# Федеральное агентство научных организаций ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 556.314

№ гос. рег.

AAAA-A17-117021310076-3

Инв. № 6

УТВЕРЖДЕНО

**РЕИЛЕНИЕМ УЧЕНОГО СОВЕТА** 

**Претоко**л № 13 от «21» ноября 2017 г.

Председатель Ученого совета,

ектор института, д.г.-м.н. А.А. Цыганков

## ОТЧЕТ за 2017 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 0340-2016-0006

**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

### Список исполнителей

		(D)		
Руководитель проекта, зав. лаб.,	д.г-м.н.	Money	20,11.17	<u>г</u> А.М. Плюснин
TI.		(подп	ись, дата)	
Исполнители темы:	в.н.с., к.х.н.	M	my	_Э.Л. Зонхоева
		(подп	ись, дата)	
	с.н.с., к.б.н.	11 .		С.Г. Дорошкевич
	с.н.с., к.ф-м.н	8x 20.	ись, дата) 11. 17 2	_ Хажеева З.И.
		(подп	ись, дата)	
	с.н.с., к.г-м.н.			7.Смирнова О.К.
	н.с., к.г.н.	(подп	изеь, дата) W 20.11.17	_ Перязева Е.Г.
		(подп	ись, дата)	-
	н.с., к.г.н.	20.	11.17	Чернявский М.К.
		(подп	ись, дата)	
	н.с., к.г-м.н	Staces 2	0.11.172.	Жамбалова Д.И
			ись, дата)	
	н.с., к.т.н	St 20.	11.17	Дампилова Б.В
			ись, дата)	
	м.н.с., к.х.н.	-606	Dec 20.1119	<sup>2</sup> .Санжанова С.С
		ъ (подп	ись, дата)	
	м.н.с.	Sar .	20.11.17	_ Украинцев А.В.
		подп	ись, дата)	200
	вед. инж.	/ fage-	00.11.17	Бардамова И.В.
	•	(подп	ись, дата)	17
	инж. 2 кат	upung	0.700	<u> 7</u> Иринчеева А.И
	0	Ceex ees	ись, дата)	
	инж. 2 кат.	- 0		гонходоева Л.А.
	_	(подп	ись, дата)	17 <del></del>
	инж-лаб	- con		<u> Л</u> Доржиева Н.Д.
		Ship 1	ись, дата)	Кушеева Е.С.
	ст.лаб.	11-		
	лаб.	(подп	ись, дата) <i>. О. 11 .</i> 17.	Калашников С.Г.
		(подп	ись, дата)	
		7 1		
	лаб	(Nad 20.	11.17.	_ Дабаева В.В.
		(подп	ись, дата)	

## Содержание

	Стр
Реферат	1
Нормативные ссылки	2
Определения, обозначения и сокращения	2
Введение	2
Основные результаты	4
Заключение	12
Список использованной литературы	13
Приложение А	15

#### Реферат

Отчет, 16 стр., 6 рис., 4 табл., 1 прил.

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

Цель работы: решение научных проблем, связанных с формированием химического состава подземных и поверхностных вод в природных и техногенных обстановках. Исследование форм нахождения химических элементов и их распределения в вертикальных разрезах отходов обогащения сульфидсодержащих руд и почвах ландшафтов, прилегающих к хвостохранилищам. Разработка способов извлечения ценных компонентов из сточных и рудничных вод.

Метод исследования: экспериментальное моделирование процессов взаимодействия кислых рудничных вод с известняком, адсорбентами; наблюдения на природных объектах, отбор проб воды, снега, почв; анализ химического и изотопного состава отобранных образцов, математическая обработка полученных результатов.

Результаты работы: Разработана новая концепция обращения с отходами горнодобывающих предприятий, в ней хранение отходов предполагается организовать по принципу самоорганизующейся системы с минимальным участием человека. В хвостохранилище отходы при помощи дренажа осущаются, растворенное вещество высаживается на геохимических барьерах, очищенные воды сбрасываются в принимающие волные объекты.

Установлено, что при длительном воздействии отходов переработки руд на почвы, в них накапливаются подвижные органоминеральные формы, которые вовлекаются растительностью в биологический круговорот. Приоритетными загрязнителями для почв являются Zn, Cu и Cd, для растений – Zn и Cd, которые значительно превышают ПДК.

Выявлено, что на протяжении длительного периода в снежном покрове на пирогенно поврежденной территории устанавливается кислая среда, в формировании минерализации снега, подземных и поверхностных вод возрастает роль гидрокарбонат-иона, фиксируются повышенные содержания некоторых тяжелых металлов. Выделено три группы химических элементов, поведение которых определяется разложением поврежденной растительности, воздействием образовавшейся при пожаре золы и кислотным разложением почвогрунтов.

**Ключевые слова:** хвостохранилище, кислая среда, минералообразование, техногенные ландшафты, пожарища, система почва-растение, микроэлементы, изотопы, загрязнение снега.

#### Нормативные ссылки

Настоящий отчет о НИР составлен с использованием Государственного стандарта ГОСТ 7.32-2001 в редакции 07.09.2005 г.

#### Определения

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

(*Z<sub>c</sub>*) Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

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

n - число определяемых суммируемых веществ;

Ксі - коэффициент концентрации і-го компонента загрязнения.

#### Обозначения и сокращения

ДВМК – Джидинский вольфрамо-молибденовый комбинат

ДОК – допустимое остаточное количество

МДУ – максимально допустимый уровень

ОГОП - отходы горно-обогатительного производства

ОДК – Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве

ПДК – предельно допустимая концентрация

#### Введение

Настоящий отчет является промежуточным, в нем представлены результаты работы за первый 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 2017 г: определение содержания органических веществ в углекислых минеральных водах Аршан-Тункинского месторождения и метановых водах Жемчуг. Исследование форм нахождения химических элементов и их распределение в вертикальных разрезах отходов обогащения сульфидсодержащих руд и почвах ландшафтов, прилегающих к хвостохранилищам.

#### Основные результаты

1. Одной из задач проекта является установление закономерностей формирования качественного и количественного состава растворенного органического вещества в углекислых минеральных водах. В последние годы появились работы, раскрывающие высокую растворяющую способность углекислого газа, находящегося в сверхкритическом состоянии (Валяшко, 1990; Горбатый, Бондаренко, 2007; Всеволожский, Киреева, 2010; Соболева, 2013; Федяева, Востриков, 2016 и др.). Условия сверхкритического состояния СО<sub>2</sub> достигаются на глубинах 700-800 м, где он образует не смешивающуюся с водой фазу и начинает интенсивно растворять и накапливать в своем составе разнообразные компоненты, включая широкий спектр органических веществ.

Нами в первый год выполнения проекта были запланированы исследования углекислых минеральных вод Тункинской впадины. В фундаменте Тункинской впадины от северного ее борта до южного широко распространены углекислые воды, связанные с сетью активных разломов и разломных узлов (Павлов и др., 1995). В северном борту впадины располагается Аршанское месторождение углекислых минеральных вод, разведанное скважинами до глубины 722,5. Здесь в известняках протерозойского возраста вскрыты термальные воды с максимальной температурой 45°C и содержанием свободного углекислого газа до 9,5 г/л. На его базе функционирует два курорта, которые используют воду из скважин с различной глубины. В центральной части Тункинской впадины скважиной Г-1 глубиной 1093 метра вскрыты углекислые минеральные воды с температурой на изливе 53,7°C.

Для определения содержания органических веществ в воде ранее применялись газохроматографические методы исследования с предварительным концентрированием их гексаном. Этим методом можно было определить основные группы органических веществ без разделения их на отдельные вещества. Для получения более детального разделения органических веществ и 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 хромато-масс-спектрометрическим газовым окончанием. Методика позволяет количественно определять содержания эфиров, спиртов, кислот, предельных непредельных углеводородов и др. орг. веществ. Концентрирование органических веществ производится в полевых условиях, что очень важно, так как при хранении воды органические вещества удаляются из раствора. Это доказано нами при отработке методики, когда мы пробовали использовать бутилированную минеральную воду из различных месторождений. В концентрирующей установке используются патроны с сорбентом Strata С18-Е (Phenomenex). Через патрон с сорбентом пропускается 100 мл предварительно профильтрованной анализируемой воды (рис.1). Для поддержания стабильной скорости потока используется ручной вакуумный насос и вакуумный ресивер (стеклянная колба объемом 1 л с герметичной пробкой). Разряжение в системе порядка 0,9-0,95 атм позволяет поддерживать скорость потока 1 мл/мин. Элюирование 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. Мы проводили анализ в Институте катализа СО РАН с использованием имеющегося в этом институте банка данных органических веществ и стандартных образцов.



**Рисунок 1.** Установка для экстракции в полевых условиях органических соединений, растворенных в минеральных водах.

В результате проведенных работ впервые количественно определены содержания 55 органических соединений в трех пробах углекислых минеральных вод Тункинской впадины. Все определенные вещества сгруппированы в 7 классов, результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Состав органических соединений в водах Аршан-Тункинского месторождения и самоизливающейся скважины п. Жемчуг, %.

	Скв. курорта	Скв. курорта	Скв. Жемчуг	
	Саяны, Т=36,4 °С	Аршан, Т=40,5 °С	T=53,7 °C	
Алканы	11,17	8,7	9,87	
Алкены	3,41	4,37	4,48	
Спирты	14,96	17,04	17,52	
Альдегиды	0,35	0,43	0,6	
Сложные эфиры	0	0,75	0,86	
Эфиры	66,95	64,05	65,42	
Не диагностированные вещества	3,18	4,66	1,22	
Гликоли	0	0	0	
Органические кислоты	0	0	0	
Терпены	0	0	0	
Фенолы	0	0	0	

Наиболее высокими содержаниями характеризуются группа эфиров. Это новый очень интересный факт, который ждет своего объяснения. Установлены высокие содержания спиртов, которые представлены разнообразными веществами. Эти органические соединения наиболее хорошо растворимы в воде. Кроме этого в обследованных водах обнаружены альдегиды. Их содержание в водах не высокие, в проанализированных водах наблюдается их значительная дисперсия, что может быть связано с их низкими содержаниями во вмещающих породах или активным преобразованием в более окисленные соединения. Относительно повышенными содержаниями в воде характеризуются алканы с алкенами. Эти две группы веществ обычно характеризуются низкой способностью к растворению в воде. Их накапливание в воде может быть связано с тем, что обследованные воды, формируют ресурсы в пределах осадочных пород с высоким содержанием органического вещества или увеличением их растворимости под воздействием углекислого газа, находящегося в сверхкритическом состоянии (Лифшиц, Чалая, 2010).

В углекислых минеральных водах нами не обнаружены карбоновые кислоты, которые в пресных водах и в азотных термальных водах являются доминирующими. Нет в углекислых водах фенолов и, вообще, ароматических углеводородов, что также является их особенностью.

Обнаруженные в обследованных водах органические вещества имеют сложное строение. В таблице 2 приведены некоторые химические и структурные формулы обнаруженных веществ.

**Таблица 2.** Структурная и химическая формулы органических веществ, обнаруженные в наиболее высоких концентрациях в углекислых минеральных водах Аршана и Жемчуга

Группа	Название вещества	Структурная формула	Химическая
			формула
Алканы	2,6,10-триметил		$C_{15}H_{32}$
	додекан		
Спирты	1-Деканол	<b>/////</b> ОН	
	, ,		CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>2</sub> OH
Спирты	2-этил-1-деканол	H-0 H	
			C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O
Альдеги	Нонаналь	<b>^</b> 0	
ды	Попапаль		СН3(СН2)7СНО
Эфиры	Диэтилен гликоль бутиловый эфир	HO O CH3	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub>
Эфиры	Монододециловый эфир диэтиленгликоля	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>2</sub> O OH	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> (OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH

Установленные содержания и качественный состав растворенных органических веществ в обследованных водах может быть связан с окисляющим воздействием углекислого газа, находящегося в сверхкритическом состоянии. Это его свойство установлено экспериментальными исследованиями при высоких давлениях и температурах (Федяева О.Н., Востриков А.А., 2016).

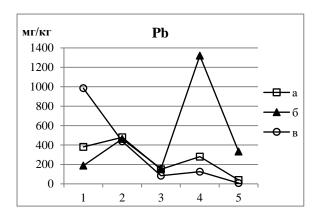
Полученные результаты исследования качественного и количественного состава растворенных органических веществ при дальнейшей обработке будут коррелироваться с макро- микрокомпонентным составом вод и составом свободных газов, которые нами также определены в этих водопунктах.

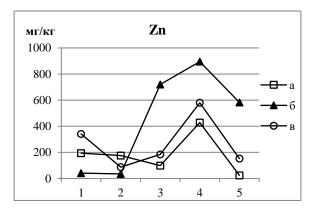
Представленные результаты имеют предварительный характер. По мере выполнения проекта будет накапливаться информация по качественному составу органических веществ и их содержанию в углекислых водах, формирующих ресурсы и химический состав в различных геологических условиях.

2. Установлено содержание подвижных форм Мо, Рb, Zn, Mn, Cu, Cd в почвах, в течение нескольких десятилетий погребенных под отходами переработки молибденитовых и сульфидно-гюбнеритовых руд. Наиболее опасная для окружающей среды обменная форма Рb в больших количествах содержится в отходах обогащения руд, Zn и Cu – в перегнойном и глеевом горизонтах почв. Cd подвижен как в отходах обогащения, так и в почвах, подвижные формы Мо не выявлены.

Определение подвижных форм тяжелых металлов выполнено с использованием методик последовательной экстракции BCR (Community Bureau of Reference), рекомендованной Европейской комиссией по стандартам и широко распространенной за рубежом (Junhui Li, et al, 2010), и динамического пятистадийного фракционирования во вращающихся спиральных колонках, предложенной Федотовым П.С. с соавторами (Савонина Е.Ю., Федотов П.С., Р. Веннрих, 2006; Федотов П.С., 2012). В настоящее время схема ВСR является единственной методикой, по которой проведена аттестация стандартных образцов почв, илов и донных отложений. Однако в ней имеются недостатки, связанные с занижением содержаний металлов в окисляемых формах и завышением в восстанавливаемых. Результаты последовательного экстрагирования в динамическом режиме более корректно отражают реальное распределение элементов по формам, поскольку все природные процессы являются динамическими.

Образцы техногенных песков взяты во фронтальной, центральной и тыловой частях насыпного хвостохранилища, расположенного в устье ручья Барун-Нарын, общая протяженность которого составляет 1700 м. Их анализ по методике ВСR позволил выделить пять геохимических фракций форм нахождения тяжелых металлов: 1 — ионнообменная водо- и кислоторастворимая (в эту фракцию концентрируются металлы, адсорбированные на поверхности глинистых частиц и легко переходящие в раствор при изменениях рН, а также карбонатные формы), 2 — оксидов железа и марганца (эти поглотители металлов нестабильны при дефиците кислорода), 3 — органических веществ и сульфидов (освобождение растворимых металлов из этой фракции возможно в окислительных условиях), 4 — сульфидов, 5 — остаточная фракция.





**Рисунок 2.** Распределение тяжелых металлов по геохимическим фракциям (горизонтальная ось: 1 — ионнообменная водо- и кислоторастворимая, 2 — оксидов железа и марганца, 3 — органических веществ и сульфидов, 4 — сульфидов, 5 — остаточная фракция) в пробах техногенных песков хвостохранилища (a — фронтальная, b — центральная, b — тыловая часть).

Наиболее подвижными в отходах обогащения руд являются свинец и цинк (рис.2.). В ионнообменной водо- и кислоторастворимой фракции и фракции оксидов железа и марганца содержится от 20 до 50 % свинца, в остаточной – 3-13% от общего количества. Суммарное содержание цинка в ионообменной водо- и кислоторастворимой фракции и фракции оксидов железа и марганца достигает 50% от общего количества, в сульфидной форме – до 40%. Медь, никель, молибден накапливаются во фракции органического вещества и сульфидов. Данные химические элементы относятся к так называемым металлам, соединения которых обладают высокой биологической переходным органическими активностью способностью К комплексообразованию c неорганическими лигандами. Вольфрам малоподвижен и концентрируется в силикатном остатке.

Свинец и цинк относятся к 1 классу токсичности и техногенные пески с высоким содержанием подвижных форм этих металлов представляют высокую экологическую опасность для находящегося в непосредственной близости от них г. Закаменск. рН водной вытяжки техногенных песков находится в пределах от сильнокислой до близкой к нейтральной, что объясняет высокую миграционную способность тяжелых металлов.

Определено общее содержание подвижных форм меди, цинка, свинца, кадмия, марганца и молибдена в почвах, погребенных под отходами обогащения руд путем их экстрагирования ацетатно-аммонийным буферным раствором (рН 4.8) в статическом режиме. Содержание подвижных форм кадмия составляет до 90%, меди и цинка - до 65%, свинца – до 20% от валового содержания. Молибден практически не извлекается ацетатно-

аммонийным буферным раствором, следовательно, он находится в труднодоступных, в том числе для растений, формах.

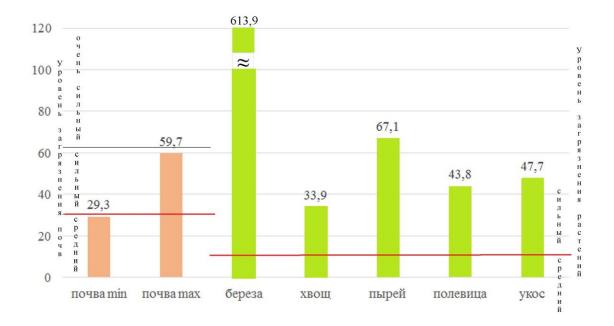
Фракционирование наиболее подвижных и потенциально опасных для окружающей среды обменной и кислоторастворимой форм химических элементов, проведено в динамическом режиме. Сравнение результатов статического и динамического селективного экстрагирования химических элементов показало, что во всех образцах содержание подвижных форм кадмия, марганца и молибдена, выделенных в статическом режиме, в целом соответствует сумме содержания этих элементов в обменной и кислоторастворимой фракциях динамического фракционирования. Извлечение подвижных форм свинца статическим методом в 2-4 раза выше, чем динамическим, а меди и цинка – в 2-4 раза ниже.

Данные, полученные как статическим, так и динамическим методами подтверждают, что большее количество подвижных форм свинца находится в отходах обогащения, а меди и цинка - в органических горизонтах почв. Вероятно, органическое вещество и другие компоненты почв могли стать буфером для меди и цинка, поступающими с водами, фильтрующимися через отходы обогащения. В целом, почвы способствуют дальнейшему загрязнению окружающей среды, в том числе, грунтовых вод, и представляют собой важный источник биодоступных форм цинка и меди. Причины практически полного отсутствия свинца в погребенной почве при высоком содержании этого металла (в том числе, в обменной форме) в перекрывающих отходах обогащения пока остаются неясными и требуют дальнейших исследований.

3. Проведена оценка состояния почв и растительности на участке разгрузки кислых рудничных вод сульфидно-вольфрамового месторождения с общей минерализацией до 4153 мг/дм³ (рис.3). Почвы и растения территории по показателю суммарного загрязнения (30-60 и 34-614, соответственно) относятся к сильно загрязненным. Приоритетными загрязнителями для почв являются Zn, Cu и Cd, для растений — Zn и Cd. Установлено содержание подвижных форм Mo, Pb, Zn, Mn, Cu, Cd в почвах, в течение нескольких десятилетий погребенных под отходами переработки молибденитовых и сульфидногюбнеритовых руд (рис.4). Наиболее опасная для окружающей среды обменная форма Pb в больших количествах содержится в отходах обогащения руд, Zn и Cu — в перегнойном и глеевом горизонтах почв. Cd подвижен как в отходах обогащения, так и в почвах, подвижные формы Мо не выявлены.



**Рисунок 3.** Место выхода рудничных вод из устья штольни (а), участок, дренируемый рудничными водами (б), состояние растительности (в).



**Рисунок 4.** Показатель суммарного загрязнения почв и растений на участке разгрузки рудничных вод.

4. Выявлено, что на протяжении длительного периода (подтверждено наблюдениями в течение 4 лет) в снежном покрове на пирогенно поврежденной территории устанавливается кислая среда, в формировании минерализации снега возрастает роль гидрокарбонат-иона, фиксируются повышенные содержания некоторых тяжелых металлов (Zn, Cd, Mn, Fe) и редкоземельных элементов (табл.3). Повреждение водосборов рек крупными лесными пожарами приводит к повышению химического стока, как главных компонентов состава вод, так и микрокомпонентов (рис.5).

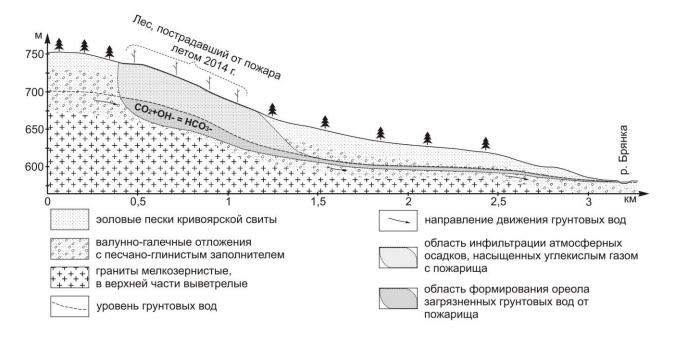
Поведение элементов первой группы характеризуется резким повышением концентрации в 1-й год после пожара и резким снижением на 2-й и последующие годы до значений, близких к уровню, наблюдаемому на несгоревших участках. Присутствие биофильных элементов позволяет нам предполагать, что эта ассоциация элементов поступает в снег в результате разложения органических остатков.

**Таблица 3.** Ассоциации элементов химического состава снежного покрова, имеющие сходства в поведении под влиянием последствий лесных пожаров.

№	Переменные, определяющие выделение фактора	Вес фактора, %
1	Mg, Al, P, K, Sc, Ti, Mn, Fe, Ga, Y, Zr, Nb, La, Ce, Nd, Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu, Hf, Ta, Th	40,3
2	Li, Ca, V, Co, Sr, Mo, Sn, Cs, Ba, W	16,4
3	- (Cr, Ni, Cu, Pb)	9,5

Вторая группа. Поведение этих элементов также характеризуется повышением концентрации в 1-й после пожарный год, но в отличие от элементов первой группы, снижение значений происходит плавно в течение нескольких последующих лет. Эта группа элементов, поступает в снежный покров в результате взаимодействия снега с золой на пожарищах.

Третья группа. концентрация этих элементов сохраняется на уровне, близком к уровню несгоревших участков, первые два года после пожара, а затем наблюдается повышение на 3-й и 4-й годы.



**Рисунок 5.** Схема формирования ореола рассеяния загрязнения грунтовых вод от пожарища и воздействие его на поверхностные воды.

5. Впервые изучена сорбционная способность цеолитсодержащих туфов Забайкалья по отношению к ионам вольфрама (VI) из водных растворов. Установлено, что в случае применения концентрированных растворов на поверхности туфов формируются кристаллы вольфрамата кальция, обнаруженные методом сканирующего электронного микроскопа. Предполагается, что диффузия обменных катионов цеолита - ионов кальция на поверхность

зерна сорбента приводит к образованию труднорастворимой соли вольфрамата кальция (рис.6, табл.4)

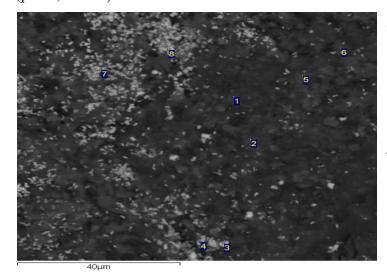


Рисунок 6. Микроснимок поверхности зерна клиноптилолитового туфа после контакта с 0.05 М раствором вольфрамата натрия с рН 6.7 (точки 1-7 — участки проведения микрозондового анализа)

**Таблица 4.** Элементный состав (ат. %) в локальных участках поверхности клиноптилолитового туфа после контакта с 0,05 н раствором вольфрамата натрия при pH 6.7

		Атомные %					
Спектр	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	W
1	2.31		4.45	21.5	2.1	0.25	0.25
2	0.65		5.37	19.86	4.61	0.29	0.38
3	2.25		4.68	24.05	1.09	0.46	0.47
4		0.16	4.84	15.55	3.88	0.35	0.51
5	1.59		3.37	20.14	0.83	0.26	0.24
6	1.32		1.72	3.7	1.52	9.49	9.97
7	1.65		1.69	3.45	1.15	8.34	9.79

Образование труднорастворимой соли вольфрамата кальция происходит в результате диффузии обменных катионов кальция из цеолита на поверхность зерна.

#### Заключение

Для определения содержания органических веществ в углекислых минеральных водах нами разработана методика концентрирования ОВ в полевых условиях методом твердофазной экстракции с газовым хромато-масс-спектрометрическим окончанием, позволяющая количественно определять содержания эфиров, спиртов, кислот, предельных и непредельных углеводородов. На ее основе впервые количественно определены содержания 55 органических соединений в углекислых и метановых минеральных водах Тункинской впадины. Для оценки подвижности форм элементов в загрязненных почвах и

техногенных песках освоена новая методика, позволяющая проводить исследования в условиях статического и динамического экстрагирования. Эти методики исследования дадут возможность получить новую информацию при выполнении проекта в последующие годы.

Поставленные на первый год задачи НИР выполнены полностью. Результаты исследования реализованы в виде патента и уже используются в проекте ООО «Гидроспецстрой» для очистки рудничных и сточных вод ДВМК. Для коренной перестройки отношения к отходам добычи и переработки руд требуются изменения в законе о недропользовании. В частности, законодательно выдачу лицензии на недропользование увязать с планом рекультивации, расчетом финансовых затрат на ее реализацию и созданием экологического фонда.

Для очистки сточных вод горнорудного производства в развитых странах строятся фабрики, которые работают после прекращения добычи полезных ископаемых и требуют постоянных значительных финансовых вложений. Предложенный нами способ хранения отходов переработки руд позволит не ликвидировать очаги загрязнения, а очистку вод и рекультивацию земель встроить в технологический процесс добычи и переработки.

#### Список использованной литературы

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

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.

Павлов С.Х., Пиннекер Е.В., Писарский Б.И. Углекислые воды Тункинской впадины (Восточный Саян) // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. № 9. С. 28–35Савонина Е.Ю., Федотов П. С., Веннрих Р. Пятистадийное динамическое фракционирование форм меди, цинка и свинца в почвах, илах и донных отложениях с применением вращающихся спиральных колонок // Журн. аналит. химии. 2006. Т. 61. № 7. С. 759.

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

Федотов П. С. Вращающиеся спиральные колонки в вещественном анализе природных образцов: динамическое фракционирование форм элементов в почвах, илах и донных отложениях // Журн. аналит. химии. 2012. Т. 67. № 5. С. 453.

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

Федяева О.Н., Востриков А.А. Превращения пирита и пирротина в сверхкритической воде. Сверхкритические флюиды. Сверхкритические флюиды. Теория и практика. 2016, №3. С 28-38

Junhui Li, Ying Lu, Hojae Shim, Xianglian Deng, Jin Lian, Zhenglei Jia and Jianhua Li. J. Environ. Monit., 2010, 12, 466-471.

**Приложение А.** 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 2017 год:

- 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 <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=28082964">https://elibrary.ru/item.asp?id=28082964</a>
- 2. **Будаев Р.Ц., Коломиец В.Л., Плюснин А.М.** Потенциальные природные опасности освоения Озерного полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Геоэкология. 2017. №2 с. 14-21. https://elibrary.ru/item.asp?id=28786704
- 3. 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. том 72, № 10. С. 944–951 DOI: 10.1134/S1061934817100045
- 4. 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 DOI: 10.18412/1816-0395-2017-6-54-57
- 5. **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. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=30295805">https://elibrary.ru/item.asp?id=30295805</a>
- 6. **Санжанова С.С, Зонхоева Э.Л.** Сорбция ионов молибдена (VI) на природных минеральных сорбентах// Ж. физ. химии, 2017, Т. 91, № 11, С.1917-1923 DOI:10.1134/S0036024417110206
- 7. **Хажеева З.И.** Химический состав воды р. Модонкуль в современных условиях. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 6. С. 183-187. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=29416345">https://elibrary.ru/item.asp?id=29416345</a>
- 8. 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. <a href="https://elibrary.ru/item.asp?id=29772152">https://elibrary.ru/item.asp?id=29772152</a>

- 9. 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. Издательство: Ecomed Verlagsgesellschaft mbH V: 24 № 12, 2017 P. 11090-11100 DOI: 10.1007/s11356-016-8105-z
- 10. 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, Russia//Environmental science and pollution research. Издательство: Ecomed Verlagsgesellschaft. V: 24, № 12. 2017, P. 11101-11110 DOI:10.1007/s11356-017-8579-3

#### Патент на изобретение

Плюснин А.М., Перязева Е.Г., Дабаева В.В., Жамбалова Д.И. Патент на изобретение № 2633051. Хвостохранилище для хранения отходов горнодобывающих предприятий. Заявка № 2016112741. Приоритет изобретения 04 апреля 2016 г. Дата государственной регистрации в государственном реестре изобретений Российской Федерации 11 октября 2017 г.