

среди исследуемых ионов металлов наблюдается у кадмия 0,066-0,14 мг/кг. Выявлена линейная корреляционная зависимость между содержанием Cd и содержанием свинца ( $r = 0,62$ ). Наибольшее значение цинка содержится в образце глубиной 150 см – 48 мг/кг, наименьшее на глубине 300 см – 17 мг/кг. Коэффициенты между содержанием цинка и содержанием марганца составляет 0,28, между Zn и Cd – 0,32, между Zn и Pb – 0,20.

В ходе работы были выявлены корреляции между Mn и Cd ( $r = 0,81$ ), Cu и Pb ( $r = 0,77$ ), Mo и A% (0,66), Mo и pH (0,64), Cd и Pb (0,62). Закономерности по содержанию Zn и Cr в исследуемых образцах не прослеживаются [5].

Были использованы ПДК почв, поскольку для торфов ПДК на данный момент пока не зарегистрированы: Cr(III) – 6,0 (в кислых почвах Cr в основном содержится в виде иона  $Cr^{3+}$  [3]); Mn – 1500,0; Ni – 4,0; Cu – 3,0; Zn – 23,0; Mo – 5,0; Cd – 2,0; Pb – 32,0 мг/кг. Среднее значение содержания элементов исследуемых образцов значительно превышает предельно допустимые концентрации у хрома (8,61 мг/кг) и никеля (9,59 мг/кг). Незначительное повышение отмечается у меди (3,45 мг/кг) и цинка (23,69 мг/кг). Остальные средние значения содержания элементов не превышает предельно допустимые концентрации.

#### Литература

1. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета [Текст] / Л. И. Инишева, В. Ю. Виноградов, О. А. Голубина, Г. В. Ларина, Е. В. Порохина, Н. А. Шинкеева, М. В. Шурова. - Томск: Изд-во ТГПУ, 2010. - 148 с.
2. О взаимодействии хрома (III) с гумусовыми веществами почв вод, донных осадков [Текст] / И.Я. Кощеева, С.Д. Хушватова, В.В. Левинский, В.Н. Данилова, Ю.В. Холин // Геохимия. - 2007. - №2. - С. 208–215.
3. Орлов, Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв [Текст] / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
4. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115/titles/8P20LR>
5. Содержание биогенных элементов (Zn, Co, Cr), щелочных (Rb, Cs), щелочноземельных (Sr, Ba) металлов и лантана в эвтрофной торфяно-болотной экосистеме [Текст] / О.А. Голубина, Т.Н. Цыбукова, Е.Н. Тверякова, И.А. Передерина, Г.А. Жолобова, Е.П. Князева, М.В. Зыкова // Химия растительного сырья. - 2019. - №4. - С. 337–347. DOI: 10.14258/jcrpm.2019045131
6. Эффективность применения природных сорбентов для детоксикации почв, загрязненных солями тяжелых металлов и нефтепродуктами [Текст] / Д.В. Пономаренко, Л.В. Малиновская, С.Н. Перевалов, В.Г. Яценко, А.А. Ивлева // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. - №6. – С. 5-9.

### КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ФРАКЦИЯХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ С ТЕРРИТОРИИ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЬЮН (РЕСПУБЛИКА САХА-(ЯКУТИЯ))

Мишанькин А.Ю.

Научный руководитель профессор Язиков Е.Г.

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

Как известно, без изучения почв трудно добиться полноценных результатов в ходе проведения эколого-геохимических исследований окружающей среды.

Объектом исследования в настоящей работе является территория золоторудного месторождения Вьюн. Предметом исследования являются почвы месторождения, отбор проб которых был произведен в летний период 2017 г. сотрудниками кафедры Геоэкологии и геохимии (ныне Отделения геологии) в рамках комплексных эколого-геохимических работ на доэксплуатационной стадии освоения месторождения.

Почвы исследуемой площади характеризуются как глеевые мерзлотно-таёжные и относятся к Восточносибирской мерзлотно-таёжной области бореального пояса [2].

Целью работы являлось установление уровней концентраций химических элементов в валовых пробах почв и в отдельных их фракциях различной размерности, выявление закономерностей их распределения и, как итог, характеристика геохимической специализации почв территории золоторудного месторождения Вьюн.

Отбор проб почв производился с глубины 0-10 см «методом конверта». Всего было отобрано 19 проб.

Перед проведением химического анализа почвы высушивались при комнатной температуре, измельчались вручную и на микровиброистирателе и просеивались через сито с размером ячейки 1 мм.

Концентрации 55 химических элементов в 19 пробах почв устанавливались методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) в аккредитованном химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

Пробы почв, отобранные в районе локализации рудного тела месторождения (Вьюн-1, Вьюн-2, Вьюн-3, Вьюн-4), а также другие выделяющиеся высокими относительно средних по месторождению концентрациями элементов-спутников золотокварцевого оруденения (пробы Вьюн-7 и Вьюн-16 отобраны у южной границы месторождения, проба Вьюн-9 – ближе к центральной части месторождения), просеиванием были разделены на фракции размерностью 0,5 мм, 0,25 мм, 0,1 мм. Навески почвы указанных размерностей, а также исходные валовые пробы размерностью <1 мм, для проведения инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА)

упаковывались в конверты из алюминиевой фольги марки А-995. Масса каждой навески при этом составляла 100±1 мг. Всего на анализ методом ИНАА было отправлено 28 навесок из 7 проб почв.

Далее упакованные навески отправлялись на облучение тепловыми нейтронами в исследовательском тепловом ядерном реакторе ИРТ-Т (аккредитованная ядерно-геохимическая лаборатория Национального исследовательского Томского политехнического университета). После облучения производилось измерение наведенной активности на гаммаспектрометре с полупроводниковыми детекторами. Устанавливалось содержание в пробах почв 28 химических элементов, включая тяжёлые металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы.

После проведения лабораторно-аналитических исследований и определения средних по месторождению концентраций химических элементов в почве, были рассчитаны кларки концентрации (отношения средних концентраций элементов в почве к их кларкам). За кларки в данном случае принимались средние содержания химических элементов в верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1].

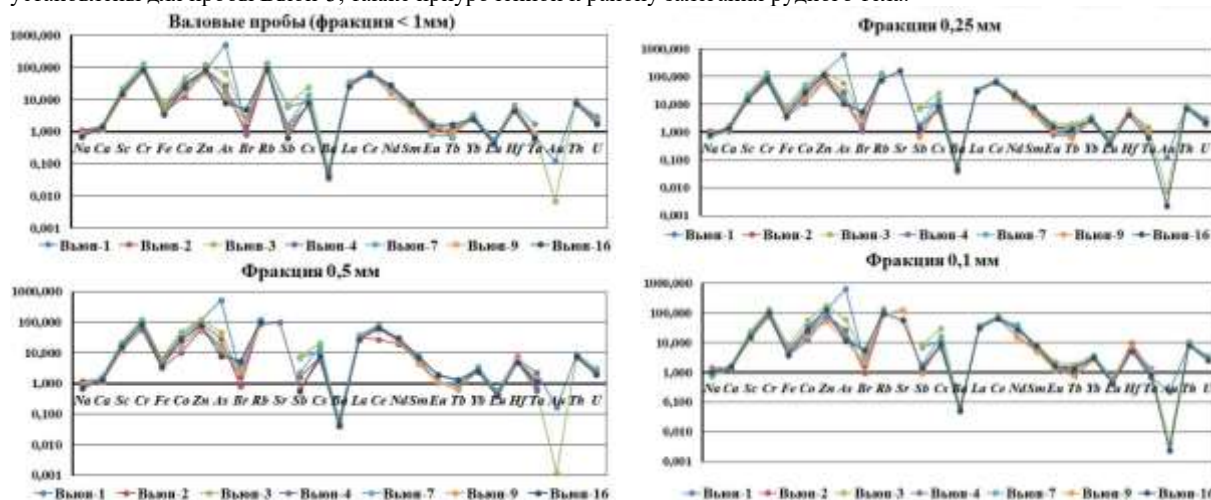
Также было проведено сравнение средних по 7 пробам концентраций некоторых специфичных для месторождения элементов в валовых пробах почв (фракция <1 мм), полученных методом ICP-MS и ИНАА (таблица 1).

Табл. 1

**Средние концентрации химических элементов в валовых пробах почв (фракция <1 мм) (мг/кг) и их кларки концентрации относительно средних содержаний химических элементов в верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1].**

Химический элемент	Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)		Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	
	Концентрация, мг/кг	Кларк концентрации, ед.	Концентрация, мг/кг	Кларк концентрации, ед.
As	55,9	10,0	91,3	16,3
Sb	3,34	4,13	2,71	3,34
Au	0,04	9,1	0,017	3,93

Результаты ИНАА отдельных фракций почв различной размерности с учётом всех 7 проб представлены на рисунке. Среди элементов, формирующих основу геохимической специализации территории золоторудного месторождения Вьюн, наибольшие концентрации As зафиксированы для пробы Вьюн-1, отобранной в районе локализации рудного тела, причём максимальная концентрация (655 мг/кг) установлена для фракции почвы, размерностью 0,1 мм. Концентрации Au в большей части проб также ниже предела обнаружения. Однако, в пробе Вьюн-1 фракции 0,1 мм концентрация Au зафиксирована на уровне 0,227 мг/кг, что в 51,5 раз превышает кларк верхней части континентальной земной коры по Н. А. Григорьеву, (2009) [1]. Для Sb не отмечено закономерностей в дифференциации концентраций по фракциям почвы. Наибольшие концентрации данного элемента (7,4–7,8 мг/кг) установлены для пробы Вьюн-3, также приуроченной к району залегания рудного тела.



**Рис. Концентрации химических элементов в отдельных фракциях почв различной размерности с территории золоторудного месторождения Вьюн**

Средние по 7 пробам концентрации наиболее специфичных для месторождения химических элементов в фракциях почв различной размерности, полученные методом ИНАА, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние концентрации As, Sb и Au в фракциях почв различной размерности (мг/кг)

Фракция почвы	Средняя концентрация химического элемента, мг/кг		
	As	Sb	Au
Валовая (<1 мм)	91,3	2,71	0,017
0,5 мм	92,3	2,93	0,0024
0,25 мм	103	2,94	0,019
0,1 мм	112	3,14	0,033

Таким образом, опытным путём установлено, что в среднем наибольшими уровнями концентрирования некоторых элементов, формирующих геохимическую специализацию почв месторождения Вьюн, а именно As, Sb и Au, характеризуется тонкая фракция почв размерностью 1 мм, что потенциально свидетельствует о целесообразности её детального химического анализа для поисков скрытого оруденения.

#### Литература

1. Григорьев, Н. А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры [Текст] / Н. А. Григорьев // Геохимия. – 2003. – № 7. – С. 785–792.
2. Минералого-геохимические особенности почвенного покрова золоторудного месторождения Вьюн (Республика Саха (Якутия)) [Текст] / А. Ю. Мишанькин, Е. Г. Язиков, Е. А. Филимоненко, Ю. П. Собынин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 11. – С. 98–109.

### ДЕТАЛЬНАЯ ГЕОХИМИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗ. КУЧЕРЛИНСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Новиков В.С.

Научный руководитель А.В. Дарьин

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

На сегодняшний день, обеспокоенность по поводу глобальных климатических изменений и их последствий для природы и деятельности человека, включая различные социальные, экономические и политические вопросы, оказывает колоссальное давление на науку в целях разработки современных моделей и прогнозов будущих климатических изменений. Знание сроков и масштабов экологических и климатических тенденций прошлого может помочь в таких прогнозах [3].

Изучая керн донных осадков можно выяснить, как погодно-климатические вариации влияли на их состав с течением времени и попробовать установить связь. Особенный интерес для изучения во всем мире вызывают озерные отложения с годовыми слоями (варвами), исследование которых позволяет строить климатические реконструкции с высоким временным разрешением.

Представлено исследование современных осадков озера Кучерлинское, расположенного у подножия Катунского хребта (49.87,86.41) на высоте 1790 метров. Озеро имеет размеры 4,5 км x 0,7 км, находится в труднодоступной местности и подвержено минимальному антропогенному воздействию.

Керн осадков (112 см) был получен в марте 2018г. ударной трубкой в самом глубоком месте озера (45 м). При отборе особо контролировалась сохранность верхней (слабо консолидированной) части осадка. После транспортировки в Новосибирск, керн был вскрыт в лаборатории Института геологии и минералогии СО РАН. В верхней части керна были обнаружены слои толщиной 0,5 – 4 мм [1].

С использованием гамма-спектрометрии получено распределение активности изотопов Cs-137 и Pb-210 для верхнего интервала 0-200 мм. Был проведен подсчет визуальных слоев по фотографиям влажного керна и оптических шлифов и построена возрастная модель на интервале 0 – 200 мм. Общее совпадение результатов подсчета, и их соответствие положению слоя Cs-137, подтверждает предположение о годовой природе выделяемых слоев. Максимальное расхождение в датировке слоя с максимальной активностью Cs-137 (1962 г.) на глубине 165 мм составляет величину в 4 года, от 1957 г. до 1965 г. [2]. Оценка ошибки при подсчете слоев составляет величину ~ 7%. При этом среднее значение датировки подсчетом слоев хорошо совпадает с изотопной датировкой.

По результатам подсчета визуально выделяемых слоев на фото влажного (исходного) керна и исследования шлифов на интервалах, соответствующих 480-650 мм и 940-1110 мм, была построена возрастная модель на интервале керна 200 – 1120 мм (рис.1). После чего все полученные данные были усреднены и аппроксимированы экспоненциальной функцией.