

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 556.314

№ гос. рег. АААА-А17-
117021310076-3

Инв. № 6



УТВЕРЖДЕНО

РЕШЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА

Протокол № 11 от «6» декабря 2018 г.

Председатель Ученого совета,
директор института, д.г.-м.н.

А.А. Цыганков

ОТЧЕТ за 2018 г.
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

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

(промежуточный)

Номер проекта в ИСГЗ ФАНО
0340-2018-0012

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

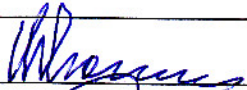
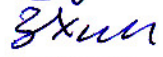
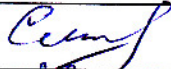
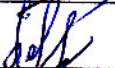
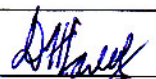
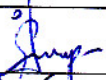
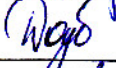
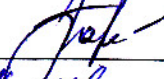
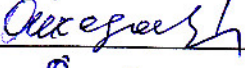
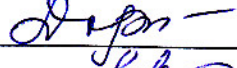
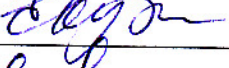
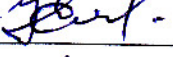
Программа IX.137.1. Динамика биокосных систем Центральной Азии в
условиях изменения климата и техногенного давления

Научный руководитель
д.г.-м.н.

А.М. Плюснин

Улан-Удэ, 2018

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Должность	Подпись	ФИО
Д.Г-М.Н., зав.лаб. (0,4)		Плюснин А.М.
К.Б.Н., с.н.с.,		Дорошкевич С.Г.
К.ф-м.н., с.н.с. (0,5)		Хажеева З.И.
К.Г-М.Н., с.н.с. (0,5)		Смирнова О.К.
К.Г.Н., н.с.		Перязева Е.Г.
К.Г.Н., н.с.		Чернявский М.К.
К.Г-М.Н., н.с.		Жамбалова Д.И.
К.Т.Н., н.с.		Дампилова Б.В.
К.Х.Н., М.Н.С.		Санжанова С.С.
К.Г-М.Н., М.Н.С.		Украинцев А.В.
М.Н.С.		Дабаева В.В.
вед. инж.		Бардамова И.В.
инж. 2 кат. (0,1)		Иринчеева А.И.
инж. 2 кат.(0,2)		Онходоева Л.А.
инж-лаб.(0,2)		Доржиева Н.Д.
ст. лаб.		Кущеева Е.С.
лаб.		Калашников С.Г.
лаб. (0,5)		Ангахаева Н.А.

Содержание

	Стр.
Реферат	1
Нормативные ссылки	2
Определения, обозначения и сокращения	2
Введение	3
Основные научные результаты.....	4
Заключение	17
Список использованной литературы	18
Приложение	19

Реферат

Отчет 20 стр., 7 рис., 2 табл., 6 ист., 1 прил.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ВОДА-ПОРОДА-ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБСТАНОВКАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Цель работы: выявление и исследование основных закономерностей формирования химического состава поверхностных и подземных вод в природных и техногенных ландшафтах. На 2018 г: изучение процессов взаимодействия в системах вода-донные отложения; трещинно-жильные - поверхностные воды; выявление особенностей формирования газового и химического состава углекислых минеральных вод.

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

В ходе реализации проекта в 2018 году рассмотрены условия формирования сульфатного засоления, установлено, что наибольшей степенью концентрирования в сульфатных озерах характеризуется бор, мышьяк, фосфор. В Джидинской природно-техногенной системе изучено поведение взвешенных веществ в системе рудничные воды – донные отложения. Установлено, что при взаимодействии с известняком происходит укрупнение частиц, мигрирующих в твердой фазе. Показано, что известкование иловых осадков существенно снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb в сточных водах, поступающих с очистных сооружений. Получены новые данные по минеральному и химическому составу аллювиальных почв геотехногенных ландшафтов Джидинского горнорудного района.

Установлены различия в качественном и количественном составе органических веществ в углекислых минеральных водах Забайкалья, связанные с аномальной растворяющей способностью углекислого газа.

Высокие содержания в воде алканов, алкенов формируются при взаимодействии углекислого газа с породами на большой глубине, где газ находится в сверхкритическом состоянии. Холодные углекислые воды Витимского плоскогорья содержат в повышенных концентрациях органические кислоты и сложные эфиры, которые поступают в раствор при разложении растительных органических остатков в приповерхностных условиях.

Ключевые слова: углекислые минеральные воды, соленые озера, минералообразование, техногенные ландшафты, взвеси, микрочастицы, микроэлементы, изотопы, растворенные органические вещества.

Нормативные ссылки

В настоящем отчете о НИР использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу

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, обозначения и сокращения

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

(Z_c) Суммарный показатель загрязнения 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.

ДВМК – Джидинский вольфрамо-молибденовый 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

Введение

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

Целью исследований по проекту является выявление и исследование основных закономерностей формирования химического состава поверхностных и подземных вод в природных и техногенных ландшафтах, изучение основных закономерностей круговорота химических элементов в системе «породы-почвы-воды-растительность».

Задачи, поставленные на 2018 г: изучение процессов взаимодействия в системах вода-донные отложения; порода-почвы-поверхностные воды-растительность в природных и техногенных обстановках; выявление особенностей формирования газового и химического состава трещинно-жильных вод в районах проявления неогенового вулканизма Восточных Саян.

Основные научные результаты

1. Континентальное засоление в Забайкалье приводит к формированию озер содового и сульфатного типа. Большинство озер в регионе относится к содовым, так как для образования сульфатных озер необходимы дополнительные источники серы. Это условие выполняется в некоторых озерах Баргузинской впадины, где сера поступает из трещинно-жильных вод. Нами изучена система Алгинских озер с одноименным источником, разгрузка которого происходит в юго-восточной части впадины в хорошо выраженном местном понижении рельефа (рис.1).



Рисунок 1. Космоснимок места разгрузки Алгинского термального источника и расположения минеральных озер. Условные обозначения: 1- место разгрузки источника, 2- оз. М. Алгинское, 3- оз. Б.Алгинское, 4 – оз. Гуджирчан.

Озера и источник располагаются в пределах единого опущенного блока пород, который имеет резкие границы с окружающей территорией. В то же время сам родник не имеет хорошо выраженной котловины вымывания, дебит его небольшой и составляет всего 0,1 л/с. Такой дебит не может оказать существенное влияние на химический состав воды озер, вероятно, в их питании участвуют трещинно-жильные воды, разгружающиеся в акватории и на окружающей территории.

В донных отложениях озер сформировалась восстановительная обстановка, происходит восстановление сульфат-иона до сероводорода, отложение сульфидов железа. На берегу озера Гуджирчан происходит отложение водных солей, которые покрывают глинистые отложения

сплошным ковром, минералогический анализ солей показал присутствие таких минералов как астраханин ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, энаргит (Cu_3AsS_4).

Самая высокая степень концентрирования в сульфатных озерах установлена для микроэлементов, образующих в растворе анионы. Наибольшей степени концентрирования в озерах характеризуется бор. В озере Гуджорчан установлено концентрирование этого компонента в 194 раза по сравнению с источником. Для мышьяка степень концентрирования по сравнению с водами в источнике составляет 165,1, для фосфора в 112,2 раз. При этом для бора и мышьяка определены наивысшие абсолютные содержания для минерализованных озерах этого региона. Это связано с тем, что в азотных гидротермах, которые поставляют, в основном, растворенные вещества в озера, отмечаются их значительные содержания. Такой же механизм обогащения воды сульфатных озерах характерен для вольфрама. Изначально высокое содержание этого элемента в гидротермах приводит к тому, что в результате испарительного и морозного концентрирования в озерах, они достигают миллиграммовых значений. Содержание вольфрама в сульфатном озере Гуджирчан почти на порядок превышает максимальные содержания, установленные в содовых озерах.

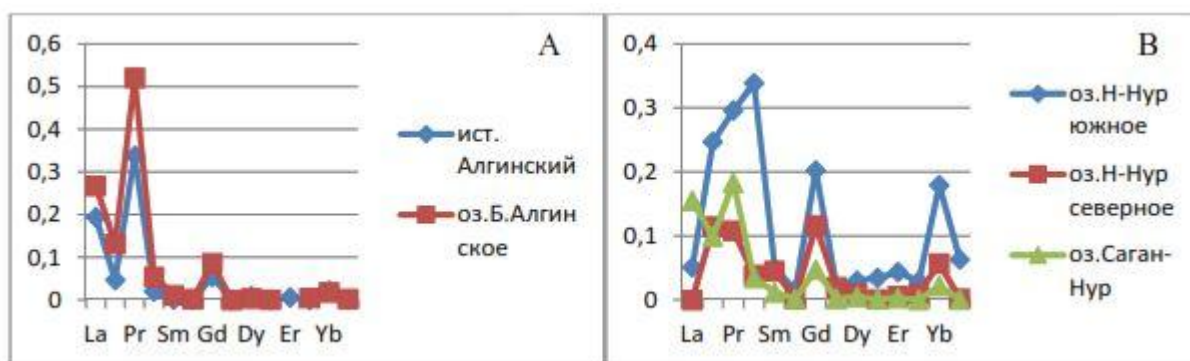


Рисунок 2. График распределения лантаноидов в озерах Баргузинской впадины, мкг/л: А – сульфатный натриевый тип воды, В – содовый тип.

Воды, заключенные в Большом Алгинском озере, имеют график распределения лантаноидов сходный с распределением их в Алгинском термальном источнике (рис.2). Для спектра распределения лантаноидов этих

водных объектов, характерен относительно повышенные значения лантана, затем наблюдается ярко выраженный цериевый минимум и значительный рост содержаний празеодима. Для озер с содовым типом вод Баргузинской впадины характерны низкие содержания лантана и на фоне возрастания концентраций церия, празеодима и неодима.

2. На примере сточных вод Джидинской природно-техногенной системы изучено поведение в системе вода – донные отложения. Рассмотрено взаимодействие дисперсной фазы рудничных вод с водой реки Модонкуль. Рудничные воды штольни Западная характеризуются большими содержаниями сульфатов тяжелых металлов, высокой минерализацией ($2658,5 \text{ мг/дм}^3$) и низкими значениями pH (4,38). В них установлено превышение предельно-допустимых значений (ПДК) для вод рыбохозяйственного назначения для многих химических элементов: Cd - в 958, Fe - в 210, Pb – в 56, Zn – в 33, Cu – в 27, Ni – в 22, W – в 11 раз. Высокое содержание взвешенных частиц ($203,7 \text{ мг/дм}^3$), сульфатов ($1829,2 \text{ мг/дм}^3$) и железа, приводит к образованию донных отложений желтого или желтовато-белого цвета.

Методом лазерной дифрактометрии в ЦКП «Научные приборы» ФГБОУ ВО БГУ с помощью лазерного анализатора SALD-7500 папо изучен дисперсный состав взвешенных частиц в пробах рудничной воды, который показал, что размер 93% взвешенных частиц находятся в диапазоне 150 - 220 мкм (рис. 3), с максимальным количеством частиц 176 и 198 мкм.

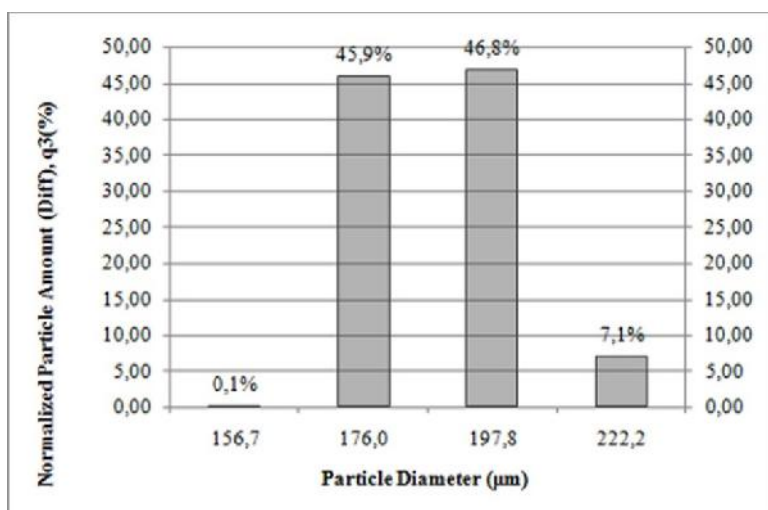


Рисунок 3. Диаграмма распределения взвешенных частиц по размеру в пробе рудничной воды штольни Западная.

Взвешенные вещества представлены агрегатами мелких глинистых фракций, 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 могут распадаться на более мелкие образования. При интенсивном перемешивании крупные агрегаты распадаются на мелкие частицы размером от 1 до 50 мкм, а после обработки рудничной воды ультразвуком размеры 70% диспергированных частиц становятся 10-50 мкм, а остальные частицы становятся сопоставимыми с гидратированными ионами (< 1 мкм). Миграция растворенных в рудничных водах веществ - солей тяжелых металлов очень сильно зависит от pH среды. Исследовано их поведение при взаимодействии с известняком. Установлено, что при взаимодействии с известняком происходит возрастание pH рудничных вод и укрупнение частиц, мигрирующих в твердой фазе. Результаты дисперсного анализа известняка месторождения Зун-Нарын до и после взаимодействия с рудничной водой представлены на диаграмме (рис. 4).

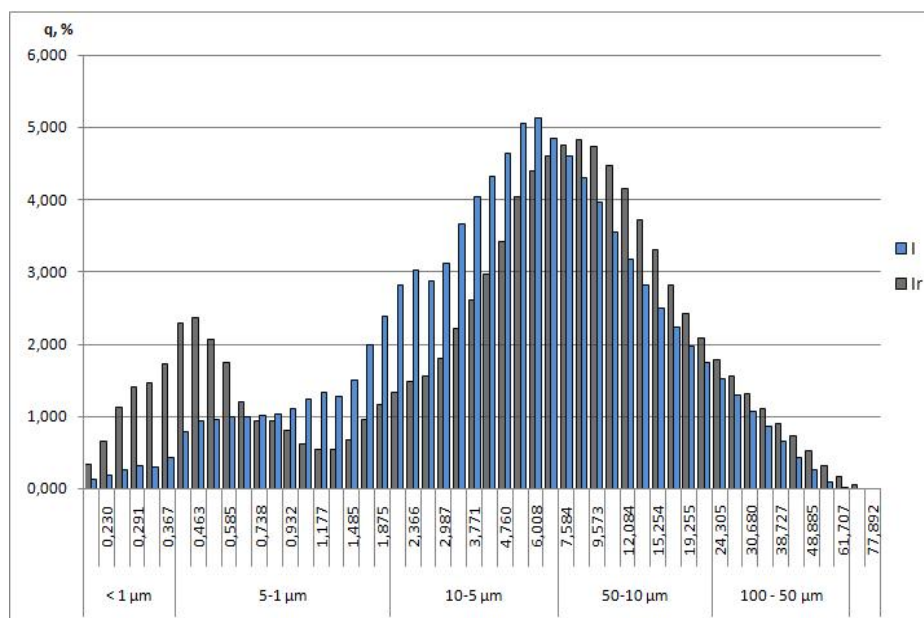


Рисунок 4. Дисперсный анализ известняка месторождения Зун-Нарын до и после взаимодействия с рудничной водой штольни Западная, где I - процентное распределение частиц известняка, Ir - процентное распределение частиц известняка после взаимодействия с рудничной водой.

Основная масса частиц известняка в растворе представлена тремя группами частиц: грубодисперсными частицами – это частицы в диапазоне $50 \div 10$ мкм (24.13 %), микронными – в диапазоне $10 \div 5$ мкм (27.95 %) и субмикронными частицами в диапазоне $5 \div 1$ мкм (38.3 %). Грубодисперсные частицы соответствуют мелким минеральным фракциям, частицы микронных и субмикронных размеров представляют собой пылевидную минеральную фракцию и крупные ассоциаты молекул. Высокодисперсные частицы (< 1 мкм) представляют собой гидратированные ионы и комплексы, а также коллоидные частицы. После взаимодействия с рудничной водой изменилось распределение частиц известняка по размерам: увеличилось количество грубодисперсных и высокодисперсных частиц до 30.8 и 19.11 % соответственно, а количество субмикронных частиц снизилось до 21.97. Увеличение размеров частиц происходит в результате реакции нейтрализации – образования основных карбонатов тяжелых металлов, сорбции мелкими фракциями известняка гидратированных ионов тяжелых металлов. Увеличение же числа высокодисперсных частиц происходит за счет образования взвесей из коллоидных частиц вследствие резкого увеличения pH раствора рудничной воды. Помимо нейтрализации воздействие известняка сопровождается эффектом очистки - содержание тяжелых металлов в рудничной воде снижается: Zn в 1,8 раза, Cu в 32 раза, Pb в 4 раза.

3. Получены новые данные по минеральному и химическому составу аллювиальных почв геотехногенных ландшафтов Джидинского горнорудного района. Аллювиальные почвы на территории насыпного и наливного хвостохранилищ длительное время были погребены отходами обогащения сульфидсодержащих руд. В верхней части почвенного профиля располагается перегнойный горизонт мощностью до 30 см с высоким содержанием органического вещества. Нижележащие горизонты представлены минеральной толщей разной степени оглеения. Реакция почв – сильноокислая-кислая в верхней части и кислая в нижней части профиля.

В минеральном составе аллювиальных почв техногенных ландшафтов, по сравнению с почвами фоновых участков, отмечено большее количество зерен гидромусковита, гидробиотита, серицитизированного и пелитизированного полевого шпата, гидроокислов железа и рудных минералов, что связано с интенсификацией процессов химического выветривания, обусловленных воздействием на почвы кислых рудничных вод и поровых вод хвостохранилищ.

При термическом исследовании проб почв в минеральных горизонтах выявлены отчетливые эндотермические эффекты, вызванные полиморфным превращением α -кварца в β -кварц и выделением конституционной гидроксильной воды глинистых минералов и слюд. В перегнойных горизонтах эти эффекты отмечены только для погребенных почв и связаны с механическим привнесением минералов.

В органогенных горизонтах техногенно измененных почв фиксируются химические элементы, содержание которых существенно превышает кларк: на участке разгрузки рудничных вод – Cd, Zn, F; территории бывшего насыпного хвостохранилища – Cd, As, Mo, Zn, F; территории бывшего наливного хвостохранилища – Cd, Zn, Pb.

Установлены ассоциации химических элементов в почвах, испытавших негативное техногенное воздействие (табл.1). В органогенном горизонте почв на участке разгрузки рудничных вод отмечена ассоциация Cd, F, Zn, Cu, Mo, Co; в глеевом горизонте – Cd, F, Cu, Zn, Ni, Co, Pb. На территории бывшего насыпного хвостохранилища выявлена достаточно широкая группа потенциально опасных химических элементов: Cd, Zn, F, Mo, Cu, Ni, As, Co, Pb. Установлено, что вниз по почвенному профилю концентрация этих элементов снижается, за исключением Pb. Геохимическую ассоциацию элементов в органогенном горизонте аллювиальных болотных почв территории бывшего наливного хвостохранилища составляют Cd, Pb, Zn, Ni, Cu, F, Mo, Co; в глеевом – Cd, Ni, F, Zn, Cr, Cu, Co, As.

Таблица 1. Геохимические ассоциации элементов в аллювиальных почвах ландшафтов Джидинского горнорудного района

Участок	Горизонт почвы	Ассоциация элементов*
Фон	Органогенный	$\text{Fe}_{24}\text{Mo}_{3.1}\text{Cu}_{2.4}\text{F}_{2.3}\text{Ni}_{2.0}\text{Co}_{1.7}\text{Cd}_{1.5}$
	Глеевый	$\text{Fe}_{26}\text{Mo}_{2.8}\text{F}_{2.3}\text{Cu}_{2.0}\text{Ni}_{1.6}\text{Cd}_{1.5}$
Разгрузки рудничных вод	Органогенный	$\text{Fe}_{20}\text{Cd}_{14}\text{F}_{12}\text{Zn}_{5.7}\text{Cu}_{3.5}\text{Mo}_{2.4}\text{Co}_{1.8}$
	Глеевый	$\text{Fe}_{25}\text{Cd}_{23}\text{F}_{9.2}\text{Cu}_{6.8}\text{Zn}_{3.5}\text{Ni}_{2.4}\text{Co}_{2.0}\text{Pb}_{1.9}\text{As}_{1.5}$
Бывшего насыпного хвостохранилища	Органогенный	$\text{Cd}_{138}\text{Fe}_{27}\text{Zn}_{22}\text{F}_{8.5}\text{Mo}_{4.4}\text{Cu}_{3.5}\text{Ni}_{3.0}\text{As}_{2.6}\text{Co}_{2.3}\text{Pb}_{1.6}$
	Глеевый	$\text{Cd}_{51}\text{Fe}_{25}\text{Zn}_{9.2}\text{F}_{5.0}\text{Cu}_{4.8}\text{Mo}_{2.6}\text{Ni}_{2.4}\text{Pb}_{2.3}\text{As}_{2.3}\text{Co}_{1.7}$
Бывшего наливного хвостохранилища	Органогенный	$\text{Cd}_{72}\text{Fe}_{25}\text{Pb}_{17}\text{Zn}_{11}\text{Ni}_{4.1}\text{Cu}_{3.9}\text{F}_{3.3}\text{Mo}_{3.0}\text{Co}_{1.8}$
	Глеевый	$\text{Fe}_{28}\text{Cd}_{9.4}\text{Ni}_{3.4}\text{F}_{3.0}\text{Zn}_{2.7}\text{Cr}_{2.7}\text{Cu}_{2.5}\text{Co}_{1.9}\text{As}_{1.8}$

Примечание: * - рассчитана по коэффициентам концентрации элементов относительно местного фона

4. Проведено исследование скоплений техногенных илов, наблюдающихся вдоль берегов р. Селенги, образовавшихся от сброса сточных вод городских очистных сооружений. Высокая дисперсность вещественного состава и физико-химические свойства техногенных илов обуславливают концентрирование в них многих химических элементов. Методом факторного анализа выявлены геохимические ассоциации, свойственные илам в зоне сброса сточных вод в р. Селенге. В состав ассоциации входят халькофильные элементы, коэффициент концентрации для Pb, Cr, Cu, Zn, Ag, Sn, Cd достигают 3-6 единиц. Высокие содержания этих элементов в донных отложениях связаны со сбросом сточных вод после биологической очистки. Сточные воды имеют слабощелочную реакцию (рН=7,6-7,9) и минерализацию 272-305 мг/л, содержания нитритной, аммонийной формы азота и фосфатов превышают нормативы ПДК в 7,8; 12,3 и 13,1 раза, концентрации нефтепродуктов и ПАВ превышают нормативов ПДК в 2,5-3 раза. Средние содержания Fe, Mn, Zn, Cu, Ni и Cd составляют 17,2; 8; 10; 86; 2; 2 ПДК. Коэффициенты концентрации K_k в иловых осадках

сточных вод по отношению к почвам окружающих территорий составляют 1,2-7,5, наблюдается значительная вариабельность ($V_R = 22-240\%$) в распределении тяжелых металлов Pb, Ni, Cr, Cu, Cd, Zn. Добавление извести в пропорции 1:100, что составляет 4,5 т негашеной извести на гектар площади иловых осадков сточных вод очистных сооружений, уменьшило концентрацию подвижных форм элементов по сравнению с фоновым значением: Cr на 24 %, Cd - 28 %, Cu -13 % и Zn – 10%. Увеличение концентрации раствора извести снижает подвижность ионов всех определяемых элементов. Так, при дозе коагулянта 9 т/га содержание ионов Cr понизилось от исходных значений на 46 %, Cd - 93 %, Ni – 33 %, Cu -36 % и Zn – 10%. При этом pH водных вытяжек ОСВ незначительно превышало нейтральное значение (7.46). Таким образом, известкование иловых осадков существенно снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, что уменьшит их поступление в реку со сточными водами с очистных сооружений (рис.5). Полученные результаты могут быть положены в основу технологии дополнительной очистки поверхностных стоков от тяжелых металлов.

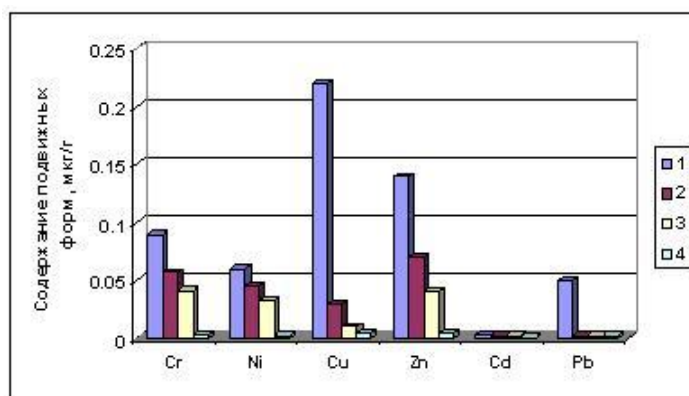


Рисунок 5. Изменение содержания подвижных форм металлов в иловых осадках сточных вод при обработке различными дозами извести: 1- без извести, 2 –известь 2 г/кг, 3 – известь 5 г/кг, 4 - известь 20 г/кг.

5. Одной из задач проекта является установление закономерностей формирования качественного и количественного состава растворенного органического вещества в углекислых минеральных водах. В этом направлении проводились исследования вод Восточного Саяна и Витимского плоскогорья. Для получения информации о качественном и количественном составе растворенной органики в углекислых водах нами разработана новая

методика их определения, основанная на концентрировании 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 (более 50 соединений).

В исследованных углекислых минеральных водах Забайкалья в свободном газе доминирует углекислый газ, его содержание в разных источниках находится от 87 до 99%. Весовое количество CO_2 в минеральных водах региона исчисляется величинами порядка 3-5 - 9 г/л. Углерод в углекислом газе минеральных вод Восточного Саяна и Витимского плоскогорья имеет относительно облегченный изотопный состав. В Восточном Саяне наиболее облегчен углерод источника Хойто-Гол ($\delta\text{C}^{13} = -9,71 \text{ ‰}$), в источниках Аршан Тункинский и Жойган $\delta\text{C}^{13} = -5,9 - -3,8 \text{ ‰}$, источники бассейна р. Тиссы имеют $\delta\text{C}^{13} = -2,5 - -2,8 \text{ ‰}$. Значительный разброс изотопных отношений углерода связан с тем, что углекислый газ имеет полигенную природу. К глубинному газу во многих источниках вблизи поверхности добавляется биогенный углекислый газ, который в значительной степени состоит из легкого углерода. В источнике Хойто-Гол примерно 43% биогенного CO_2 , в Аршанском и Жойгановском источнике от 23% до 15 %, в Тиссинских <10%. На Витимском плоскогорье минеральные воды в отдельных источниках имеют еще более облегченный изотопный состав углерода – в Погроминском источнике $\delta\text{C}^{13} = -6.7$ (28% биогенного), в Романовском $\delta\text{C}^{13} = -11.0$ (50% биогенного).

Глубинный углекислый газ под воздействием повышенного давления и температуры может переходить в сверхкритическое состояние (Горбатый, Бондаренко, 2007; Всеволожский, Киреева, 2010; Соболева, 2013; Федяева, Востриков, 2016 и др.). Сверхкритическое состояние CO_2 достигается при давлении 7,38 МПа (75 кгс/см²) и температуре 30,9°C, в этих условиях он образует не смешивающуюся с водой фазу (флюид) и начинает интенсивно

растворять и накапливать в своем составе разнообразные компоненты, включая широкий спектр органических веществ.

Восточно-Саянская провинция минеральных вод в представленном отчете рассмотрена на примере вод Тункинской впадины, так как по другим источникам еще не получены результаты анализа органических веществ. На Аршанском месторождении углекислых минеральных вод опробовано две скважины: №39 ($P=39-42$ кг $\text{с}/\text{см}^2$, температура – $36,4$ °C); №41 ($P=70-75$ кгс/ см^2 , $T=40,5$ °C). В местности Вышка изучен химический состав воды скважины Г-1, изливающейся с глубины 1093 м, температура воды - $53,7$ °C. На Витимском плоскогорье опробованы Хульский (Е2) $T=3,7$ °C, Погроминский (Е3) $T=6,7$ °C, Хуретинский (Е4) $T=19,1$ °C и Романовский (Е5) $T=10,1$ °C источники. Разгрузка этих источников происходит на территории сплошного распространения многолетнемерзлых пород.

С учетом приведенных данных давления и температуры можно предполагать, что на формирование состава органических веществ в водах Тункинской впадины может оказывать влияние сверхкритическое состояние углекислого газа. Чего нельзя сказать о минеральных водах Витимского плоскогорья, так как здесь углекислый газ начинает взаимодействовать с водой вблизи поверхности, пройдя в виде газа толщу мерзлоты.

Алканы и алкены обычно плохо растворяются в воде, что вполне объясняется их химическими свойствами. Установлено, что наблюдаются более высокие их содержания в скважинах (табл.2). Накапливание алканов и алкенов в воде может быть связано с тем, что их растворимость возрастает под воздействием углекислого газа, находящегося в сверхкритическом состоянии. Это его свойство установлено экспериментальными исследованиями при высоких давлениях и температурах (Лифшиц, Чалая, 2010; Федяева, Востриков, 2016). На Витимском плоскогорье под воздействием мерзлоты разгружаются холодные углекислые воды. Вероятно, мерзлота играет роль экрана, препятствующего проникновению воды. Поэтому газ смешивается с водой только вблизи поверхности, когда он уже

из флюида перешел в газообразное состояние и, уже потерял растворенную органику и др. компоненты в нижележащих горизонтах. Группа спиртов хорошо растворима в воде, поэтому их относительные содержания выше, чем алканов и алкенов. Концентрация спиртов в водах Тункинской впадины выше, чем на Витимском плоскогорье. Их содержание в воде формируется, вероятно, двумя путями – растворением этих веществ, находящихся в породах, и окислением части алканов и алкенов по известным реакциям дегидрирования и гидратации. Реакции гидратации алкенов благоприятствует кислая среда. В результате окислительного воздействия флюида углекислого газа повышается доля спиртов в углекислых водах, вскрытых скважинами в Тункинской впадине. Вероятно, часть спиртов здесь далее преобразуется в альдегиды в результате реакции дегидрирования, поэтому они зафиксированы во всех скважинах.

Органические кислоты образуются при окислении органических веществ кислородом воздуха, поэтому мы наблюдаем их повышенные содержания в источниках углекислых вод Витимского плоскогорья, где господствуют окислительные условия.

Простые и сложные эфиры имеют разную химическую формулу и образуются при протекании различных химических реакций. Простые эфиры образуются при межмолекулярной дегидратации спиртов, а сложные эфиры при протекании реакции этерификации, в которой участвуют спирты и органические кислоты. Высокие содержания простых эфиров обнаружены во всех обследованных минеральных водах. Это основная форма миграции органического вещества в углекислых минеральных водах. Наблюдается относительно повышенное содержание этих веществ в Хуретинском и Романовском источниках. Разгрузка этих источников минеральных вод происходит в заболоченной местности, где наблюдается взаимодействие глубинных восходящих вод с поверхностными водами. С поверхностными водами, вероятно, поступают органические кислоты, которые вступают в

реакцию со спиртами и, вследствие этого, мы фиксируем здесь относительно повышенное содержание сложных эфиров.

Таблица 2. Органические соединения, обнаруженные в углекислых водах Витимского плоскогорья и Тункинской впадины, %

Параметр, формула	скв 41	скв 39	скв Г-1	Е-2	Е-3	Е-4	Е-5
Алканы, C_nH_{2n+2} (C-C)	11,17	8,7	9,87	0,37	0,64	11,41	4,49
Алкены, C_nH_{2n} (C=C)	3,41	4,37	4,48	0	0	0	1,87
Спирты, $C_nH_{2n+2}O$ (C-OH)	14,96	17,04	17,52	8,31	10,36	11,22	11,07
Альдегиды, $C_nH_{2n}O$ (C=O)	0,35	0,43	0,6	0,59	0	0,72	0
Эфиры, $C_nH_{2n+2}O$ (C-O-C)	66,95	64,05	65,42	87,16	85,96	55,94	73,56
Орган. кислоты, $C_nH_{2n}O_2$ (C=O \ OH)	0	0	0	0,34	0,2	2,55	0
Сложные эфиры, $C_nH_{2n}O_2$ (C=O \ O-C)	0	0,75	0,86	2,25	1,14	7,42	7,61
Гликоли	0	0	0	0	0	4,6	0
Фенолы	0	0	0	0	0	0,36	0
Терпены	0	0	0	0	0	0	0,56
Не опр. вещества	3,18	4,66	1,22	0,99	1,69	5,79	0,83

6. Мониторинговыми исследованиями снежного покрова установлено, что лесные пожарища длительное время представляют опасность для здоровья населения. В результате после пожарного разрушения обгоревшей растительности, пожарища поставляют в атмосферу мелкие высокотоксичные частицы. Основная масса частиц имеет микронные (<0,5 мкм) размеры (рис. 6). Дисперсные частицы, в основном, состоят из углерода, как в виде сажи, так и в составе органических веществ. Также присутствуют частицы минерального происхождения, которые были

вовлечены пожаром в интенсивную миграцию при сгорании почв, они содержат Si, Al, Fe, Co, Cu, Zn.

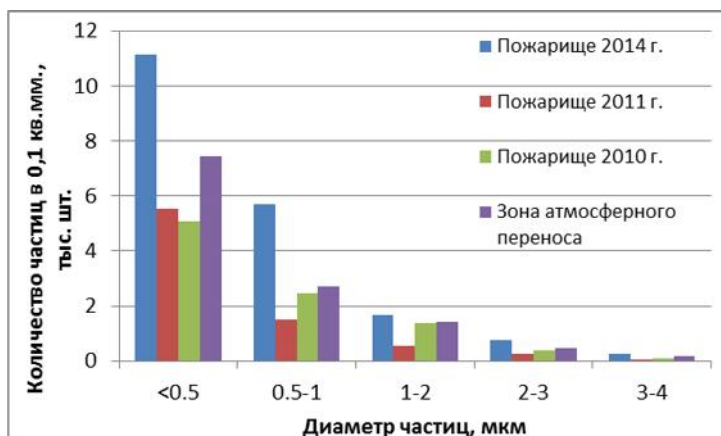


Рисунок 6. Распределение дисперсных частиц по размерам на 0,1 мм² площади электронных снимков.

В зоне атмосферного переноса наблюдается значительное повышение количества частиц мелкодисперсной фракции по сравнению с пожарищами, возраст которых превышает 1 год (рис. 7). В то же время общая масса дисперсных частиц в снежном покрове на пожарищах больше, чем в зоне атмосферного переноса. Это можно объяснить тем, что в результате после пожарного разрушения обгоревшей растительности, пожарища поставляют в атмосферу частицы различных фракций, из которых наиболее крупные обладают меньшей миграционной способностью и оседают в районе пожарища.

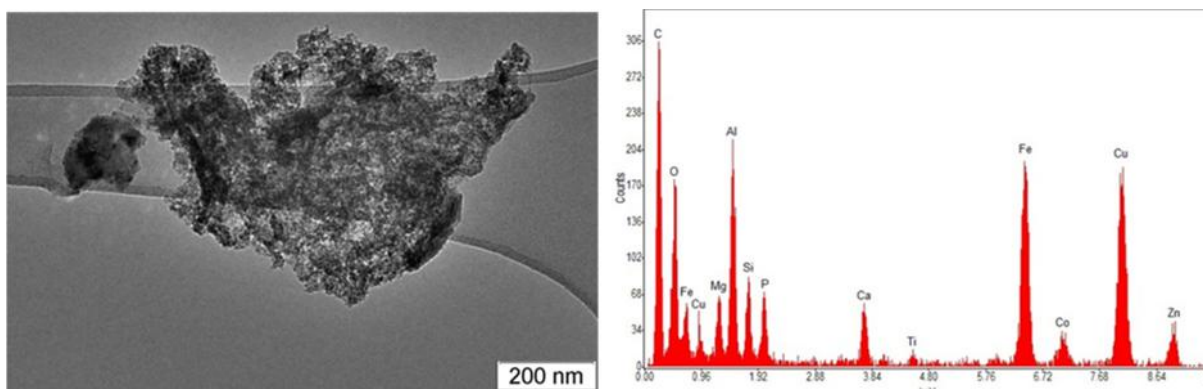


Рисунок 7. Снимок частицы, характерной для снежного покрова лесных пожарищ, и ее энергодисперсионный спектр.

Заключение

На примере Алгинских озер Баргузинской впадины рассмотрены условия формирования химического состава вод при сульфатном засолении. Установлено, что наибольшей степенью концентрирования в озерах характеризуется бор, в озере Гуджорчан наблюдается концентрирование этого компонента в 194 раза по сравнению с источником. Для мышьяка степень концентрирования по сравнению с водами в источнике составляет 165 для фосфора в 112 раз. При этом для бора и мышьяка определены наивысшие абсолютные содержания для минерализованных озер этого региона. Это связано с тем, что в азотных гидротермах, которые поставляют, в основном, растворенные вещества в озера, отмечаются их значительные содержания.

На примере Джидинской природно-техногенной системы изучено поведение взвешенных веществ в системе рудничные воды – донные отложения. Установлено, что при взаимодействии с известняком происходит возрастание pH рудничных вод и укрупнение частиц, мигрирующих в твердой фазе. Показано, что известкование иловых осадков существенно снижает содержание подвижных форм тяжелых металлов Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, что уменьшит их поступление в реки со сточными водами с очистных сооружений. Получены новые данные по минеральному и химическому составу аллювиальных почв геотехногенных ландшафтов Джидинского горнорудного района. Показано, что в органогенных горизонтах почв накапливается Cd, Zn, F.

На основе разработанной в лаборатории методики концентрирования органических веществ впервые получена информация о содержаниях широкого круга соединений в углекислых минеральных водах. Установлено различие в качественном и количественном составе органических веществ в минеральных водах Восточно-Саянской и Забайкальской провинций минеральных вод. Обнаружены высокие содержания алканов, алкенов в водах, где углекислый газ взаимодействует с водами на большой глубине. На

территории распространения многолетнемерзлых пород углекислые воды содержат в повышенных концентрациях органические кислоты и сложные эфиры, которые поступают в раствор при разложении растительных органических остатков в приповерхностных условиях.

Полученные результаты исследования по ограничению миграционной способности токсичных элементов путем известкования осадков сточных вод очистных сооружений могут использоваться на предприятиях, занимающихся коммунально-бытовыми стоками. Поставленные на первый год задачи НИР выполнены полностью.

Список использованной литературы

Горбатый Ю. Е., Бондаренко Г. В. Сверхкритическое состояние воды. Сверхкритические флюиды. Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2007, №2. С. 5-19.

Всеволожский В.А., Киреева Т.А. Влияние глубинных газопаровых флюидов на формирование состава пластовых вод нефтегазовых месторождений. Вестник Московского университета, серия геология, №3, 2010г., с 57-62.

Востриков, А.В. Шишкин, О.Н. Федяева, М.Я. Сокол. Образование горючих газов при взаимодействии вольфрама и циркония со сверхкритическим флюидом H_2O/CO_2 . Журнал "Сверхкритические флюиды, теория и практика", 2012, №4, сс. 95-103.

Лифшиц С.Х., Чалая О.Н. Возможный механизм образования нефти в потоке сверхкритического флюида на примере диоксида углерода. Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2010, №2. С. 44-55

Соболева Е.Б. Термогидродинамика сверхкритических флюидов при наличии температурных неоднородностей. Сверхкритические флюиды. Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2013, №4. с.62-77

Федяева О.Н., Востриков А.А., Антипенко В.Р., Шишкин А.В., Колобов В.И., Сокол М.Я. Роль сверхкритической воды и пирита в превращениях пропилена. Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2016, №3. С 17-33.

Приложение. Количество научных публикаций в журналах, индексируемых в российских и международных информационно-аналитических системах научного цитирования (*Web of Science, Scopus, MathSciNet, Российский индекс научного цитирования, Google Scholar, European Reference Index for the Humanities* и др.) по проекту за 2018 год:

Монография - Зонхоева Э.Л. Природные цеолиты Забайкалья: свойства и применение. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2018. – 192 с.

Fedotov Petr S., Dzhendloda Rustam Kh., Dampilova Bayarma V., Doroshkevich Svetlana G., Karandashev Vasily 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. P. 637-645. **DOI: 10.1007/s10311-018-0710-2 (WoS, Scopus) Q2**

Khazheeva Z.I., Plyusnin, A.M. Current State of Water Resources of Gusinoe Lake (Western Transbaikalia) // *Water Resources*. V.45, № 1, P. 104-110 **DOI: 10.1134/S0097807818010116 (WoS, Scopus) Q4**

Дабаева В.В., Плюснин А.М. Экспериментальное исследование взаимодействия кислых поровых вод Джидинского хвостохранилища с известняком. Вестник ВГУ, 2017, №4, с.65-75. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/geograph/2017/04/2017-04-07.pdf> (не вошла в отчет 2017 года) **(РИНЦ) V**

Дамбинова Е. Ц., Банзаракцаева Т. Г., Данилова Э. В., Чернявский М. К. Макро- и микроэлементный состав воды холодного источника Буксыхен (Баргузинская котловина) // Вестник БГУ. Вестник БГУ. Химия. Физика. - Улан-Удэ. - 2018. Выпуск 1. - С. 38-42. **DOI: 10.18101/2306-2363-2018-1-38-42 (РИНЦ) V**

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. 959-563. **DOI 10/18699/VJ17/319 (RSCI WoS, Scopus) R**

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. **(РИНЦ) V**

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. <http://watchemec.ru/article/28999/> **(РИНЦ) V**

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

Руководитель проекта,

Плюснин А.М.  зав.лаб., д.г.-м.н.

Тел: (3012)434708