный состав.

При длительном хранении отходов горнодобывающих предприятий происходит потеря первоначальных качеств руды, которая сопровождается масштабной миграцией агрессивных компонентов, в том числе и рудных, на окружающую территорию. Содержание подвижных и водорастворимых форм тяжелых металлов может увеличиваться в 2-6 раз по сравнению с исходной концентрацией. В почвах, погребенных под отвалами, происходит ощутимая геохимическая трансформация, устанавливается кислая среда, разрушаются почвенные коллоиды, изменяется поглощающий комплекс, увеличивается подвижность органического вещества.

Основной целью исследований по проекту было выявление основных закономерностей формирования химического состава подземных и поверхностных вод в природных и техногенных ландшафтах, изучение геохимических процессов, протекающих в хвостохранилищах горнодобывающего производства и на окружающей их территории.

Задачи, поставленные в проекте: Выявление особенностей формирования химического и газового состава трещинно-жильных вод, определение качественного и

количественного состава растворенных органических веществ в углекислых минеральных и термальных водах Забайкалья. Исследование взаимодействия трещинно-жильных и поверхностных вод в пределах Байкальской рифтовой зоны, выявление влияния их разгрузки на формирование соленых озер. Исследование форм нахождения химических элементов и их распределение в вертикальных разрезах отходов обогащения сульфидсодержащих руд и почвах ландшафтов, прилегающих к хвостохранилищам. Оценка физико-химической подвижности и биологической доступности химических элементов в почвах/грунтах, илах, природных и техногенных водоемах. Экспериментальное исследование накопления токсичных элементов в адсорбентах и растительности.

При выполнении научно-исследовательских работ и подготовке отчета руководствовались государственными стандартами: ГОСТ 17.1.3.06-82; ГОСТ 17.4.4.02-84; ГОСТ 17.4.3.04-85; ГОСТ 7.32-2017.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности формирования химического и газового состава подземных и поверхностных вод

При выполнении проекта нами разработана новая методика определения растворенных органических веществ, основанная на концентрировании их методом твердофазной экстракции с газовым хромато-масс-спектрометрическим окончанием. Методика позволяет количественно определять содержания эфиров, спиртов, кислот, предельных и непредельных углеводородов и др. органических веществ. Концентрирование органических веществ производится в полевых условиях, что очень важно, так как при хранении воды органические вещества меняют формы нахождения и удаляются из раствора. В концентрирующей установке используются патроны с сорбентом Strata C18-E (Phenomenex). Через патрон с сорбентом пропускается 100 мл предварительно профильтрованной анализируемой воды. Для поддержания стабильной скорости потока используется ручной вакуумный насос и вакуумный ресивер. Разряжение в системе порядка 0.9-0.95 атм. позволяет поддерживать скорость потока 1 мл/мин. Элюирование адсорбированных веществ проводится 1 мл ацетонитрила и затем концентрат органических соединений собирается в специальные виалы, объемом 1.2 мл, в которых проба хранится до проведения анализа. Методика позволяет концентрировать органические вещества в 100 раз. Состав органических веществ в концентрате определяется методом газовой хромато-масс-спектрометрии, который проводится в Институте катализа СО РАН (г. Новосибирск) с использованием имеющегося банка данных органических веществ и стандартных образцов. Методика позволяет определять относительное содержание 58 различных углеводородных соединений.

Установлено, что одни органические вещества поступают в воды из магматических, метаморфических горных пород под воздействием повышенного парциального давления углекислого газа и температуры, другие из осадочных пород в результате окислительного разложения растительных остатков, третьи являются продуктами синтеза микроорганизмов [1]. Основной формой нахождения углеводородов в углекислых водах являются простые эфиры. Эти соединения являются основной формой миграции органических веществ и в азотных гидротермальных системах [2]. Что вполне объясняется их химическими свойствами, они хорошо растворимы даже в холодной воде. Установлены высокие содержания спиртов, которые представлены веществами с

различной молекулярной массой. Относительно повышенными содержаниями в углекислых водах характеризуются алканы, несмотря на их низкую растворимость в воде. Нами предполагается, что растворимость этих соединений возрастает под воздействием углекислого газа, находящегося в сверхкритическом состоянии [3]. Окислительное воздействие сверх критического флюида углекислого газа проявляется также в повышении доли спиртов в пробах углекислых минеральных вод, отобранных из глубоких скважин. Органические кислоты, вероятно, образуются вблизи поверхности при окислении органических веществ кислородом воздуха, поэтому мы наблюдаем их повышенные содержания в минеральных источниках Витимского плоскогорья, которые разгружаются среди осадочных пород значительной мощности.

Азотные термальные воды Байкальской рифтовой зоны характеризуются высоким содержанием эфиров, спиртов и алканов. Но в отличие от термальных углекислых вод в них не обнаружено алкенов. Детальный анализ группы простых эфиров показал подавляющее преобладание эфиров диэтиленгликоля. Среди этой группы доминирует бутиловый эфир диэтиленгликоля. Его содержание во всех проанализированных пробах, как правило, более 50 %. Максимальные концентрации характерны для холодных углекислых вод, затем следуют термальные углекислые и, наконец, азотные термы. По нашим представлениям, бутиловый эфир диэтиленгликоля является начальной фазой преобразования органического вещества, выщелачиваемого из горных пород водами. Вероятно, в основной массе в породах органическое вещество находится в виде битума, где органическое вещество присутствует в основном в восстановленной форме. Эта форма существования органического вещества плохо растворяется в воде. Поэтому мы наблюдаем низкие содержания алканов в водах. Под воздействием газов, воды, предельные углеводороды начинают окисляться с образованием спиртов и эфиров. Бутиловый эфир диэтиленгликоля, несмотря на большой молекулярный вес, уже способен хорошо мигрировать в водах. Далее процесс окислительного разложения органических веществ происходит с образованием других эфиров, в молекулах которых растет относительное количество кислорода. В первую очередь образуются низкомолекулярные эфиры диэтиленгликоля, поэтому мы наблюдаем их относительно высокие содержания. Затем образуются альдегиды, сложные эфиры и др. кислородсодержащие соединения. Наиболее интенсивно процесс преобразования исходного органического вещества идет под воздействием повышенной температуры, отмечен закономерный рост содержания эфиров с относительно высоким содержанием в молекулах кислорода от холодных углекислых, к теплым углекислым и азотным термальным водам. Наиболее общей закономерностью, характерной для углекислых минеральных и азотных термальных вод,

является отсутствие органических кислот, так как они образуются вблизи поверхности под воздействием кислорода воздуха.

Для установления корреляционной зависимости между растворенными компонентами нами выполнен факторный анализ выборки, составленной из проб, отобранных в рассматриваемых водных объектах и проанализированных на содержание органических веществ и микрокомпонентов, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Ассоциации элементов выявленные в результате проведения факторного анализа

Наименование фактора	Ассоциация элементов	Вес, %
Биотический	Терпены, Cd, Sn, Mn, Co, Ni, Fe, Mg, Zn, Y	26.2
Процесс окислительного разложения	Эфир диэтиленгликоля, эфир триэтиленгликоля, двухатомные спирты, карбоновые кислоты, Ce, Pr, Nd, Sm, -K, -Sr	21.8
Воздействие температуры	Эфиры этиленгликоля, эфиры тетраэтиленгликоля, Ti, V, Cr, Cu, Se, Mo, Cs, La, W, Pb, Th	18.4

В первом факторе выделилась ассоциация, включающая в свой состав терпены. Эти углеводороды обнаружены в Романовском углекислом источнике и в азотных термах Золотой Ключ. Терпены представляют собой продукты биосинтеза, общая формула $(C_5H_8)_n$. Эти вещества содержатся в тканях растений и животных. Они в целом плохо растворимы в воде, возможно, их повышенные концентрации связаны с деятельностью микроорганизмов, активность которых возрастает в приповерхностных условиях. Бактериальные маты присутствуют в местах разгрузки обоих источников. Во втором факторе объединились наиболее окисленные углеводороды и легкие редкие земли. Возможно, этот фактор связан с окислением органических веществ при разбавлении трещинно-жильных вод в приповерхностных условиях, окислением органики воздухом и окислительным воздействием потока углекислого газа. В результате окислительных процессов, вероятно, создается относительно более кислая среда, образуются комплексные органоминеральные соединения, что активизирует миграцию легких редкоземельных элементов. Ассоциация параметров третьего фактора связана с воздействием повышения температуры. Эта ассоциация в основном проявляется в азотных термальных водах и горячих углекислых водах. Входящие в ассоциацию микроэлементы Se, Mo, W активно мигрируют в анионной форме в щелочных условиях, их повышенные содержания характерны для термальных вод региона.

Предложена новая модель функционирования гидролого-гидрогеологической системы в бессточном урочище Нухэ-Нур Нижнего

Куйтуна Баргузинской впадины, которая учитывает сложившиеся геолого-тектонические условия связанные с процессами растяжения в Байкальской рифтовой зоне.

Куйтун представляет собой песчаный купол, возвышающийся на 50 метров над поверхностью впадины. В центральной части Куйтуна располагаются два минеральных озера. В образовании Куйтуна определяющую роль играли особенности тектонического развития Баргузинской впадины. В результате вздымания блока коренных пород, слагающих впадину, песчаные отложения стали подвергаться интенсивному дренированию атмосферными и поверхностными водами. Вследствие этого произошла деградация многолетней мерзлоты, сформировались воронки вымывания, в которых стали накапливаться дренажные воды. Ранее сформированные тектонические нарушения были активизированы, на пересечении разрывных нарушений образовались проницаемые зоны, по которым к поверхности стали поступать термальные воды.

Ресурсы озер, в основном, формируются за счет сосредоточенного стока инфильтрующихся через песчаный купол атмосферных осадков, которые собираются со значительной части Куйтуна. В южное озеро Нухэ-Нур по глубоко проникающим разрывным нарушениям разгружаются азотные термальные воды, придающие специфический геохимический облик этому озеру (рис. 1). В результате активно протекающих процессов испарения и вымораживания происходит концентрирование растворов, образуются минеральные озера, и химический состав воды трансформируется по содовому направлению [4]. Среди микроэлементов высокими концентрациями выделяются В и W, которые привносятся термальными водами (табл. 2). На химический состав северного озера Нухэ-Нур большое влияние оказывает перетекание воды из южного озера в многоводный период.

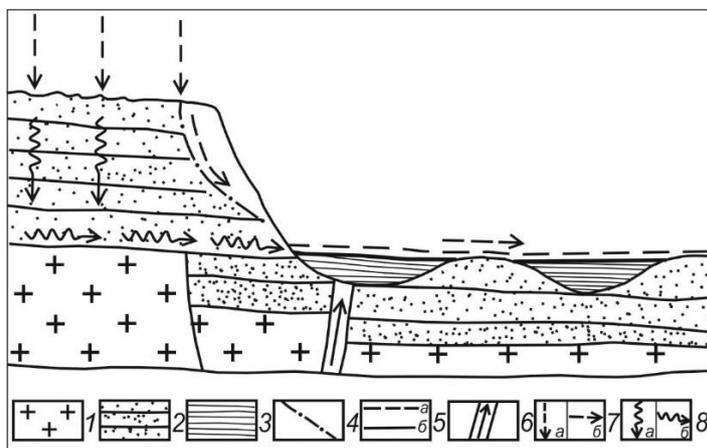


Рисунок 1 - Схема формирования поверхностных вод урочища Нухэ-Нур. 1 – коренные породы; 2 – песчано-глинистые отложения Нижнего Куйтуна; 3 – заключенная в озерах вода; 4 – поверхность промоин на склонах; 5 – уровень воды в озерах в многоводный (а) и засушливый (б) период; 6 – поток трещинно-жильных вод; 7 – движение атмосферных (а) и поверхностных (б) вод; 8 – движение инфильтрационных (а) и грунтовых (б) вод в толще песков

Таблица. 2. Содержание некоторых микроэлементов в озерах Нижнего Куйтуна, мкг/л

Озеро	Год	Элементы					
		Li	Sr	Ba	B	W	U
Нухэ-Нур южное	2010	8.31	472.27	77.49	1425.6	190.2	91.9
	2014	10.24	142.98	54.52	388.9	169.2	61.9
Нухэ-Нур северное	2010	10.27	309.81	99.68	715.3	47.8	13.4
	2014	5.07	366.11	32.89	1449.0	67.7	18.2
Саган-Нур	2010	5.71	368.57	29.41	28.7	0.4	0.72
	2014	4.14	244.32	23.67	31.0	1.9	0.64

Установлено, что условия формирования химического состава вод минеральных озер Забайкалья, вода которых относится сульфатному натриевому типу, связаны с приносом сульфат-иона трещинно-жильными водами [5].

В Баргузинской впадине имеется целая группа минеральных озер, связанная с разгрузкой азотных термальных вод в подножии Икатского хребта. Минеральные озера располагаются в ярко выраженном понижении в рельефе (рис. 2).



Рисунок 2 - Космоснимок Алгинского термального источника и минеральных озер, связанных с его разгрузкой. Условные обозначения:
1 – место разгрузки источника,
2 – оз. Малое Алгинское,
3 – оз. Большое Алгинское,
4 – оз. Гуджирчан

Главный вклад в формирование химического состава воды, заключенной в озерах, вносят трещинно-жильные воды, их компонентный состав соответствует исследованному термальному источнику. За счет испарения и вымораживания растворителя в озерах происходит концентрирование растворенных веществ. Степень концентрирования

растворов в рассматриваемых озерах зависит от годовых и сезонных изменений климата и связана с различной долей атмосферных и поверхностных вод участвующих в формировании их ресурсов. Самая высокая степень концентрирования в озерах установлена для микроэлементов, образующих в растворе анионы. Наибольшей степенью концентрирования в озерах характеризуется В. Так, в озере Гуджирчан установлено превышение количества В в 194 раза, по сравнению с содержанием этого элемента в воде источника; для As – 165 раз, для Р – 112 раз. Абсолютные содержания В и As являются наивысшими для минеральных озер Забайкалья. Это связано с тем, что в азотных гидротермах, которые, поставляют растворенные вещества в озера, отмечаются их значительные количества. С этим же связано установленное обогащение воды сульфатных озер W. Изначально высокие содержания этого элемента в гидротермах приводят к тому, что в результате протекания процессов испарительного и морозного концентрирования в озерах, они достигают миллиграммовых значений. В рассматриваемых сульфатных озерах в значительных концентрациях обнаруживаются и тяжелые металлы – Ni, Cu, Pb, Cd, Bi, что также объясняется их высокими концентрациями в трещинно-жильных водах, за счет которых формируются ресурсы озер.

Вторая группа сульфатных озер Западного Забайкалья располагается в Гусиноозерско-Оронгойской впадине мезозойского возраста. Минеральные озера располагаются в бессточных микрочленинах (рис. 3), где за счет испарения и вымораживания воды происходит концентрирование веществ в растворе.

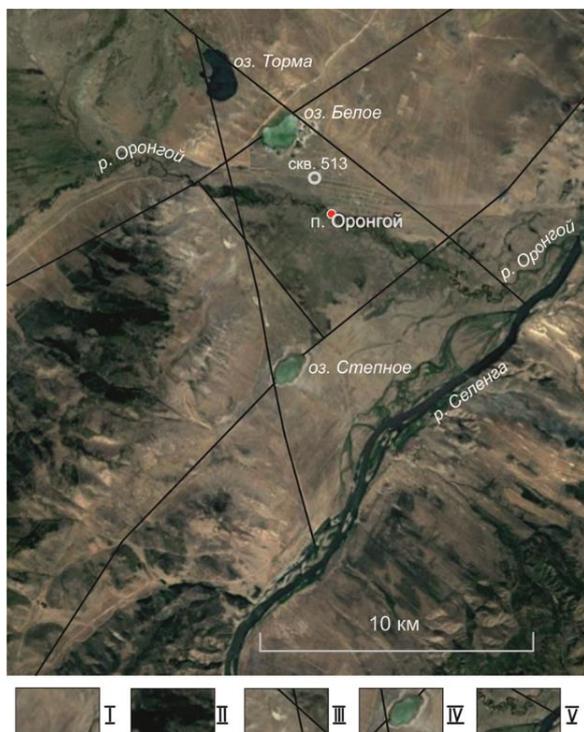


Рисунок 3 - Космоснимок участка расположения минеральных озер Белое и Степное.

Условные обозначения: I – степные ландшафты микровпадины, II – лесостепные ландшафты кристаллического обрамления, III – разрывные нарушения, выявленные при дешифрировании космоснимков, IV – минеральные озера, V – русла рек

Тектонические условия определяются тем, что район располагается в пределах простирания Джидино-Витимского структурного шва, разделяющего области мезозойской и кайнозойской тектономагматических активизаций. Тектонический шов был активен на протяжении длительного времени. Во внутреннем поле впадины отмечается несколько поперечных сбросов (см. рис. 3). В их пределах водообильность отложений возрастает на несколько порядков, особенно она большая на пересечение двух и более разломов [6].

Сульфатное засоление подземных и поверхностных вод сформировалось под воздействием разгрузки глубинных подземных вод из водоносных горизонтов юрских и меловых отложений. Изотопный состав серы ($\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$) относительно тяжелый – в озере Сульфатном достигает 15.4‰, в Белом – 15.9‰, в Степном – 12.3‰. Изотопный состав серы соответствует карбонатитам, выявленным в кристаллическом обрамлении впадины. В барите карбонатитов Аршанского месторождения $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ составляет 13.0 ‰, в баритоцелестине – 13.2 ‰ [7]. Эти изотопные отношения близки установленным значениям в воде сульфатных озер. Учитывая высокие содержания сульфатной S в карбонатитах, можно предполагать их существенное воздействие на химический состав рассматриваемых подземных вод. Сульфаты Na и K до сих пор могут вымываться из карбонатитов атмосферными осадками, что доказано выщелачиванием их дистиллированной водой. За длительный период в раствор перешло большое количество сульфата, вероятно, часть его рассеялась. В мезозое в результате тектонических движений сформировались впадины и в них стали накапливаться минерализованные подземные воды с высоким содержанием сульфат-иона. Формированию подземного стока от мест расположения карбонатитов к центральной части впадины благоприятствовали сложившиеся тектонические условия, в том числе и широкое распространение поперечных разломов.

Вероятно, сульфатно-натриевая фаза карбонатитов была обеднена микроэлементами и, несмотря на то, что в результате её растворения формировались высокоминерализованные растворы, они были бедны микроэлементами. Вода, заключенная в сульфатных озерах Сульфатное, Белое, Степное, наследует эту изначально низкую концентрацию микроэлементов. В озерах, хотя и происходило концентрирование растворенного вещества за счет процессов испарения и вымораживания растворителя, постепенно сформировался очаг сульфатного засоления, содержание микроэлементов осталось низким. Из микроэлементов относительно высокими содержаниями в сульфатных озерах выделяется только Sr и Li, которые, вероятно, изначально присутствовали в расплаве сульфатной фазы карбонатитов. По этой же причине в озерах обнаруживаются и высокие содержания Mg. Присутствие сульфат-иона в растворе

определяет устойчивость в воде озер всех щелочноземельных элементов, в том числе Mg и Sr. Но в тоже время в озерах постоянно высаживаются карбонаты, в первую очередь Са. Лимитирующим фактором их образования выступает карбонат-ион. Его поступление в раствор связано с протекающими в озерах биогенными процессами и приносом поверхностных вод.

Система вода-порода-атмосфера в техногенных обстановках

При разработке рудных месторождений негативному воздействию подвергаются огромные территории. Так природно-техногенная система, сформировавшаяся при разработке Джидинских вольфрамомолибденовых месторождений, занимает площадь более 100 кв. км. В нее входят отвалы вскрышных пород; хвосты переработки руд; территория обогатительной фабрики; разведочные штольни, из которых изливаются рудничные воды; территория, занятая аварийными сбросами с фабрики и из хвостохранилища. Основная масса твердых отходов переработки (около 40 млн. т) складирована в хвостохранилище намывного типа, которое расположено в долине руч. Барун-Нарын. Хвостохранилище эксплуатируется с 1958 года. За прошедший период времени произошло значительное разложение рудной минерализации, оставшейся после переработки руды. В поровых водах, заключенных в песках хвостохранилища, сформировалась агрессивная кислая среда, в растворе накопились токсичные химические элементы. В местах испарительного концентрирования и при смешивании подземных вод с поверхностными водами происходит отложение гидрогенных минералов, среди них наиболее часто встречающиеся госларит, мелантерит, цинкмелантерит [8]. Под дамбой, ограждающей Барун-Нарынское хвостохранилище, на протяжении более десяти метров в русле руч. Инкур на аллювии отлагаются водные алюмофториды, они образуют слой в несколько миллиметров на поверхности гальки и валунов. Эти новообразования диагностированы как ортосиликат-фторид Са и Al. В этом же материале рентгеноструктурным анализом установлены магнезиокопиапит, гипс [9].

Отходы добычи складированы в приводораздельной части водосбора рек Мыргеншено и Модонкуль. Они представлены крупно глыбовым материалом с вкраплениями пирита, флюорита и др. рудных минералов. В условиях Забайкалья в летний период в межглыбовом пространстве происходит конденсация влаги. Конденсационные воды и атмосферные осадки взаимодействуют с рудной минерализацией и формируют поверхностный и подрусловый химический сток в ручьях, впадающих в выше названные реки. В этом районе происходит интенсивная миграция

многих компонентов, в результате минерализация поверхностных вод достигает сотен миллиграмм на литр. Основной вклад в общую минерализацию поверхностных и подземных вод дают продукты окислительного разложения сульфидов и других рудных минералов. Среди макрокомпонентов высокими концентрациями выделяются сульфат- и фторид- ионы. Во всех типах вод обнаруживаются очень высокие содержания Fe и Mn. Среди других тяжелых металлов высокие концентрации характерны для Zn и Cu.

Песчаная масса в хвостохранилищах повсеместно находится во влажном состоянии, так как пески не изолированы от атмосферных осадков. Поступающая влага, перемещается по сложной траектории по напластованиям хорошо проницаемых отложений, которые сформировались при заполнении хвостохранилищ пульпой. На своем пути вода интенсивно взаимодействует с остаточной рудной минерализацией и рудовмещающими породами, так как они издроблены до размерности 0.5-1 мм. В результате этого в поровых водах хвостохранилищ накопились продукты разложения сульфидов и горных пород, установилась кислая среда.

На примере Бом-Горхонского вольфрамового месторождения рассмотрено поведение редких земель в зависимости от степени взаимодействия воды с породой.

Суммарное содержание лантаноидов в рудничных водах составляет только 24 мкг/л, в отстойниках, расположенных в бассейне р. Бом-Горхон их концентрация уже достигает 77 мкг/л, а в долине р. Зун-Тигня – 467 мкг/л. Наиболее высокие концентрации редких земель выявлены в техногенных водоемах, которые длительное время использовались для вторичной переработки песков. На графиках (рис. 4) представлено распределение лантаноидов в рудничных водах и в отстойниках, расположенных в бассейне реки Зун-Тигня, нормированных по отношению к содержанию редких земель в озере Байкал.

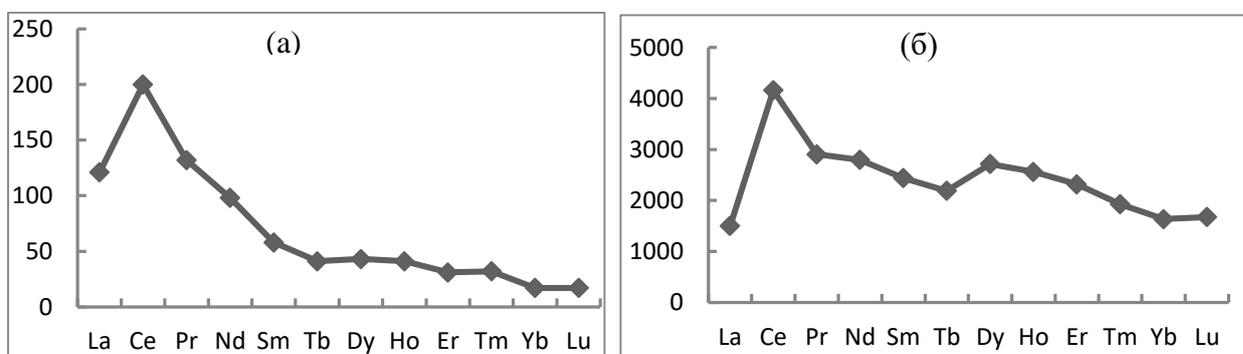


Рисунок 4 - Распределение концентрации лантаноидов в рудничных водах (а) и в отстойниках, вода которых использовалась для вторичной переработки песков (б), нормированных по содержанию их в озере Байкал

Для получения отношений был использован стандарт Байкальской глубинной воды BW 13; содержания в этом стандарте могут рассматриваться как фоновые для рассматриваемого региона. Из графиков видно, что в рудничных водах наблюдается увеличение концентрации редких земель по отношению к фоновым концентрациям в десятки и сотни раз, а в отходах переработки руд – в тысячи раз [10].

Установлено, что в Джидинском хвостохранилище наблюдается обогащение поровых вод тяжелыми редкоземельными элементами, а на Бом-Горхонском – легкими (рис. 5). Вероятно, на полученное соотношение, оказывает влияние не только природное распределение редких земель, но и степень взаимодействия воды с горными породами. Джидинское хвостохранилище имеет более длительную историю существования, поэтому под воздействием кислых растворов из вмещающих оруденение пород здесь выщелочено и накоплено в растворе больше тяжелых редкоземельных элементов. В хвостохранилище Бом-Горхонского ГОКа мы также наблюдаем относительное возрастание доли тяжелых редких земель при длительном хранении.

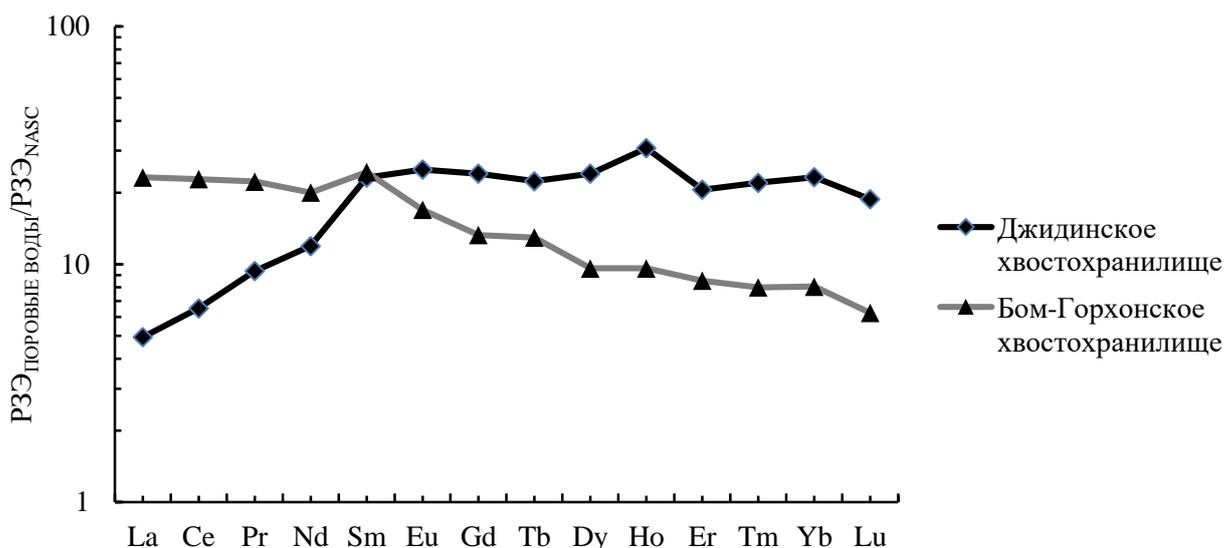


Рисунок 5 - Содержание редких земель в поровых водах, нормированных по отношению к содержаниям в североамериканском сланце (NASC)

Установленная закономерность накопления тяжелых редких земель в растворе при возрастании степени взаимодействия воды с горными породами возможно имеет глобальный характер. Такое же перераспределение содержаний редких земель отмечено в содовых озерах Забайкалья, где отмечается корреляция возрастания доли тяжелых редких земель с ростом минерализации [11]. Известно, что образование соды является показателем большой величины степени взаимодействия в системе вода-порода [12].

В целом все протекающие в толще песков процессы кислотного разложения эндогенных минералов пород, вмещающих оруденение, приводят к высвобождению

редкоземельных элементов и накапливанию их в растворах. Зафиксированный европиевый минимум в техногенных растворах, как в Джидинской, так и в Бом-Горхонской природно-техногенных системах подтверждает, что редкоземельные элементы поступают из гранитов, кристаллизующихся в близповерхностных условиях.

Подвижность токсичных элементов в природно-техногенных системах может быть ограничена путем нейтрализации растворов. Нами проведены экспериментальные исследования взаимодействия рудничных вод с известняком. Установлено, что формирующаяся твердая фаза состоит из аморфных и кристаллических новообразований, которые размещаются на поверхности известняка и в межзерновом пространстве. На высаживание твердых фаз определяющее влияние оказывает рН реагирующих с известняком растворов. Нам удалось проследить формирование твердых фаз от рН = 2.8 до рН = 5.3. Среди новообразований доминирующую роль играют сульфаты. Особенно много образуется гипса. Этот минерал высаживается на поверхности известняка сплошным слоем (рис. 6). Аналогичным образом ведет себя флюорит, который образует чешуйки, располагающиеся близко друг к другу на значительной площади поверхности кальцита. Формирование этих соединений начинается в кислой среде и продолжается на протяжении всего времени взаимодействия воды с известняком.

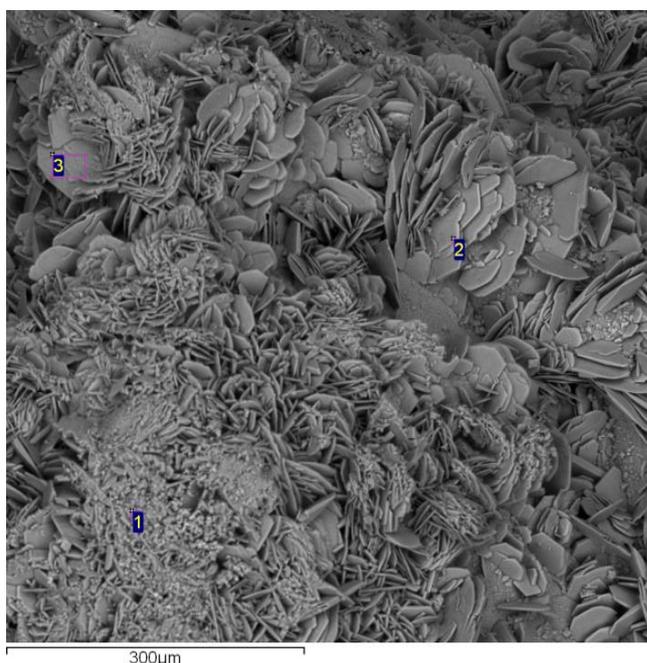


Рисунок 6 - Выделения гипса на поверхности кальцита. Здесь и на рис. 7, цифрами выделены места проведения анализа. Результаты анализа представлены в таблице 3

Таблица 3. Химический состав исследуемого участка, приведенного на рис.6, %

Место определения состава	Al	Ca	S	F	O
1	1.13	18.28	22.33	6.67	86.04
2	0.29	18.45	21.07	3.43	84.14
3	0.51	15.52	22.73	6.21	110.0

По мере нейтрализации раствора в окружении зернистой массы гипса начинают формироваться выделения сульфата Zn. На рисунке 7 приведены фотографии новообразований сложного состава с высоким содержанием Zn (табл. 4). На этом же этапе взаимодействия известняка с кислыми поровыми водами происходит образование сульфатных соединений Cd, которые фиксируются на рентгенограмме. В химическом составе формирующихся новообразований присутствуют Na, Mg, Si.

По мере повышения значения pH из раствора начинает высаживаться Fe в виде сульфита и карбоната, Al в виде алюмофторидов, силикатов. В составе этих новообразований присутствуют рудные элементы и редкие земли. Методом рентгенофазового анализа определено, что в новообразованиях присутствуют $(Al_2Pb_9Sn_9F_{42})$, $K(AlFeLi)(Si_3Al)O_{10}(OH)F$, $KMg_3(Si_3AlO_{10})F_2$, $(FeSO_3)$, $Fe_6(OH)_{12}(CO_3)$; $Nd_2(CO_3)_3 \cdot 8H_2O$, $CaNd_2S_4$.

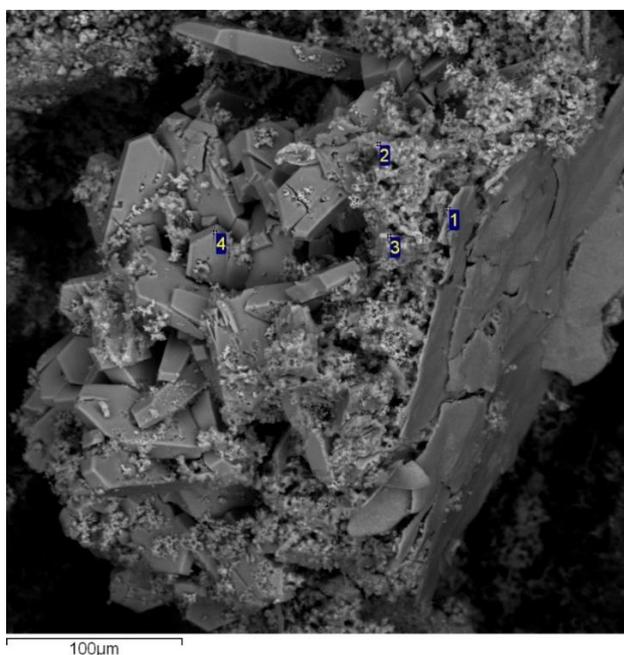


Рисунок 7 - Новообразования на поверхности известняка, сформировавшиеся в слабокислой среде при pH=5.3

Таблица 4. Элементный состав исследуемого участка, приведенного на рис. 7, %

Место определен ия состава	Si	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	Cu	Zn	S	Cl	F	O
1	1.6	12.2	3.5	2.1	3.5	3.11	0	5.41	2.8	6.72	0	18.5	51.0
2	0.5	5.4	6.1	5.3	7.5	2.54	1.4	2.92	4.6	16.6	0	12.2	65.9
3	1.2	9.87	1.2	5.8	5.1	2	0	13.4	6.8	12.7	0.4	13.9	68.8
4	0	2.31	1.3	0	1.1	24.5	0	0	0	22.5	0	12.8	110

В составе твердых образований обнаруживается Cu, Zn, Fe, Mn, Al (табл.4). S в твердых продуктах, высадившихся из раствора в слабо кислой среде, становится меньше. F присутствует в значительных количествах. Он, вероятно, связывается с формирующимися алюмосиликатами. С повышением значений pH в результате реакции

гидролиза из раствора начинают высаживаться гидроокислы Fe и Al, совместно с ними удаляются тяжелые металлы и захватываются редкоземельные элементы. На электронном микроскопе нами обнаружены гидроокислы Fe, содержащие в своем составе Cr, Al и Dy [13].

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для концентрирования ценных химических элементов в определенных местах хвостохранилища с возможностью последующего извлечения экономически рентабельными способами.

По результатам проведенных исследований разработана новая концепция обращения с отходами добычи и переработки руд, в которой отходы рассматриваются как объекты вечного хранения [14]. Концепция предусматривает организационные и технические мероприятия.

На основании полученных результатов предложен новый тип хвостохранилища (патент РФ №2633051), заполнение которого производят мокрым способом, а хранение отходов в сухом виде [15]. Хвостохранилище разделяют на секции ограждающими перемычками, в которых поочередно производят размещение отходов переработки. Дно секции заполняют крошкой известняка, измельченного до размерности 3-10 мм. Слой измельченного известняка укладывают на прочную водонепроницаемую пленку. Каждую секцию оборудуют дренажными колодцами, по которым растворы из песков сливаются в слой известняка. Для сбора воды, профильтровавшейся через слой известняка, у внешней стороны дамбы сооружается пруд-отстойник, он предназначен для отделения взвешенных веществ от жидкой фазы. Из пруда-отстойника осветленную воду сбрасывают в принимающий водный объект.

При выполнении проекта большое внимание уделялось исследованию геологических условий размещения объектов горнодобывающего производства. Установлено, что на формирование очагов загрязнения подземных вод большое влияние оказывает сеть тектонических нарушений. На территории размещения Озерного горно-обогатительного комбината выявлена густая сеть тектонических нарушений нескольких направлений. Разломы северо-восточного простирания представлены сбросами, по которым произошла значительная подвижка блоков, они раскрыты для проникновения вод. По разломам северо-западного и меридионального направления заложены долины ручьев. В рассматриваемом районе имеется несколько разломных узлов, образованных пересечением тектонических нарушений трех направлений, они являются зонами повышенной трещиноватости. Особую опасность представляют разломные узлы в пределах размещения хвостохранилища и на путях

движения сточных вод от складов вскрышных пород и окисленных руд. На участках размещения объектов ГОКа возможна активизация неблагоприятных экзогенных процессов, связанных с деградацией многолетней мерзлоты и с загрязнением поверхностных и подземных вод [16].

Проведено исследование формирования химического состава воды р. Модонкуль, протекающей на территории Джидинской природно-техногенной системы, на семи створах наблюдения (рис.8.).

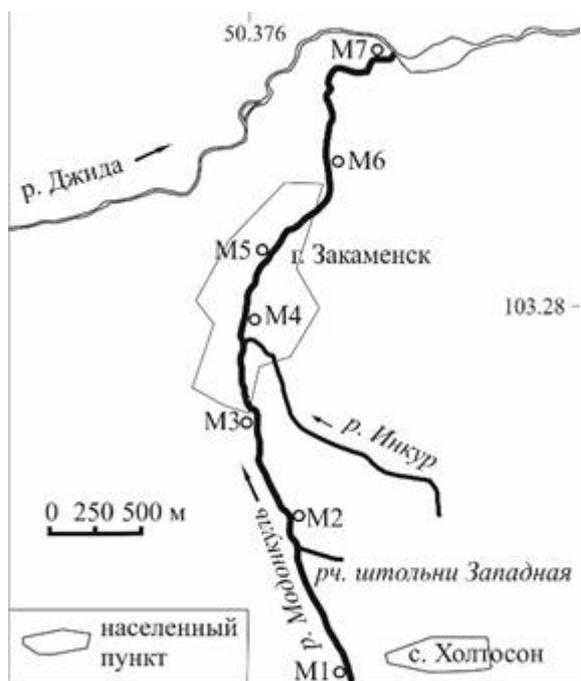


Рисунок 8 - Схема расположения створов отбора проб в р. Модонкуль.

Установлено, что природные фоновые воды р. Модонкуль в верховье у с. Холтосон пресные, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0.169-0.182 г/л (среднее 0.179 г/л), рН 7.1-7.6 (среднее рН 7.3). Содержание фторид-иона составляет 2,72 мг/л. Катионы и анионы в порядке убывания концентраций выстраиваются в следующие ряды $Ca^{2+} \geq Mg^{2+} > Na^{+}+K^{+}$ и $HCO_3^{-} > SO_4^{2-} > Cl^{-}$, что характерно для природных речных вод, формирующих ресурсы в пределах магматических пород основного состава.

В формировании химического состава воды р. Модонкуль существенный вклад вносят водные массы притоков. Относительно фоновых условий минерализация воды после впадения рудничных вод шт. Западная возрастает в 3 раза, после впадения р. Ингур – в 1,8 раз, в районе хвостохранилища (т.ч. М6, см. рис. 8) – в 4,7 раз, в районе дельтовой залежи хвостов переработки (т.ч. М7) – в 4,1 раза. Рост суммы солей в воде обусловлен резким увеличением содержания сульфат-иона и связанного с этим эквивалентного количества катионов. По профилю реки химический состав воды меняется от

гидрокарбонатного магниево-кальциевого в верховье через сульфатный натриево-кальциевый и другие переходные разновидности к сульфатному магниево-кальциевому типу в устье (рис.9.).

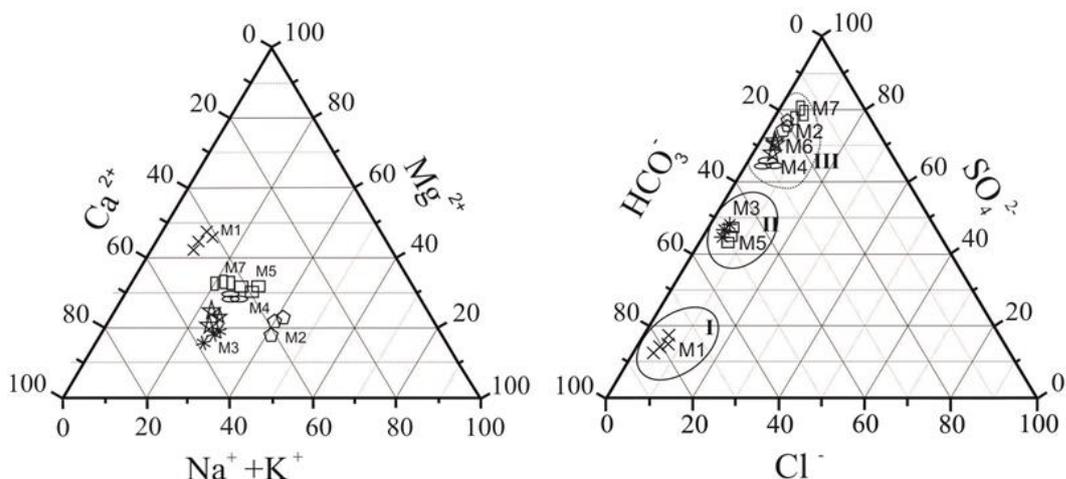


Рисунок 9 - Трехкомпонентные диаграммы макросостава реки Модонкуль. Химический тип воды: I – гидрокарбонатный магниево-кальциевый, II – сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый, III – сульфатный магниево-кальциевый

Впадение в р. Модонкуль ручья из штольни Западная (тчк. M2) приводит к снижению содержания Fe в 4.5 раза, а концентрация Mn, Ni, Cu, Zn, Pb возрастает в 2-3.5 раза, Cd – в 5 раз. Это связано с тем, что в речной воде, в отличие от штольневой воды, повышенная щелочность и содержание растворенного кислорода, что приводит к окислению растворенного двухвалентного железа и осаждению в виде гидроксидов. После впадения р. Инкур рост концентрации растворенных тяжелых металлов составил 1.2-1.5 раза относительно фона. В устье реки растворенные концентрации Fe, Pb, Ni возрастают в 1.1-1.3 раза, а содержания Mn, Zn, Cu, Cd – в 4-7 раз в сравнении с верховьем.

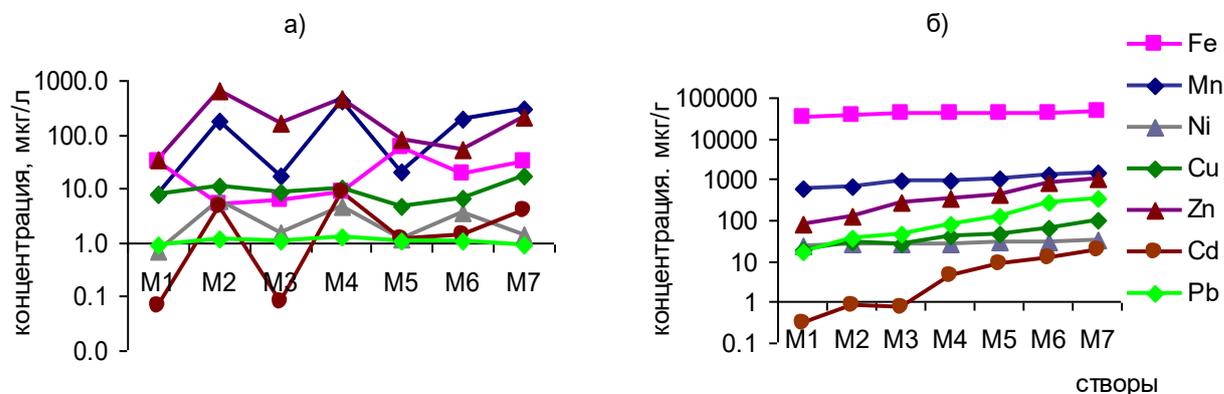


Рисунок 10 - Изменение концентрации растворенных (а) и взвешенных (б) химических элементов вниз по течению р. Модонкуль

Под воздействием рудной минерализации во взвеси концентрации всех металлов возрастают в 2-7.5 раза относительно фоновых условий. Наибольший рост концентрации во взвеси характерен для Fe, Zn, Pb (рис. 10). После впадения рудничной воды и руч. Инкур взвешенная форма миграции многих тяжелых металлов в р. Модонкуль становится доминирующей [17].

Рудничные воды штольни Западная (Джидинский рудный район) содержат высокое содержание взвешенных частиц, которые поступают в поверхностные воды. Методом лазерной дифрактометрии в ЦКП «Научные приборы» ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет (г. Улан-Удэ) с помощью лазерного анализатора SALD-7500 папо изучен дисперсный состав взвешенных частиц, который показал, что 93% взвешенных частиц находятся в размерном диапазоне 150–220 мкм. Взвешенные вещества представлены агрегатами мелких глинистых образований, частицами рудных компонентов, сульфатными солями тяжелых металлов, инертной пылью и органическими включениями в виде микроскопических водорослей. Размер дисперсных частиц может меняться при внешнем воздействии, они распадаются на более мелкие образования. После обработки рудничной воды ультразвуком размеры 70 % диспергированных частиц становятся 10-50 мкм, а размеры остальных частиц являются сопоставимыми с радиусами гидратированных ионов (< 1 мкм).

Исследовано поведение частиц при взаимодействии с известняком. Установлено, что при взаимодействии рудничной воды с известняком происходит укрупнение частиц, мигрирующих в твердой фазе (рис. 11).

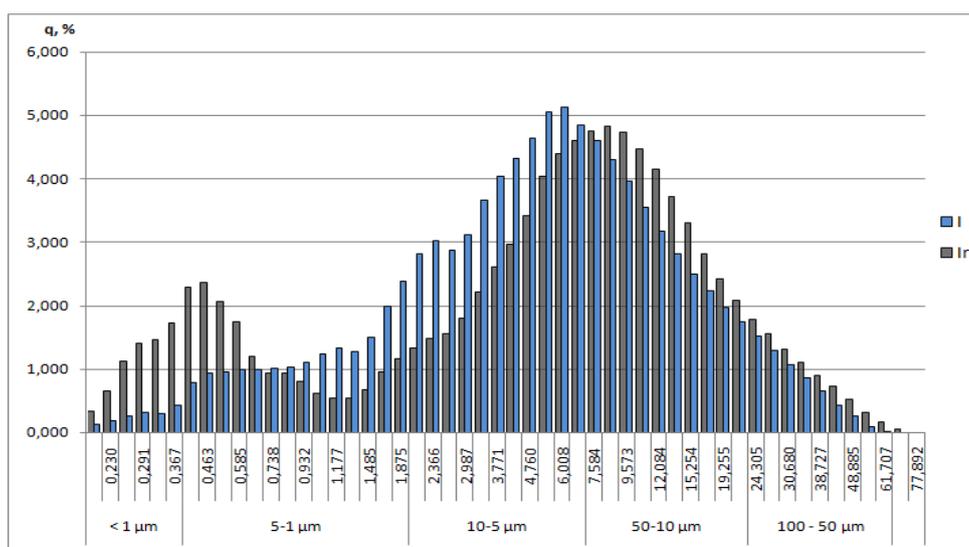


Рисунок 11 - Дисперсный анализ известняка месторождения Зун-Нарын до и после взаимодействия с рудничной водой штольни Западная, где I - процентное распределение частиц известняка, Ir - процентное распределение частиц известняка после взаимодействия с рудничной водой.

Увеличение размеров частиц происходит в результате образования основных карбонатов тяжелых металлов, сорбции мелкими фракциями известняка гидратированных ионов тяжелых металлов. В результате содержание тяжелых металлов в рудничной воде снижается: Zn в 1.8 раза, Cu в 32 раза, Pb в 4 раза [18].

Впервые получены данные о влиянии на здоровье атмосферной пыли, образующейся на территории лежалых отходов обогащения руд Джидинского вольфрамомолибденового комбината.

Исследования биодоступности атмосферной пыли проведено в образцах пыли, отобранных в пяти районах г. Закаменска непосредственно находящихся в зоне влияния хвостохранилищ Джидинского вольфрамомолибденового комбината (рис. 12).



Рисунок 12 - Космический снимок территории размещения отходов переработки руд в окрестностях г. Закаменск с местами отбора образцов пыли.

Содержание химических элементов определено в образцах пыли и в ее «вдыхаемой» фракции со средним аэродинамическим диаметром <10 мкм. Химический состав пыли представлен в основном Si, Fe, Al и Ca (рис. 13, A); из микроэлементов – Mn, U, Zn, Pb, Ba, Sr, Cd и Cu (рис.13, C). Элементный состав «вдыхаемой» фракции пыли существенно отличается от такового атмосферной пыли в целом – максимальные содержания отмечены для Na и Si (рис.13, B), Cu, Pb, Cr, U и V (рис.13, D).

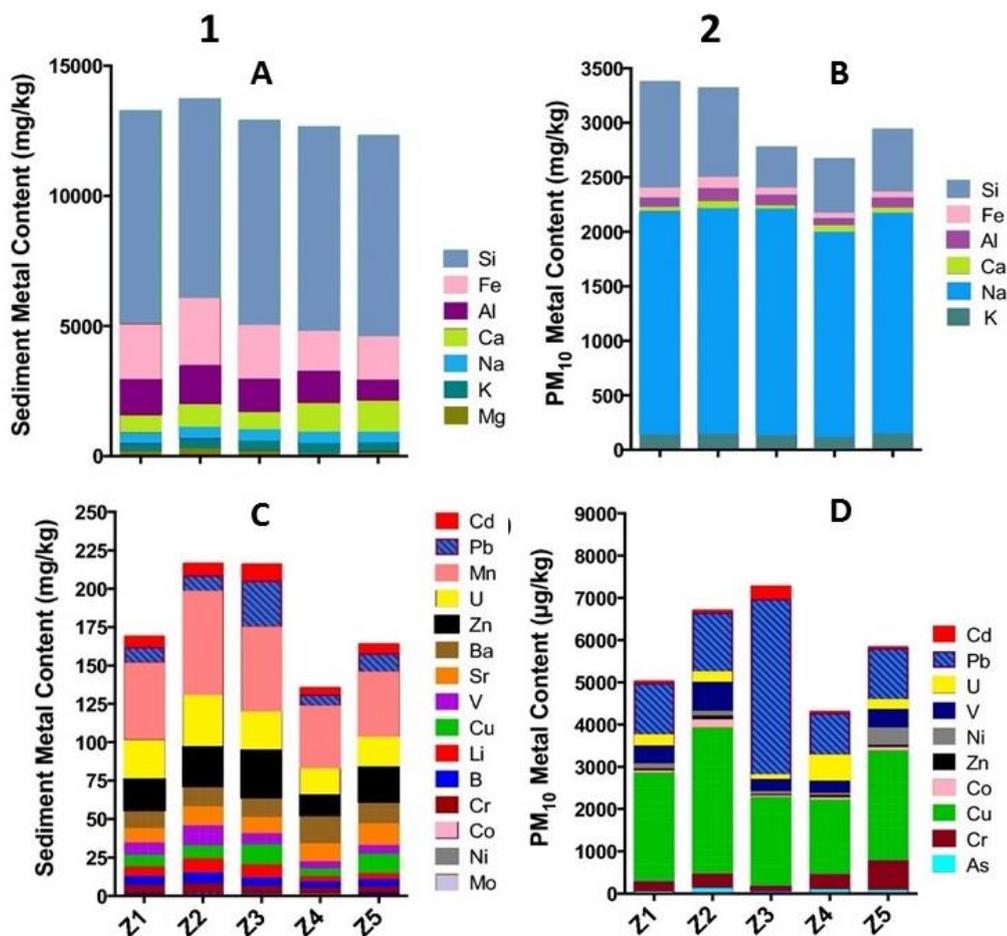


Рисунок 13 - Макро- (А, В) и микро- (С, D) компонентный состав атмосферной пыли (в среднем 1) и ее фракции <math><10\text{ мкм}</math> (2)

В экспериментах по воздействию пыли на мышей, проведенных в университете Нью-Мексико, показано, что вдыхаемая фракция пыли со средним аэродинамическим диаметром <math><10\text{ мкм}</math>, вводимая способом ротоглоточной аспирации, вызывает легочное воспаление и системную сосудистую дисфункцию. Выявлена прямая корреляционная зависимость между концентрацией Pb и Cd во вдыхаемой фракции пыли и воспалением легких [19].

Система почва-растительность в техногенных условиях

Оценено состояние почв и растительности на участке разгрузки кислых рудничных вод сульфидно-вольфрамового месторождения с общей минерализацией до 4153 мг/дм^3 . Почвы и растения территории по показателю суммарного загрязнения (30-60 и 34-614, соответственно) относятся к сильно загрязненным (рис. 14). Приоритетными загрязнителями для почв являются Zn, Cu и Cd, для растений – Zn и Cd [20].

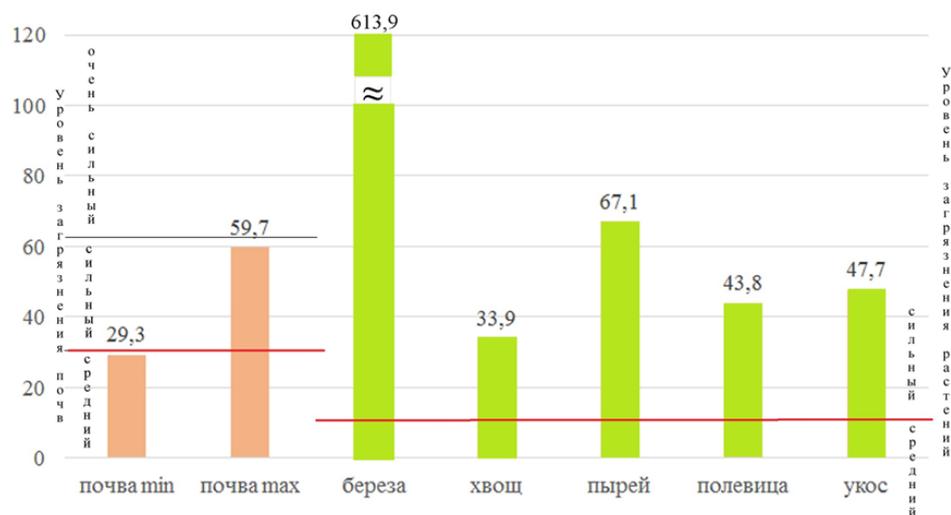


Рисунок 14 - Показатель суммарного загрязнения почв и растений на участке разгрузки рудничных вод

Получены новые данные о трансформации почв под воздействием отходов переработки руд Джидинского вольфрамомолибденового комбината. Выявлено влияние техногенеза на микроморфологическое строение почвы, выражающееся в увеличении плотности микроагрегатов, количестве железистых новообразований и доли аутигенных минералов. Накопление потенциально опасных химических элементов в верхних органогенных горизонтах почв связано с образованием металлоорганических соединений, в нижних – железистых соединений [21].

В микростроении аллювиальных болотных почв Джидинского рудного узла выявлены общие характерные особенности, отражающие их генезис (рис.15). Наличие хорошо сортированных окатанных, полуокатанных и угловатых зерен минералов и обломков горных пород отражает приуроченность этих почв к почвам аллювиального ряда горных районов. Доминирующая роль в формировании почв принадлежит почвенному криогенезу (полигональные структуры, криогенная микроагрегация, криотурбация). Гумификация растительных остатков выражена слабо – растительные остатки средней и сильной степени разложенности, ожелезнены; обугленные растительные остатки. Минеральные новообразования, являющиеся признаком гидроморфных почв, представлены: железистыми пятнами, микроортштейнами, мелкими железисто-марганцевыми конкрециями, сплошными и фрагментарными железистыми пленками по поверхности и трещинам зерен минералов и обломков горных пород.

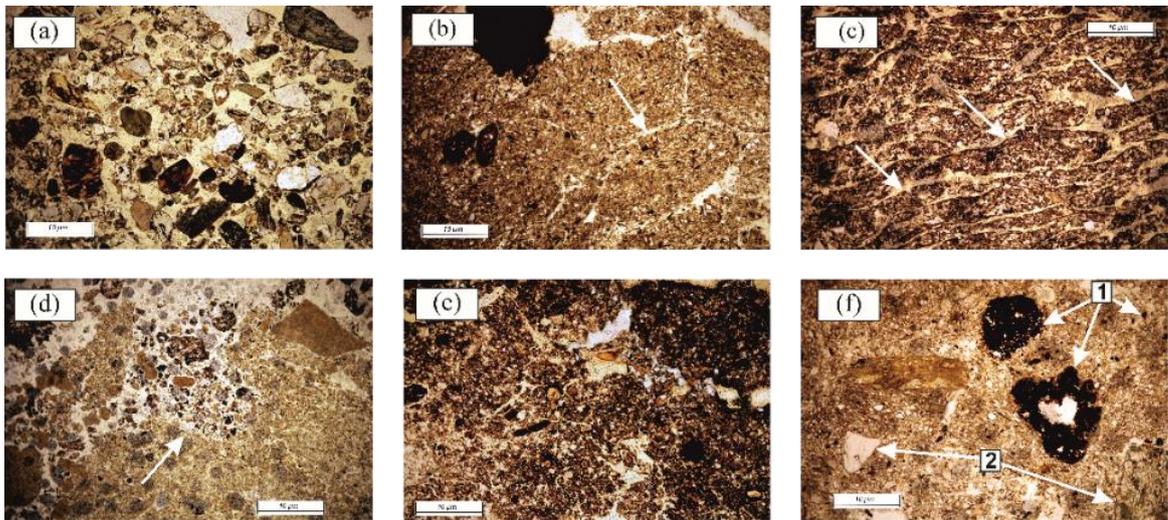


Рисунок 15 - Характерные особенности микростроения почв природных и геотехногенных ландшафтов Джидинских месторождений (ник. //): а – форма зерен минералов и горных пород; б – полигональная структура агрегатов; в – криогенная микроагрегация; г – криотурбация; д – растительные остатки: ожелезненные средней и слабой степени разложенности, обугленные; е – железистые пятна, железистые пленки по поверхности и трещинам зерен скелета

Отходы Джидинского вольфрамово-молибденового комбината в течение длительного времени перекрывающие почвы оказали влияние на ее микростроение (рис.16): увеличилась плотность сложения микроагрегатов, возросло количество железистых хлопьев и микроортуштейнов, появились сплошные железистые пленки по поверхности зерен скелета. Данные изменения отмечаются во всех генетических горизонтах почв; вниз по почвенному профилю увеличивается интенсивность проявления признаков ожелезнения. В минеральном составе почв техногенных ландшафтов Джидинского вольфрамового месторождения в сравнении с минеральным составом почв фоновых природного участка выявлены некоторые особенности: отмечено большее количество зерен выветрелого мусковита, выветрелого биотита, гидроокислов железа и рудных минералов.

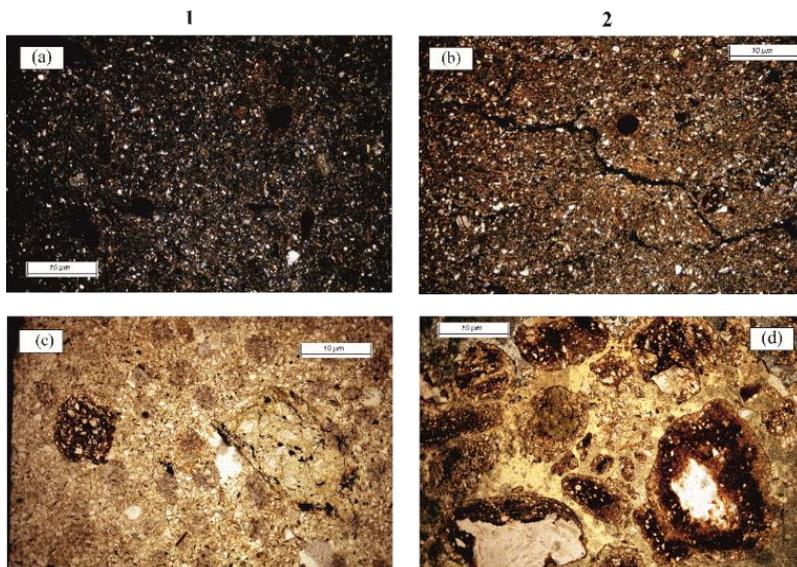


Рисунок 16 - Микроструктура глеевого горизонта аллювиальных болотных почв: 1-природный участок поймы руч. Барун-Нарын, 2-техногенные ландшафты Джидинского месторождения; (а, б) – плотность микроагрегатов (ник. X); (в, г) - железистые новообразования (ник. //)

Погребенные почвы участка бывшего отвала насыпных хвостохранилищ, характеризуются высоким содержанием Cd, Zn, F, Mo, Cu, Ni, As, Co, Pb; бывшего гидротвала – Cd, Pb, Zn, Ni, Cu, F, Mo, Co. Накопление потенциально опасных химических элементов в верхних органометных горизонтах погребенных почв связано с образованием металлоорганических соединений; в нижних горизонтах – железистых соединений. Интенсивность загрязнения почвы зависит от продолжительности хранения, состава и содержания элементов в лежалых отходах обогащения руд.

Впервые выявлено пространственное распределение природных и техногенно нарушенных почв на примере Шерлогогорского рудного района (Забайкальский край). Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает существенное влияние на почвы, выражающееся в нарушении естественного сложения и плотности природных почв, а также в формировании новых почвенных образований – техноземов [22].

Для природных почв Шерлогогорского рудного района характерно вертикально-поясное распределение. Под лугово-степной растительностью на более повышенных участках рельефа (более 1000 м БС) формируются щебнистые маломощные почвы, на менее повышенных (900-950 м БС) – черноземы бескарбонатные и мучнистокарбонатные (рис.17). Выявлено проявление аридно-теневого зональности, что подтверждается формированием среди почв степного ряда мерзлотных лугово-лесных почв. Почвы легко- и среднесуглинистые, имеют слабощелочную – нейтральную реакцию среды, высокое содержание гумуса (за исключением каштановой почвы), среднюю степень насыщенности почв основаниями; в составе обменных оснований преобладает кальций.

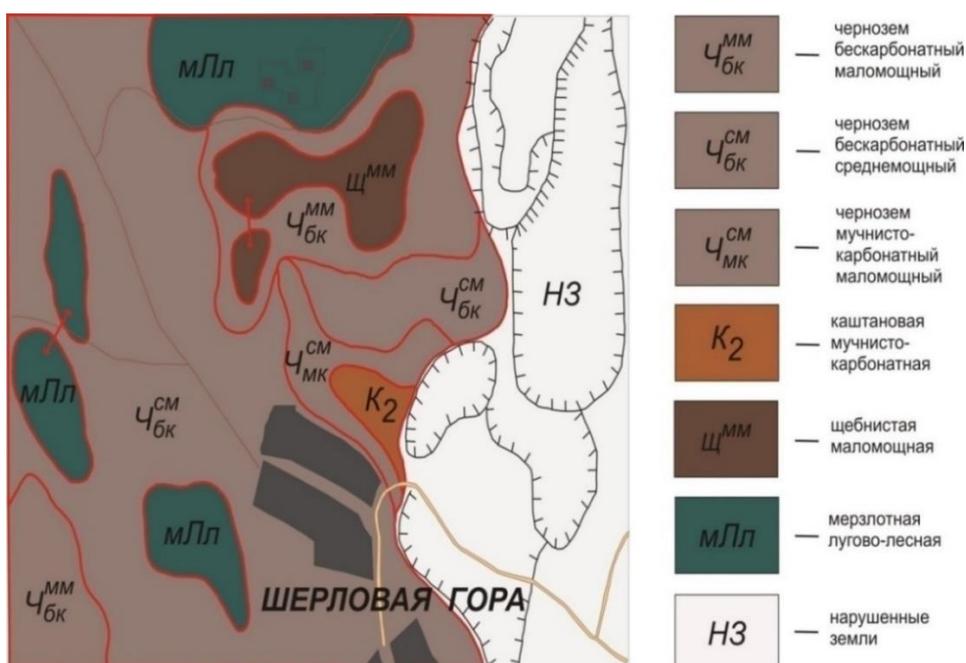


Рисунок 17 - Картосхема почв Шерлогогорского рудного района

Нарушенные земли/технозёмы представляют собой местами полностью перемешанные, местами пересыпанные каменисто-щебнистым материалом почвенные слои, расположенные, в свою очередь, в разнообразной последовательности; насыпные минеральные грунты отвалов вскрышных и вмещающих пород Шерловогорского оловополиметаллического месторождения; отходы бывшего Шерловогорского горно-обогатительного комбината; грунтовые насыпи и выровненные грунтовые площадки, созданные при разработке месторождения (рис. 18).

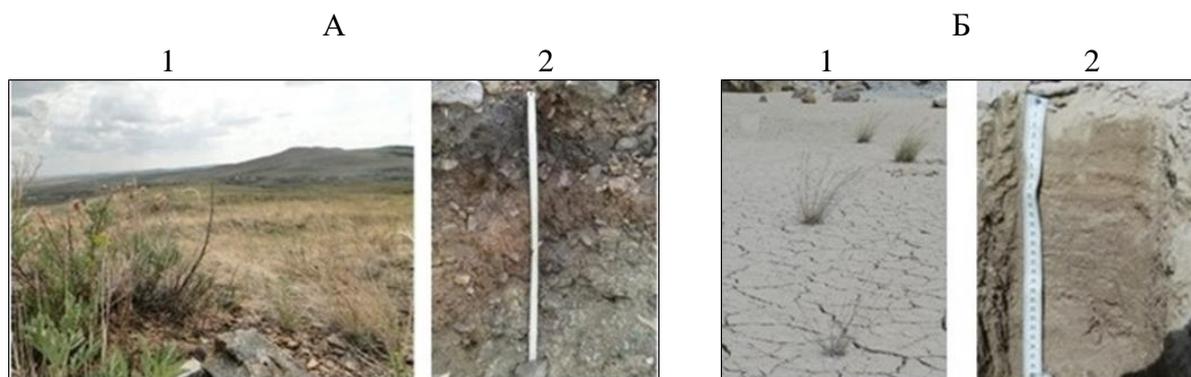


Рисунок 18 - Почвенный покров нарушенных земель (А) и технозёмов (Б): 1 – характерный ландшафт, 2 – морфологический профиль

Инструментальными методами получены новые данные и дополнены сведения о широком развитии арсенатов в пределах зоны гипергенеза Шерловогорской рудно-магматической системы, включающей бериллий-висмут-олово-вольфрамовое в грейзенах и олово-полиметаллическое месторождения [23].

Наряду с известным почти повсеместным присутствием скородита установлены и изучены арсенаты с переменным содержанием Cu – *Y-агардит* $(Y,Ca)Cu_6[AsO_4]_3(OH)_6 \cdot 3H_2O$ и редкий *цинколивенит* $Cu,Zn[AsO_4](OH)$, а также Pb и Fe *сегнитит* $PbFe_3[AsO_4]_2(OH)_5(H_2O)$ (рис.19).

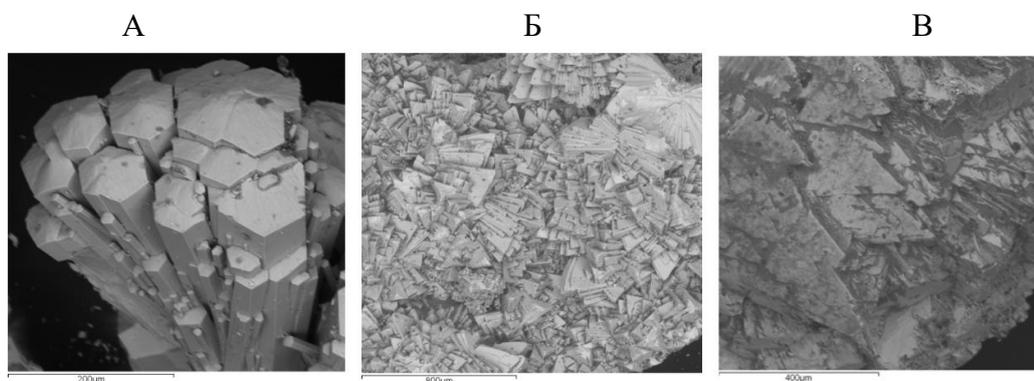


Рисунок 19 - Агрегаты кристаллов Y-агардита (А), сегнитита (Б), цинколивенита (В). Съемка в режиме VP (регулируемое давление)

Наряду с известным ранее *адамитом* $Zn_2[AsO_4](OH)$ выявлен промежуточный медистый $(Cu,Zn)[AsO_4](OH)$ член ряда *адамит – оливенит*, что обусловлено присутствием в первичных рудах арсенопирита, халькопирита и сфалерита. Установлено также присутствие *фармакосидерита* $KFe_4[AsO_4]_3(OH)_4 \cdot 6-7H_2O$, являющегося арсенатным крайним членом ряда *ярозит – фармакосидерит*. Особенностью зоны гипергенеза Шерловогорской рудно-магматической системы в ее грейзеновой части является присутствие уранил-арсенатной фазы, представленной *метацейнеритом* $Cu(UO_2)_2[AsO_4]_2 \cdot 8H_2O$ (рис.20).

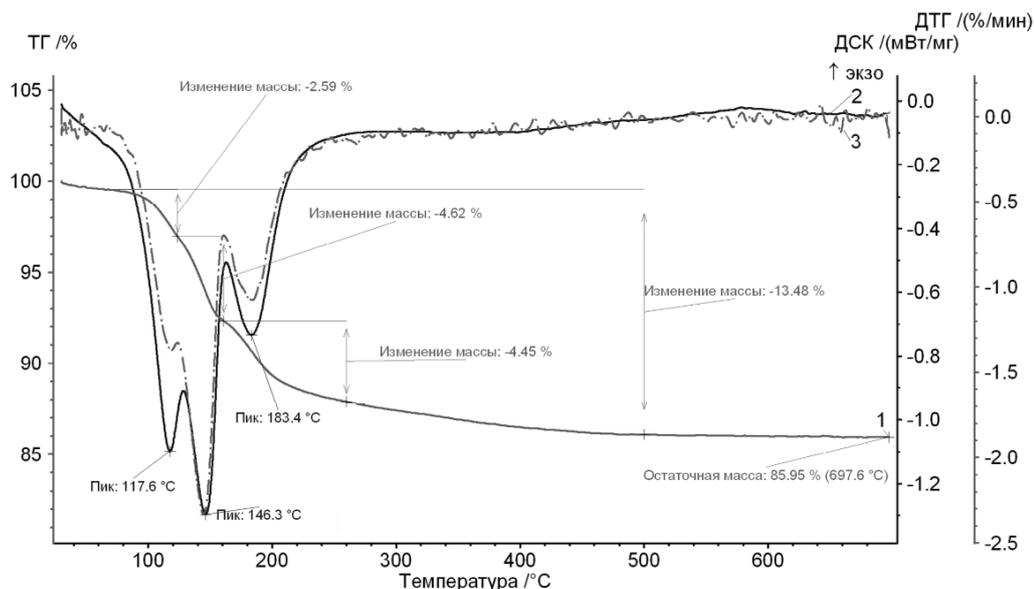


Рисунок 20 - Термограмма метацейнерита: ТГ (1), ДСК (2), ДТГ (3) кривые

Исследованы подвижные формы тяжелых металлов на загрязненных продуктами переработки молибден-вольфрамовых руд почвах, законсервированных более 70 лет.

Результаты показывают, что мобильность, доступность и вертикальная подвижность металлов различается. В частности, практически нет подвижного обменного Zn в отходах, тогда как все изученные почвенные горизонты характеризуются повышенными концентрациями Zn, до 0.6 г/кг. Cd ведет себя как Zn. Концентрация и подвижность Cu различаются по глубине. Верхний гумусовый горизонт содержит до 2.1 г/кг обменного Cu. Поведение Pb весьма специфично: почвы практически не содержат подвижных форм свинца, хотя его общая концентрация в отходах может достигать 3.9 г/кг [24].

Миграция вещества на лесных пожарищах

Установлено значимое влияние лесных пожаров на гидрологический и гидрохимический режим рек, водосборы которых подвергались пирогенным повреждениям.

На пожарищах наблюдается усиление эрозионных процессов. В воде рек повышается кислотность, возрастает минерализация и увеличивается содержание гидрокарбонат-иона (рис. 21). Изменения в химическом стоке связаны с разложением пирогенно поврежденного органического вещества.

Повышение минерализации воды в реках во всех точках наблюдения весной 2015 г. по сравнению с весной 2014 г. связано с различным поступлением загрязняющих веществ в снежный покров. Исследования снежного покрова на пирогенно поврежденных лесных территориях показали, что в первую зиму после прохождения крупных пожаров минерализация снежного покрова значительно повышается, что приводит к увеличению химического стока с пострадавшей территории [25]. Более напряженная лесопожарная обстановка летом 2014 г. обусловила повышенное содержание загрязняющих компонентов в снежном покрове зимой 2014-2015 гг. по сравнению с зимой 2013-2014 гг., что привело к повышенному химическому стоку в реки весной 2015 г. Изменение показателя рН в сторону кислой реакции и одновременное повышение концентрации гидрокарбонат-иона в речных водах согласуются с результатами анализа снежного покрова в первый послепожарный год.

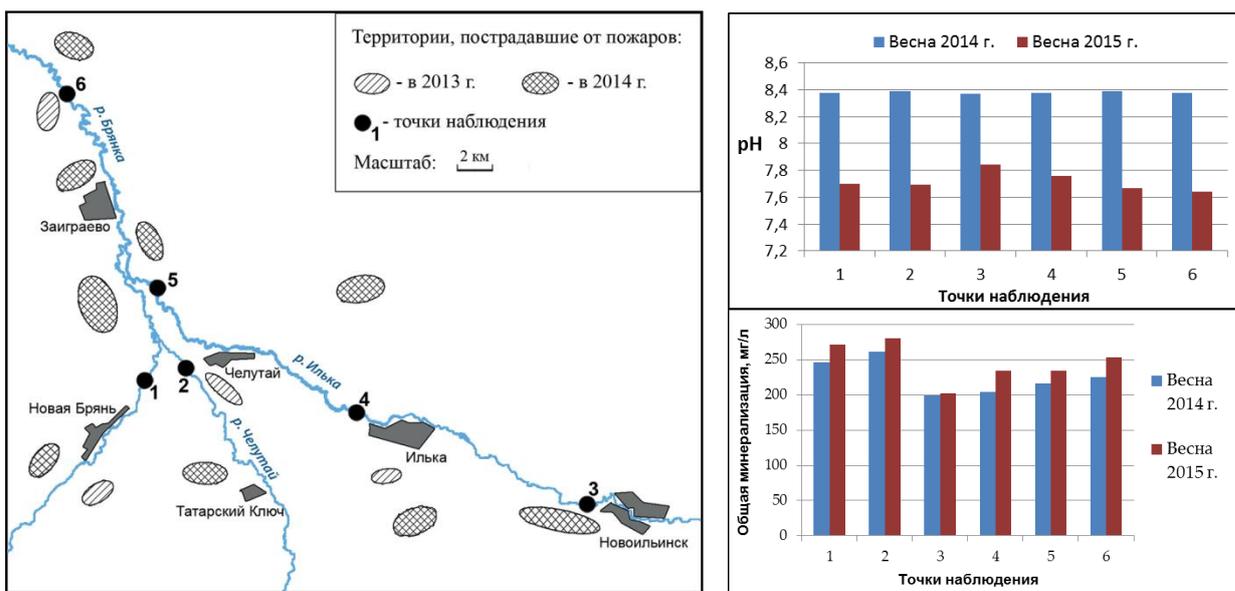


Рисунок 21 - Схема размещения временных гидрологических постов, рН и общая минерализация воды по данным весенних наблюдений 2014 и 2015 гг.

Устойчивое ежегодное увеличение числа пожаров в районе с 2013 г. привело к повышению содержания большинства определяемых микроэлементов в речной воде. Характерная особенность содержания микроэлементов в речной воде исследуемой системы – сезонная динамика. Наблюдаются повышенные концентрации большинства микроэлементов в образцах, отобранных весной, по сравнению с образцами, отобранными в осенний период. Это связано с высокой десорбирующей способностью талой воды [26].

Лесные пожарища длительное время генерируют большое количество экологически наиболее опасных тонкодисперсных частиц. Установлены размеры, морфология и химический состав твердых включений в снежном покрове на пожарищах и в зоне их атмосферного влияния. Обследовались лесные участки на территории Заиграевского района Республики Бурятия, поврежденные крупными пожарами в 2010, 2011 и 2014 гг., а также участок за пределами пожарищ, который находился на удалении около 5 км от пожарищ 2010 и 2011 гг., и около 10 км от пожарища 2014 г. (рис. 22). Это обеспечило возможность сравнить уровни загрязнения непосредственно на пожарищах различной давности и на окружающих территориях.

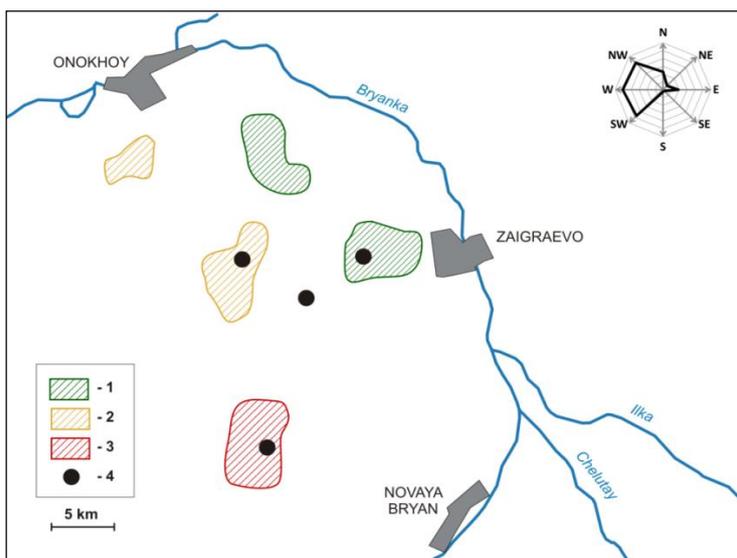


Рисунок 22 - Схема расположения участков отбора проб снега. 1 – пожарища 2010 г.; 2 – пожарища 2011 г.; 3 – пожарища 2014 г.; 4 – участки отбора проб

В составе дисперсных частиц снежного покрова, взятого с лесных пожарищ и окружающих территорий, обнаружено большое количество частиц субмикронных и околмикронных размеров. Частицы более крупных фракций имеют свойство накапливаться непосредственно в зоне пожарищ; суб- и околмикронные частицы вовлечены в активную атмосферную миграцию из зоны пожарищ. Большое количество тонкодисперсных частиц говорит о высокой экологической опасности, которую пожарища представляют в течение многих лет (рис. 23).

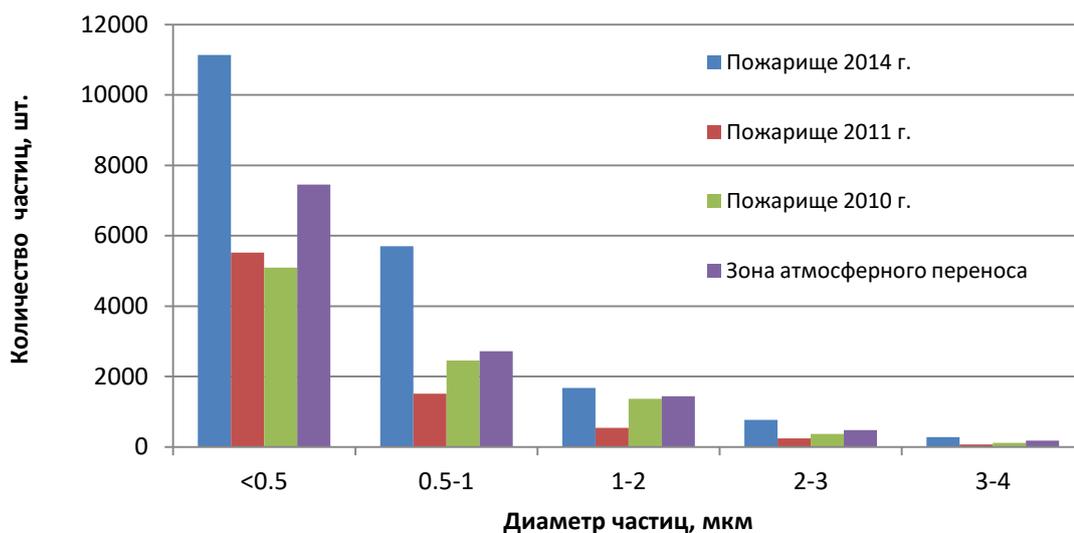


Рисунок 23 - Распределение дисперсных частиц по размерам на 0,1 мм² площади электронных снимков

Выделено две формы частиц: 1) состоящие из отдельных зерен, 2) состоящие из ассоциации более мелких частиц, скрепленных в единое целое. Частицы, представленные отдельными зернами, состоят либо преимущественно из углерода (рис 24), либо имеют алюмосиликатный состав (рис. 25). Алюмосиликатные частицы на пожарищах часто выступают в качестве центров агрегации частиц органического происхождения.

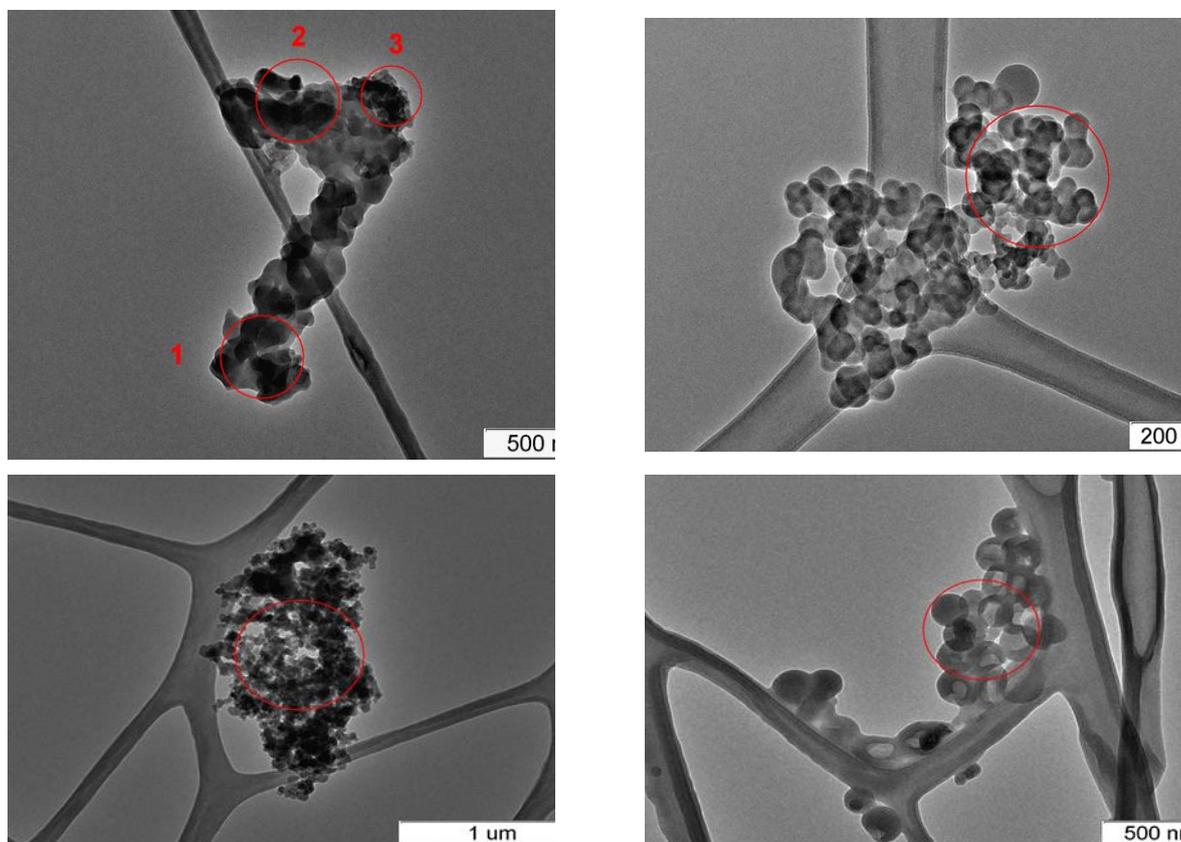


Рисунок 24 - Углеродистые конденсационно-коагуляционные частицы околомикронного размера

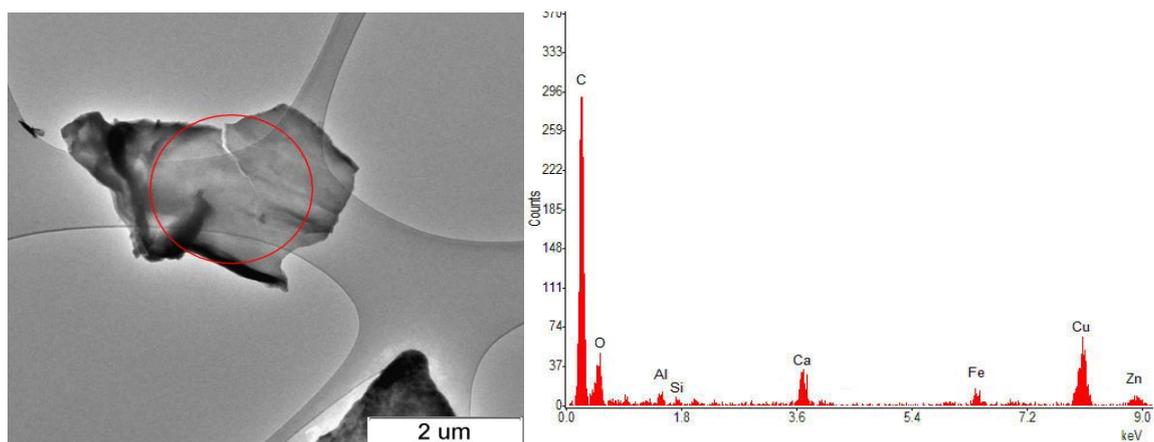


Рисунок 25 - Частица в виде отдельного зерна, характерная для снежного покрова лесных пожарниц и ее EDX-спектр

В снежном покрове пожарниц и окружающих территорий углеродистые частицы широко представлены фракцией околOMICронного размера. Судя по морфологии, они сформированы по конденсационно-коагуляционному механизму в момент пожара (см. рис.25).

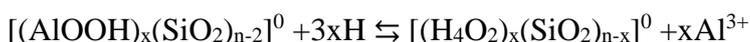
Подобные частицы фиксировались в снежном покрове в районах пожарниц на протяжении четырех лет после пожара. Несмотря на кажущуюся хрупкость, они проявляют устойчивость длительное время и активно участвуют в воздушной миграции. Эти частицы образуют очень своеобразную группу и по размеру, и по морфологии, и по химическому составу, они способны переноситься на большие расстояния и в момент пожара, и в после пожарный период [27].

Экспериментальное исследование адсорбционных процессов

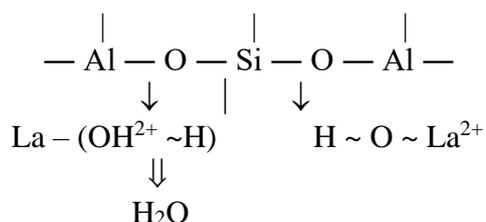
Установлена зависимость сорбционной способности минералов цеолита (анальцима, стильбита, мезолита, сколецита, шабазита) по отношению к редкоземельным элементам от наличия 8-членных кремнекислородных колец в структуре минерала, типа каналов, природы обменного катиона, а также концентрации ионов кислорода, обеспечивающих электростатическое притяжение ионов редкоземельных элементов к каркасу цеолита.

Методом ИК-спектроскопии изучены природные образцы анальцима, мезолита, стильбита, шабазита, сколецита и их La-замещенных форм. Сорбция ионов лантана мономинералами цеолитов вызвала смещение полос поглощения в области характеристических деформационных колебаний внутри тетраэдров в спектрах стильбита, шабазита и мезолита. Предположено, что сдвиг полос поглощения обусловлен

возмущением каркаса цеолитов электростатическими взаимодействиями с ионами лантана. Установлено, смещение полос поглощения в области колебаний структурных групп алюмо-кремний-кислородного каркаса. Достаточно заметное смещение частот с 707 до 714 см⁻¹ произошло в области внутритетраэдрических симметричных валентных колебаний в спектрах стильбита, мезолита, сколецита. Сдвиг полос поглощения в области колебаний 650–820 см⁻¹ свидетельствует о частичном удалении алюминия. Процесс деалюминирования достаточно сложен в связи с разрывом связей Si – O – Al и замещением каркасного алюминия на гидроксильные группы. В результате реакции гидроксильная форма цеолита переходит в деалюминированную форму.



Выявлено, появление новой полосы поглощения при 953 см⁻¹ в спектре стильбита и смещение полосы поглощения с 939 см⁻¹ до 932 см⁻¹ в спектре мезолита в области колебаний связи Al – OH, возможно, связано с сорбцией ионов лантана с образованием новых связей La – O с кислородом каркаса.



Установлено, что в результате сорбции ионов лантана происходит снижение избыточного отрицательного заряда каркаса цеолитов в результате компенсации положительными ионами редкоземельного металла. Ион лантана образует связь с кислородом гидроксильных групп, локализующихся либо в малых полостях, гексагональных призмах или содалитовых ячейках цеолита [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставленные в проекте задачи выполнены полностью. Установлено, что в углекислых минеральных водах среди растворенных органических веществ доминируют простые эфиры, в значимых количествах присутствуют спирты, сложные эфиры, алканы, алкены и терпены. В железистых водах растворенные органические вещества представлены только простыми и сложными эфирами и спиртами. Состав свободных газов, в основном, представлен углекислым газом и азотом. Из других газов в значимых количествах присутствует кислород, метан, гелий. Изотопный состав углерода в свободном углекислом газе относительно легкий, что указывает на его полигенную природу и существенном влиянии на эндогенный поток газа окислительного разложения органического вещества.

Выявлено влияние техногенеза на микроморфологическое строение почвы, выражающееся в увеличении плотности микроагрегатов, количестве железистых новообразований и доли аутигенных минералов. Накопление потенциально опасных химических элементов в верхних органогенных горизонтах почв связано с образованием металлоорганических соединений, в нижних – металложелезистых соединений.

Установлено влияние на здоровье атмосферной пыли, образующейся на территории лежалых отходов обогащения руд Джидинского вольфрамомолибденового комбината. В экспериментах по воздействию пыли на мышей показано, что вдыхаемая фракция пыли со средним аэродинамическим диаметром <10 мкм вызывает легочное воспаление и системную сосудистую дисфункцию. Выявлена прямая корреляционная зависимость между концентрацией свинца и кадмия во вдыхаемой фракции пыли и воспалением легких.

Установлено влияние лесных пожаров на гидрологический и гидрохимический режим рек, водосборы которых подвергались пирогенным повреждениям. В воде рек, дренирующих пожарища, повышается кислотность, возрастает минерализация и увеличивается содержание гидрокарбонат-иона. Показано, что изменения в химическом стоке связаны с разложением пирогенно поврежденного органического вещества.

На примере р. Модонкуль показано, что под воздействием отходов добычи и переработки руд происходит коренное изменение химического состава воды в реках. Гидрокарбонатный кальциевый тип воды меняется на сульфатный магниевый-кальциевый. При смешивании кислых рудничных вод со слабо щелочной водой реки происходит образование гидроксидов железа и возрастает доля тяжелых металлов, мигрирующих во взвешенной форме.

Полученные результаты имеют большое практическое значение. В результате выполнения проекта разработана новая концепция обращения с отходами добычи и переработки руд. Предложен новый безопасный способ хранения отходов переработки руд в хвостохранилище, оборудованном дренажной и нейтрализующей системами.

Научный уровень проведенных исследований соответствует мировому уровню. Фактический материал получен с использованием современных методов анализа вещества в сертифицированных лабораториях. Для обоснования результатов и выводов применена математическая обработка результатов исследования с помощью многомерных статистических методов анализа. Результаты исследования опубликованы в международных и российских изданиях с высоким импакт-фактором, включая журналы первой и второй четверти.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Алифатические углеводороды углекислых минеральных и азотных термальных вод Западного Забайкалья // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2020. – С.179-183. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183.
2. Потурай. В.А. Органическое вещество в поверхностных и подземных водах района Анненского геотермального месторождения (Дальний Восток) // Геохимия. – 2017. – №4. – С. 372-380. DOI: 10.7868/S0016752517020054.
3. Плюснин А.М., Украинцев А.В., Чернявский М.К. Органическое вещество в углекислых минеральных водах Витимского плоскогорья и Восточного Саяна // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием 20-25 августа 2018г., г. Чита (ИПРЭК СО РАН, ИНГГ СО РАН, ЗабГУ) / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2018. – С.68-71.
4. Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Чернявский М.К., Жамбалова Д.И., Будаев Р.Ц., Ангахаева Н.А. Генезис воды и растворенных веществ содовых озер Нижнего куйтуна Баргузинской впадины // География и природные ресурсы. – 2020. – №3. – С. 89-97. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(89-97).
5. Плюснин А.М., Хажеева З.И., Санжанова С.С., Перязева Е.Г., Ангахаева Н.А. Сульфатные минеральные озера Западного Забайкалья: условия образования, химический состав воды и донных отложений / Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 8. – С. 1055-1073. DOI: 10.15372/GiG2019154
6. Борисенко И.М., Адушинов А.А., Литвиненко Т.Е. Месторождения подземных вод горно-складчатых областей (на примере Прибайкалья и Западного Забайкалья). – М: Изд-во Наука, 1990. – 126 с.
7. Дорошкевич А.Г., Кобылкина О.В., Рипп Г.С. Роль сульфатов в образовании карбонатитов Западного Забайкалья // Доклады Академии Наук. – 2003. – Т. 388 (4). – С. 535-538.
8. Смирнова О.К., Плюснин А.М., Хажеева З.И. Современное минералообразование в местах складирования отходов горнорудной промышленности // Отечественная геология. – 2013. – №3. – С. 104-111.
9. Плюснин А.М., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Ташлыков В.С. Редкие земли в поверхностных и подземных водах на территории размещения

вольфрамдобывающего производства Забайкалья // Геохимия. – 2020. – Т. 65. – №7. – С. 711-728. DOI: 10.31857/S0016752520060102.

10. Plyusnin A., Smirnova O., Robinson P. Storage and processing of acid waste waters of mining enterprises // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction. E3S Web of Conferences, 98, 01041 / Изд-во: EDP Sciences, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/2019980104.

11. Борзенко, С.В., Замана Л.В., Зарубина О.В. Распределение редкоземельных элементов в водах и донных осадках минеральных озер Восточного Забайкалья (Россия) // Литология и полезные ископаемые. – 2017. – №4. – С. 306-321.

12. Шварцев С.Л., Колпакова М.Н., Исупов В.П., Владимиров А. Г., Ариунбилэг С. Геохимия и формирование состава соленых озер западной Монголии // Геохимия. – 2014. – № 5. – С. 432–449.

13. Дабаева В.В., Плюснин А.М. Экспериментальное исследование взаимодействия кислых поровых вод Джидинского хвостохранилища с известняком // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: География. Геоэкология. – 2017. – №4. – С. 65-75.

14. Плюснин А.М. Основы геоэкологической безопасности при разработке рудных месторождений // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып.19. Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблеме геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии / Москва: РУДН, 2017. – С. 261- 266.

15. Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И. Хвостохранилище для хранения отходов горнодобывающих предприятий // Патент РФ №2633051. Российская Федерация / 04.04.2016.

16. Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л., Плюснин А.М. Потенциальные природные опасности освоения Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) / Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2017. – №2. – С. 14-21.

17. Khazheeva Z.I., Plyusnin A.M., Smirnova O.K., Peryazeva E.G., Zhambalova D.I., Doroshkevich S.G., Dabaeva V.V. Mining Activities and the Chemical Composition of R. Modonkul, Transbaikalia // Water. – 2020. – 12(4): 979. DOI:10.3390/w12040979.

18. Бардамова И.В. Исследование физико-химических свойств рудничных вод методом лазерной дифрактометрии // Подземные воды востока России Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) / Новосибирск, 2018. – С. 76-79.

19. Zychowski K.E., Wheeler A., Sanchez B., Harmon M., Steadman Tyler C.R., Herbert G., Lucas S.N., Ali A.-M., Avasarala S., Kunda N., Robinson P., Muttill P., Cerrato J.M., Bleske B., Smirnova O., Campen M. J. Toxic Effects of Particulate Matter Derived from Dust Samples Near the Dzhidinski Ore Processing Mill, Eastern Siberia, Russia // *Cardiovascular Toxicology*. – 2019. – 19(5). – PP. 401-411. DOI: 10.1007/s12012-019-09507-y.

20. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Штарева А.В. Оценка загрязненности территории, дренируемой рудничными водами сульфидно-вольфрамового месторождения (Западное Забайкалье) // *Экология и промышленность России*. – 2017. – Т. 21. – № 6. – С. 54-57.

21. Doroshkevich S.G., Smirnova O.K., Sheshukova A.A. Soils of Technogenic Landscapes from Tungsten Mine: Micromorphological Structure, Mineral and Chemical Compositions // *Processes and Phenomena on the Boundary between Biogenic and Abiogenic Nature*», Editors (view affiliations) Olga V. Frank-Kamenetskaya, Dmitry Yu. Vlasov, Elena G. Panova, Sofia N. Lessovaia *Lecture Notes in Earth System Sciences / Springer*, 2019. – PP. 435-455. DOI: 10.1007/978-3-030-21614-6_24.

22. Солодухина М.А., Дорошкевич С.Г. Почвы степных ландшафтов Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // *Геосферные исследования*. – 2019. – № 4. – С. 24-34. DOI: 10.17223/25421379/13/3.

23. Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. Новые данные об арсенатах зоны гипергенеза Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // *Геосферные исследования*. – 2018. – №4. – С. 44-55.

24. Fedotov P.S., Dzhendloda R.Kh., Dampilova B.V., Doroshkevich S.G., Karandashev V.K. Unexpected behaviour of Zn, Cd, Cu and Pb in soils contaminated by ore processing after 70 years of burial // *Environmental Chemistry Letters*. – 2018. – V. 16. – № 2. – PP. 637–645. DOI: 10.1007/s10311-018-0710-2.

25. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M., Chernyavskii M.K. Effect of Forest Fires on the State of Rivers in Zaigraevskii Raion, the Republic of Buryatia // *Water Resources*. – 2019. – V. 46. – No. 1. – PP. 11-18. DOI: 10.1134/S0097807818050226.

26. Плюснин А.М., Гунин В.И. Природные гидрогеологические системы, формирование химического состава и реакция на техногенное воздействие (на примере Забайкалья) // Улан-Удэ: Изд. БНЦ СО РАН, 2001. – 137с.

27. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M., Zaikovskii V.I. Morphology and chemical composition of dispersed particles in the snow cover of burnt forest areas in Western Transbaikalia (Russia) // *Applied Geochemistry*. – 2020. – Vol. 122. – С. 104723. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104723.

28. Дампилова Б.В., Зонхоева Э.Л. Исследование природных лантансодержащих цеолитов методом ИК-спектроскопии // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т. 19. – №1. – С. 52-58 DOI: 10.17308/sorpchrom.2019.19/648.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Монографии:

1. Зонхоева Э.Л. Природные цеолиты Забайкалья: свойства и применение. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2018. – 192 с. Усл. печ. л. 22.3. Тираж 500. ISBN 978-5-7925-0515-5.

2. Плюснин А.М. Геолого-гидрологическая практика на восточном побережье Байкала: учеб. - метод. пособие. – Улан-Удэ. Изд-во ВСГУТУ, 2020– 76 с. Усл. печ. л. 8,83. Тираж 150 экз. ISBN 978-5- 901331-18-1.

Патенты:

1. Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И. Хвостохранилище для хранения отходов горнодобывающих предприятий // Патент РФ №2633051. Российская Федерация / 04.04.2016.

Авторефераты диссертаций:

1. Дабаева В.В. Формирование химического состава подземных и поверхностных вод на территории разработки вольфрамовых месторождений Забайкалья: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2019. – 19 с (1,25 усл. печ. л.), тираж 120.

2. Украинцев А.В. Особенности миграции химических элементов в снежном покрове и поверхностных водах в районах лесных пожаров Центральной Бурятии: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. 22 с. (1,4 усл. печ. л.), тираж 120.

Научные публикации в журналах, индексируемые в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования:

1. Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г., Голубева Е.М. Использование отходов после очистки рудничных вод сульфидно-вольфрамового месторождения в качестве нетрадиционных микроэлементных удобрений // Агрохимия. – 2017. – № 1. – С. 19-27.

2. Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л., Плюснин А.М. Потенциальные природные опасности освоения Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) / Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2017. – №2. – С. 14-21.

3. Будаев Р.Ц., Плюснин А.М., Кононов Е.Е. Геоморфолог Даши-Дондок Базарович Базаров – исследователь Забайкалья // География и природные ресурсы. – 2018. – №3. – С. 193-195. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(193-195).

4. Дабаева В.В., Плюснин А.М. Экспериментальное исследование взаимодействия кислых поровых вод Джидинского хвостохранилища с известняком // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: География. Геоэкология. – 2017. – №4. – С. 65-75.

5. Дамбинова Е.Ц., Банзаракцаева Т.Г., Данилова Э.В., Чернявский М.К. Макро- и микроэлементный состав воды холодного источника Буксыхен (Баргузинская котловина) // Вестник Бурятского Государственного Университета. Химия. Физика. – 2018. – № 1. – С. 38-42. DOI: 10.18101/2306-2363-2018-1-38-42.

6. Дампилова Б.В., Федотов П.С., Дженлода Р.Х., Федюнина Н.Н., Карандашев В.К. Сравнительное изучение методов оценки подвижности форм элементов в загрязненных почвах и техногенных песках в условиях статического и динамического экстрагирования // Журнал аналитической химии. – 2017. – Т. 72. – № 10. – С. 944–951.

7. Дампилова Б.В., Зонхоева Э.Л. Исследование природных лантансодержащих цеолитов методом растровой электронной микроскопии // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т. 19. – № 2. – С. 192-199. DOI: 10.17308/sorpchrom.2019.19/738.

8. Дампилова Б.В., Зонхоева Э.Л. Равновесие и кинетика сорбции ионов лантана на природных цеолитах. // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 325-333. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2019.19/749>.
9. Дампилова Б.В., Зонхоева Э.Л. Исследование природных лантаносодержащих цеолитов методом ИК-спектроскопии // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2019. – Т. 19. – №1. – С. 52-58. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2019.19/648>.
10. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Штарева А.В. Оценка загрязненности территории, дренируемой рудничными водами сульфидно-вольфрамового месторождения (Западное Забайкалье) // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – № 6. – С. 54-57.
11. Дорошкевич С.Г., Чернявский М.К. Содержание и распределение химических элементов в системе "вода-почва-растение" Алгинского гидроминерального комплекса (Западное Забайкалье) / Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: География. Геоэкология. – 2018. – № 4. – С. 15-25.
12. Doroshkevich S.G., Smirnova O.K., Sheshukova A.A. Soils of Technogenic Landscapes from Tungsten Mine: Micromorphological Structure, Mineral and Chemical Compositions // Processes and Phenomena on the Boundary between Biogenic and Abiogenic Nature», Editors (view affiliations) Olga V. Frank-Kamenetskaya, Dmitry Yu. Vlasov, Elena G. Panova, Sofia N. Lessovaia Lecture Notes in Earth System Sciences / Springer, 2019. – PP. 435-455. DOI: [10.1007/978-3-030-21614-6_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21614-6_24).
13. Zippa E., Plyusnin A., Shvartsev S. The chemical and isotopic compositions of thermal waters and gases in the Republic of Buryatia, Russia // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction. E3S Web of Conferences, 98, 01055 / Изд-во: EDP Sciences, 2019. DOI: [10.1051/e3sconf/20199801055](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199801055).
14. Зонхоева Э.Л., Дампилова Б.В. Математическое моделирование процесса сорбции ионов La³⁺, Ce³⁺, Pr³⁺ из смешанных растворов цеолитовым туфом // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2017. – Т. 17. – № 5. – С. 797-803.
15. Лаврентьева Е.В., Раднагуруева А.А., Банзаракцаева Т.Г., Базаров С.М., Бархутова Д.Д., Ульзетуева И.Д., Чернявский М.К., Кабилов М.Р., Хахинов В.В. Филогенетический анализ микробного мата в горячем источнике Гарга (Байкальская рифтовая зона) и разнообразие природных пептидаз // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21. – № 8. – С. 959-963. DOI: [10/18699/VJ17/319](https://doi.org/10.18699/VJ17/319).
16. Перязева Е.Г., Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Гидрологические и гидрохимические особенности формирования поверхностных вод междуречья. Олоkit-Тья-Холодная (Северное Прибайкалье) // География и природные ресурсы. – 2020. – №4. – С. 105-114.
17. Плюснин А.М., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Ташлыков В.С. Редкие земли в поверхностных и подземных водах на территории размещения вольфрамдобывающего производства Забайкалья // Геохимия. – 2020. – Т. 65. – №7. – С. 711-728. DOI: [10.31857/S0016752520060102](https://doi.org/10.31857/S0016752520060102).
18. Plyusnin A.M., Dabaeva V.V., Zhambalova D.I., Peryazeva E.G., Tashlykov V.S. Rare Earth Elements in Surface and Groundwaters in the Area of a Tungsten-Mining Enterprise in Transbaikalia, Russia // Geochemistry International. – 2020. – Vol. 58. – No. 7. – PP. 850–865. DOI: [10.1134/S0016702920060105](https://doi.org/10.1134/S0016702920060105).
19. Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Чернявский М.К., Жамбалова Д.И., Будаев Р.Ц., Ангахаева Н.А. Генезис воды и растворенных веществ содовых озер Нижнего куйтуна Баргузинской впадины // География и природные ресурсы. – 2020. – №3. – С. 89-97. DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2020-3\(89-97\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(89-97)).
20. Плюснин А.М., Хажеева З.И., Санжанова С.С., Перязева Е.Г., Ангахаева Н.А. Сульфатные минеральные озера Западного Забайкалья: условия образования, химический состав воды и донных отложений / Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 8. – С. 1055-1073. DOI: [10.15372/GiG2019154](https://doi.org/10.15372/GiG2019154).

21. Plyusnin A., Smirnova O., Robinson P. Storage and processing of acid waste waters of mining enterprises // 16th International Symposium on Water-Rock Interaction. E3S Web of Conferences, 98, 01041 / Изд-во: EDP Sciences, 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/20199801041.
22. Plyusnin A.M., Khazheeva Z.I., Sanzhanova S.S., Peryazeva E.G., Angakhaeva N.A. Sulfate Mineral Lakes of Western Transbaikalia: Formation Conditions and Chemical Composition of Waters and Bottom Sediments // Russian Geology and Geophysics. – 2020. – Vol. 61. – No. 8. – PP. 858–873. DOI:10.15372/RGG2019154.
23. Санжанова С.С., Хажеева З.И. Влияние рудничных стоков штольни и притока Инкур на химический состав реки Модонкуль // Проблемы региональной экономики. – 2019. – № 3. – С. 42-46. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13042.
24. Санжанова С.С., Зонхоева Э.Л. Сорбция ионов молибдена (VI) на природных минеральных сорбентах // Журнал физической химии. – 2017. – Т. 91. – № 11. – С. 1917-1923.
25. Sarapulova A., Dampilova B.V., Bardamova I., Doroshkevich S.G., Smirnova O. Heavy metals mobility associated with the molybdenum mining-concentration complex in the Buryatia republic, Germany // Environmental science and pollution research. – 2017. – Vol. 24. – № 12. – PP. 11090–11100. DOI: 10.1007/s11356-017-8579-3.
26. Солодухина М.А., Дорошкевич С.Г. Почвы степных ландшафтов Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // Геосферные исследования. – 2019. – № 4. – С. 24-34 DOI: 10.17223/25421379/13/3.
27. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M., Chernyavskii M.K. Effect of Forest Fires on the State of Rivers in Zaigraevskii Raion, the Republic of Buryatia // Water Resources. – 2019. – V. 46. – № 1. – PP. 11-18. DOI: 10.1134/S0097807818050226.
28. Ukraintsev A.V., Plyusnin A.M., Zaikovskii V.I. Morphology and chemical composition of dispersed particles in the snow cover of burnt forest areas in Western Transbaikalia (Russia) // Applied Geochemistry. – 2020. – Vol. 122C. – 104723. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2020.104723.
29. Fedotov P.S., Dzhendloda R.Kh., Dampilova B.V., Doroshkevich S.G., Karandashev V.K. Unexpected behaviour of Zn, Cd, Cu and Pb in soils contaminated by ore processing after 70 years of burial // Environmental Chemistry Letters. – 2018. – V. 16. – № 2. – PP. 637–645. DOI: 10.1007/s10311-018-0710-2.
30. Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. Новые данные об арсенатах зоны гипергенеза Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // Геосферные исследования. – 2018. – №4. – С. 44-55.
31. Хажеева З.И. Химический состав воды р. Модонкуль в современных условиях. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 6. – С. 183-187.
32. Хажеева З.И., Плюснин А.М. Современное состояние воды озера Гусиное (Западное Забайкалье) // Водные ресурсы. – 2018. – Т. 45. – № 1. – С. 68-74. DOI: 10.7868/S032105961801011X.
33. Khazheeva Z.I., Plyusnin A.M. Current State of Water Resources of Gusinoe Lake (Western Transbaikalia) // Water Resources. – 2018. – 45(1). – P. 104-110. DOI: 10.1134/S0097807818010116.
34. Хажеева З.И., Санжанова С.С. Химический состав сточных вод очистных сооружений и снижение подвижности тяжелых металлов в результате известкования иловых осадков // Вода: химия и экология. – 2018. – №7-9. – С. 69-74.
35. Khazheeva Z.I., Plyusnin A.M., Smirnova O.K., Peryazeva E.G., Zhambalova D.I., Doroshkevich S.G. and Dabaeva V.V. Mining Activities and the Chemical Composition of R. Modonkul, Transbaikalia // Water. – 2020. – 12(4): 979. DOI:10.3390/w12040979.
36. Хажеева З.И., Санжанова С.С. Формирование химического состава воды реки Модонкуль в условиях дренажного рудничного стока // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – №6. – С. 56-66. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-56-66.

37. Zychowski K.E., Wheeler A., Sanchez B., Harmon M., Steadman Tyler C.R., Herbert G., Lucas S.N., Ali A.-M., Avasarala S., Kunda N., Robinson P., Muttill P., Cerrato J.M., Bleske B., Smirnova O., Campen M. J. Toxic Effects of Particulate Matter Derived from Dust Samples Near the Dzhidinski Ore Processing Mill, Eastern Siberia, Russia // *Cardiovascular Toxicology*. – 2019. – 19(5). – PP. 401-411. DOI: 10.1007/s12012-019-09507-y.

38. Чернявский М.К., Плюснин А.М., Дорошкевич С.Г., Будаев Р.Ц. Рекреационно-бальнеологические особенности северо-восточной части Баргузинской котловины // *География и природные ресурсы*. – 2018. – № 2. – С. 63-72. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-2(63-72).

39. Шагжиев К.Ш., Бабиков В.А., Жигмитова С.Б., Мантатова А.В., Чернявский М.К., Оленников И.В. Природные предпосылки и социальные факторы формирования регионального геобренда «Баргузинские минеральные воды» // *Успехи современного естествознания*. – №6. – 2017. – С.102-107.

40. Юргенсон Г.А., Филенко Р.А., Смирнова О.К. Ферримолибденит в отвале молибденовой руды Бугдаинского месторождения (Восточное Забайкалье) // *Минералогия техногенеза*. – 2019. – № 20. – С. 142-150.

Публикации в сборниках:

1. Ангахаева Н.А. Влияние гидротерм на химический состав поверхностных вод восточного побережья озера Байкал // *Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 120-летию со дня рождения академика К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К.В. Радугина: в 2х томах / Томск, 2019. – С. 322-324.*

2. Ангахаева Н.А. Воздействие трещинно-жильных вод на состояние поверхностных вод на Байкальской природной территории // *Геология на окраине континента : I молодежная научная конференция-школа, приуроченная к 60-летию юбилею ДВГИ ДВО РАН. Владивосток, 14–19 сентября 2019 г. Материалы / Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2019. – С. 107-110.*

3. Ангахаева Н.А. Взаимодействие термального источника Золотой Ключ с водой реки Турка // *Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Материалы V всероссийской молодежной научной конф. / Улан-Удэ, 2019. – С. 1-4.*

4. Бардамова И.В. Геохимия рудничного дренажа сульфидно-гюбнеритового месторождения Холтосон (Закаменский район, Бурятия) // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, 10–12 апреля 2019 г.: в 2 т / Якутск: Издательский дом СВФУ, 2019. – Т.2. – С. 154-157.*

5. Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Применение цеолитовых туфов месторождений Забайкалья для очистки рудничных вод // *Сергеевские чтения. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. Под ред. В.И. Осипова, Н.Г. Максимовича, А.А. Баряха, Е.В. Булдаковой, А.Д. Деменева, О.Н. Ереминой, В.Г. Заиканова, В.Н. Катаева, Ю.А. Мамаева, О.Ю. Мещеряковой / Пермь, 2019. – С. 572-577.*

6. Бардамова И.В. Изучение свойств геохимического барьера на основе известняка. В сборнике: *Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий // Рациональное природопользование. Современное минералообразование Труды VII Всероссийского симпозиума с международным участием и XIV Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана / Ответственный редактор Г.А. Юргенсон, 2018. – С. 217-222.*

7. Бардамова И.В. Особенности определения физико-химических характеристик рудничных вод методом лазерной дифрактометрии // *Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН / Ответственный редактор Е.В. Кислов, 2018. – С. 45-47.*

8. Бардамова И.В. Исследование физико-химических свойств рудничных вод методом лазерной дифрактометрии // Подземные воды востока России Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) / Новосибирск, 2018. – С. 76-79.

9. Бардамова И.В. Применение холинских цеолитовых туфов для очистки рудничных вод // Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции / 2018. – С. 207-210.

10. Бардамова И.В. Изменение физико-химических свойств рудничных вод под воздействием геохимического барьера на основе известняка // Сборник научных трудов международной научной конференции «Энерго-ресурсоэффективность в интересах устойчивого развития» Томский политехнический университет / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – С 169-170.

11. Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Использование природных сорбентов в схеме очистки рудничных вод сульфидно-вольфрамового месторождения Холтосон // Сборник трудов конференции. Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Москва, 04-05 апреля 2017 г / Москва, Издательство: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. – С 219-223.

12. Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Возможность использования отходов горно-обогатительного производства в качестве нетрадиционных удобрений // Мат. Международной научно-практической конференции «Современные технологии в агрономии, лесном хозяйстве и приемы регулирования плодородия почв», посвященной 65-летию агрономического факультета (Улан-Удэ, 9 июня 2017 г.) / Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. Филиппова, 2017. – 150 с. – С. 20-22.

13. Бардамова И.В., Дорошкевич С.Г. Использование отходов горно-обогатительного производства в виде нетрадиционных удобрений // Мат. Всероссийской научной конф. «Фундаментальные проблемы экологии России» (Иркутск-Листвянка, 25 июня – 1 июля 2017 г.) / Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б Сочавы СО РАН, 2017. – 230 с. – С. 23.

14. Васильева Е.В., Васильев В.И., Смирнова О.К. Расчет стока верховья ручья Зун-Тигня в комплексной модели системы «рудничные воды – природные воды» на месторождении Бом-Горхон // Мат. V Всероссийской научно-практической конференции «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН (г. Улан-Удэ, 27-31 августа 2018 г.) / Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2018. – С. 84-86.

15. Васильева Е.В., Васильев В.И., Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К. Геохимические барьеры в системе «рудничные воды – природные почвы» Джидинского сульфидно-вольфрамового месторождения // Мат. Всероссийской конференции с международным участием «Современные направления развития геохимии», посвященной 60-летию Института геохимии СО РАН и 100-летию со дня рождения академика Л. В. Таусона (Иркутск, 18–23 сентября 2017 г.) / Иркутск, 2017. – С. 147.

16. Дабаева В.В., Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Исследование возможности удаления тяжелых металлов из растворов, фильтрующихся через толщу хвостов Джидинского горно-обогатительного комбината // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2020. – С. 216-219. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-216-219.

17. Дабаева В. В., Плюснин, А. М., Жамбалова Д.И. Перспективы использования земель на территории размещения отходов Джидинского ГОКа // Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов. Материалы Всероссийской научно-практической конференции / Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2019. – С. 122-125.

18. Дабаева В.В., Плюснин А.М. Микроэлементный состав дренажных вод песков хвостохранилища Джидинского ГОКа // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Материалы V всероссийской молодежной научной конференции / Улан-Удэ, 2019. – С. 29-31.

19. Дабаева В.В., Плюснин А.М. Содержание редкоземельных металлов и золота в поровых водах хвостохранилища Джидинского ГОКа // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием / Улан-Удэ: Изд. БНЦ СО РАН, 2018. – С. 346-349.

20. Дабаева В.В., Плюснин, А.М., Будаева А.Д. Изучение процессов, протекающих в толще хвостов Джидинского ГОКа, с использованием окисленного и модифицированного бурого угля // Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН / Улан-Удэ: Издательство Бурятского государственного университета, 2018. – С. 138-140.

21. Дабаева В.В., Плюснин А.М., Жамбалова Д.И. Изучение процессов, происходящих при нейтрализации кислых техногенных песков // Материалы Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию агрономического факультета БГСХА «Современные технологии в агрономии, лесном хозяйстве и приемы регулирования плодородия почв» / Улан-Удэ, Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2017. – С. 56-58.

22. Дампилова Б.В., Жамбалова Д.И. Распределение элементов в донных отложениях озер Бурятии // Материалы IV Всероссийской конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2020. – С. 220-224. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-220-223.

23. Дампилова Б.В., Смирнова О.К., Дорошкевич С.Г. Сравнение статического и динамического методов последовательного экстрагирования химических элементов в пробах почв // Труды VII Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и XIV Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана «Рациональное природопользование», «Современное минералообразование» (г. Чита, 22-25 августа 2018 г.) / Чита: ЗабГУ, 2018. – С. 137-139.

24. Дампилова Б.В., Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Федотов П.С., Карандашев В.К. Оценка уровня загрязнения почв на рекультивированной территории бывшего хвостохранилища Джидинского вольфрамо-молибденового комбината // Мат. XII междунауч. конф.: «Окружающая среда и устойчивое развитие на Монгольском плато и сопредельных территориях» (Улан-Удэ, 3-4 августа 2017 г.) / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. – С. 92-93.

25. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К. Особенности химизма микробных сообществ поверхностных вод техногенных и природных ландшафтов Джидинских месторождений вольфрама и молибдена // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – С.114-117. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-143-146.

26. Doroshkevich S.G., Smirnova O.K., Sheshukova A.A. Soils of Technogenic Landscapes from Tungsten Mine: Micromorphological Structure, Mineral and Chemical Compositions // Processes and Phenomena on the Boundary Between Biogenic and Abiogenic Nature. Collection of papers presented at VI International Symposium. Part of the Lecture Notes in Earth System Sciences book series (LNESS). Сер. "Lecture Notes in Earth System Sciences" / Saint-Petersburg State University, 2020. – С. 435-455. DOI: 10.1007/978-3-030-21614-6_24.

27. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Бартанова С.В., Минеев А.В. U и Th в почвах геотехногенных ландшафтов Джидинского вольфрамового месторождения // Мат. V

Всероссийской научно-практической конференции «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН / Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2018. – С. 159-161.

28. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Филенко Р.А. Минеральный и химический состав почв геотехногенных ландшафтов сульфидно-вольфрамовых месторождений Забайкалья // Труды VII Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и XIV Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана «Рациональное природопользование», «Современное минералообразование» (г. Чита, 22-25 августа 2018 г.) / Чита: ЗаБГУ, 2018. – С. 140-143.

29. Doroshkevich S.G., Smirnova O.K., Sheshukova A.A. Micromorphological structure, mineral and chemical composition of soils from technogenic landscapes of tungsten mine // Materials of VI International Symposium «Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems» / Saint Petersburg: VVM Publishing Lld., 2018. – P. 63-65.

30. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Дампилова Б.В., Украинцев А.В. Состояние окружающей среды в районах размещения отходов руд Джидинского месторождения (Байкальский регион) // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат и экология северных территорий Байкальского региона: мат-лы I-й международной научно-практической конференции / Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2017. – С. 223-226.

31. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К. Распределение потенциально токсичных элементов в профиле почв рекультивированных территорий хранилищ отходов обогащения сульфидно-вольфрамовых руд // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып. 19. Мат. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва, 4-5 апреля 2017 г.) / М.: РУДН, 2017. – С. 287-291.

32. Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К., Дампилова Б.В., Украинцев А.В. Состояние окружающей среды в районах размещения отходов обогащения руд Джидинского месторождения (Байкальский регион) // Мат. Первой международной научно-практической конференции «Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат, экология северных территорий и Байкальского региона» (Иркутск-Хужир-Ольхон, 26-29 июня 2017 г.) / Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2017. – С. 223-226.

33. Doroshkevich S.G., Chernyavskii M.K., Ukraintsev A.V. The distribution of chemical elements in the landscapes of sulphate and soda lakes (West Transbaikalia) // Сборник трудов конф. 13th International conference on salt lake research (ICSLR 2017), Ulan-Ude, Russia, 21-25 августа 2017 г / Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2017. – С. 45-46.

34. Жамбалова Д.И., Плюснин А.М., Чернявский М.К., Перязева Е.Г., Украинцев А.В. Изменение гидрохимического режима озера Гусиное под воздействием угледобывающего производства // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами», 17-20 августа 2020г / Улан-Удэ: Изд-во во БНЦ СО РАН. – С.224-226. DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-224-226.

35. Жамбалова Д.И. Загрязнение снежного покрова г. Улан-Удэ // Материалы II Байкальской международной научно-практической конференции «Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: технология, климат и экология» / г. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2018. – С.80-82.

36. Жамбалова Д.И. Влияние атмосферных осадков на химический состав поверхностных вод в зоне влияния Улан-Удэнского промышленного узла // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию высшего географического образования и 60-летию фундаментальной географической науки в Бурятии «Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы» / г. Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2018. – С.301-303.

37. Жамбалова Д.И. Химический состав снежного покрова г. Улан-Удэ // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Теоретические и практические вопросы интеграции химической науки, технологии и образования» / Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2017. – С.53-57.*
38. Matthew J. Campen, Olga Smirnova, Vladimir Belogolovov. Pulmonary Toxicity of Particulate Matter Derived from Dust Samples from Dzhida Mine (Transbaikalia): Preliminary Results // *MedGeo'17. 7th International Conference on Medical Geology (August 28 – September 01, 2017, Moscow, Russia). Conference Materials / М.: The Russian Geological Society (Publishing House of I.M. Sechenov), 2017. – P. 84.*
39. Перязева Е.Г., Плюснин А.М. Гидрогеохимия поверхностных и подземных вод бассейна р. Холодная // *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием / Улан-Удэ: Изд. БНЦ СО РАН, 2018 – С. 153-156.*
40. Плюснин А.М. Геологические условия формирования углекислых минеральных вод Витимского плоскогорья // *Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОДЫ С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – С. 114-117 DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-46-48.*
41. Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Хажеева З.И., Санжанова С.С., Ангахаева Н.А. Условия образования сульфатных минеральных озер Западного Забайкалья. Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы // *Материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева / Иркутск, 2019. С. 134-135.*
42. Плюснин А.М., Дабаева В.В. Редкоземельные элементы в рудничных и поровых водах хвостохранилищ Джидинского и Бом-Горхонского ГОКов // *Подземные воды Востока России: материалы Всеросс. Совещания (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) / Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – С. 384-388.*
43. Плюснин А.М., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И., Перязева Е.Г., Ташлыков В.С. Геохимия редкоземельных элементов в хвостах добычи и переработки вольфрамовых руд. Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию Геологического института СО РАН / Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2018. – С. 297-299.
44. Плюснин А.М., Украинцев А.В., Чернявский М.К. Органическое вещество в углекислых минеральных водах Витимского плоскогорья и Восточного Саяна // *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием / Улан-Удэ: Изд. БНЦ СО РАН, 2018 – 484с. С. 68- 71.*
45. Плюснин А.М. Основы геоэкологической безопасности при разработке рудных месторождений // *Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып.19. Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблеме геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. (4-5 апреля 2017г) / Москва: РУДН, 2017. – С. 261- 266.*
46. Плюснин А.М., Ташлыков В.С., Дабаева В.В. Метаморфизация химического состава воды в отстойниках при длительном хранении на месторождении Бом-Горхон // *Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. Вып.19. Материалы годичной сессии научного совета РАН по проблеме геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. (4-5 апреля 2017г) / Москва: РУДН, 2017. – С. 405- 410.*
47. Рипп Г.С., Смирнова О.К., Избродин И.А., Ласточкин Е.И., Рампилов М.О., Посохов В. Ф. К проблеме источников вещества месторождений Джидинского рудного поля (по данным изотопных исследований) (Западное Забайкалье) // *Петрология*

магматических и метаморфических комплексов. Вып. 9. Материалы Всероссийской конференции с международным участием / Томск, 28.11 – 02.12.2017. – С. 371-375.

48. Санжанова С.С. Сорбция ионов вольфрама (VI) на природных алюмосиликатах // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Сборник материалов четвертой Всероссийской научной конференции с международным участием. Геологический институт СО РАН / Улан-Удэ, 2020. – С. 300-304. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-300-304.

49. Санжанова С.С. Сравнительная характеристика сорбционных свойств природных цеолитовых туфов и вулканического шлака // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, 10-12 апреля 2019 г. в 2 т. / Якутск: Издательский дом СВФУ, 2019. – I Т. – С. 90-91.

50. Санжанова С.С., Хажеева З.И. Геохимическая подвижность химических элементов в озерах Гусиноозерской впадины // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции посвященной 45-летию Геологического института СО РАН «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии» / Улан-Удэ, 2018. – С.335-338.

51. Smirnova O.K., Doroshkevich S.G., Shtareva A.V. Chemical content of microbiota communities in mine waters from tungsten deposits // Materials of VI International Symposium «Biogenic-abiogenic interactions in natural and anthropogenic systems» / Saint Petersburg: VVM Publishing Ltd., 2018. – P. 81-82.

52. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Алифатические углеводороды углекислых минеральных и азотных термальных вод Западного Забайкалья // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. – С.179-183. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-179-183.

53. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Применение метода твердофазной экстракции для анализа состава растворенных органических веществ в углекислых минеральных водах // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: Материалы V всероссийской молодежной научной конф. / Улан-Удэ, 2019. – С. 90-92.

54. Украинцев, А.В. Долгосрочные геоэкологические последствия лесных пожаров в центральных районах Республики Бурятия // Техносферная безопасность Байкальского региона: материалы международной научно-практической конференции / Чита: ЗабГУ, 2019. – С. 212-218.

55. Украинцев А.В., Плюснин А.М. Геохимия снежного покрова, поверхностных и подземных вод в районах лесных пожаров // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопользование современное минералообразование / Чита: Заб ГУ 2018. –С. 173-178.

56. Украинцев А.В. Геоэкологические проблемы лесных пожаров (на примере Заиграевского района Республики Бурятия) // Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы: материалы междунар. научно-практич. конф / Улан-Удэ: изд-во БГУ, 2018. – С. 359-361.

57. Украинцев А.В. Дисперсные свойства и химический состав аэрозольных частиц в снежном покрове лесных пожаров и окружающих территорий // IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы конференции / Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. – С. 628-630.

58. Украинцев А.В. Нерастворимые дисперсные частицы в снежном покрове в районах лесных пожаров // Снежный покров, атмосферные осадки, аэрозоли: климат и экология северных территорий Байкальского региона: мат-лы I-й международной научно-практической конференции / Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – С. 139-142.

59. Украинцев А.В. Аэрозольное загрязнение снежного покрова в районах лесных пожаров // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике:

Материалы IV всероссийской молодежной научной конференции / Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2017. – С. 125-126.

60. Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Суворова Д.С. Новые данные о минералогии зоны окисления Шерловогорского олово-полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье) // Труды VII Всероссийского симпозиума с международным участием «Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий» и XIV Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана «Рациональное природопользование», «Современное минералообразование» (г. Чита, 22-25 августа 2018 г.) / Чита: ЗабГУ, 2018. – С. 64-70.

61. Хажеева З.И. Микроэлементы в речных водах бассейна Селенги / Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2020 – С. 188-190 DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-188-190.

62. Khazheeva Z.I., Plyusnin A.M., Sanzhanova S.S. Mining activities and the chemical composition of r. Modonkul, Transbaikalia // 4th International Electronic Conference on Water Sciences Session Managing Water Resources from Aquifers, Rivers and Lakes. – 2019. DOI 10.3390/ECWS-4-06418.

63. Хажеева З.И., Санжанова С.С. Геохимические особенности перераспределения химических элементов в системе вода-донные отложения озер Гусиноозерской впадины // Материалы третьей Всероссийской научной конференции с международным участием «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами». Улан-Удэ: Изд. БНЦ СО РАН, 2018 – С. 194-198.

64. Чебыкин Е.П., Рассказов С.В., Ильясова А.М., Сунь Йи.М., Павлов С.Х., Оргильянов А.И., Плюснин А.М., Замана Л.В. Природные углекислые минеральные воды Байкальского региона и сопредельных территорий Монголии и Китая // Перспективы развития биомедицинских технологий в Байкальском регионе. Сборник тезисов Международной научной конференции / Изд-во: Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (Иркутск), 2020. – С. 130-131.

65. Чернявский М.К., Плюснин А.М., Украинцев А.В. Геологические условия формирования и особенности состава гидротерм Икатского хребта // Материалы IV Всероссийской научной конф. с междунар. участием имени профессора С.Л. Шварцева «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» / Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2020. – С.114-117. DOI: 10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-114-117.

66. Чернявский М.К., Украинцев А.В. Особенности природопользования термальных источников северной части Баргузинской долины // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Землеустройство, кадастр недвижимости и мониторинг земельных ресурсов». Улан-Удэ, 2019 г. / Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета. – С.216-219.

67. Чернявский М.К., Украинцев А.В. Современное состояние и перспективы термальных источников Баргузинской долины // Материалы Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие в Восточной Азии: актуальные эколого-географические и социально-экономические проблемы / Улан-Удэ: Издательство Бурятского госуниверситета, 2018. – С.373-375.

68. Чернявский М.К., Украинцев А.В. Перспективы многоцелевого применения гидротерм Баргузинского Прибайкалья // Материалы 5 Всероссийской научно-практической конференции «Геодинамика и минерагения Северной и Центральной Азии». – 2018. – С.392-394.

69. Чернявский М.К., Украинцев А.В. Современное состояние гидротерм восточного побережья оз. Байкал и Баргузинской долины // Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике: материалы IV Всероссийской молодежной научной конференции / Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2017. – С.132-134.