



УДК 551+552
ПЗ0

Современные направления развития геохимии: Материалы Всероссийской конференции (с участием зарубежных ученых), посвящённой 65-летию Института геохимии им. А.П. Виноградова и 105-летию со дня рождения академика Л.В. Таусона. 21–25 ноября 2022 г. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2022. – В 2-х томах. – Т. 2. – 278 с.

В книгах представлены материалы Всероссийской конференции с участием зарубежных ученых, которая проходила с 21 по 25 ноября 2022 года в г. Иркутске. Организатором конференции является Институт геохимии им. А.П. Виноградова Иркутского филиала Сибирского отделения Российской академии наук, которому в 2022 году исполняется 65 лет со дня основания.

Основное научное направление конференции, сформулированное как «Современные направления развития геохимии», объединяет различные аспекты изучения истории геологического развития и строения Земли, проблемы, связанные с процессами образования пород и руд, поисками месторождений полезных ископаемых, моделированием природных и экспериментальных систем, палеоклиматом, геоэкологией и физическим материаловедением. Материалы конференции демонстрируют необходимость комплексного подхода в геологических и экспериментальных исследованиях для решения широкого круга задач методами геохимии, генетической минералогии, петрологии, экспериментального и физико-химического моделирования. Представленные материалы демонстрируют современные достижения в Науках о Земле, результаты междисциплинарных исследований, новые нетривиальные подходы для решения различных геологических и экспериментальных проблем.

В итоговую программу конференции и в настоящее издание включены материалы докладов по пяти научным направлениям: «Изотопно-геохимические исследования магматических, метаморфических и осадочных комплексов пород различных геодинамических обстановок»; «Геохимические исследования рудно-магматических систем и современные методы поисков и прогнозирования месторождений полезных ископаемых»; «Геохимия окружающей среды, геоэкология и палеоклимат»; «Экспериментальное и физико-химическое моделирование природных и техногенных процессов, физическое материаловедение»; «Современные аналитические методы исследований и информационные технологии в Науках о Земле».

Материалы сборника представляют интерес для широкого круга специалистов в области Наук о Земле и студентов геологических специальностей средних и высших учебных заведений.

Материалы 2-х томного издания помещены в книгах последовательно в алфавитном порядке по фамилии первых авторов статей и имеют авторский указатель.

Председатели Оргкомитета конференции:
академик РАН Кузьмин Михаил Иванович
академик РАН Шацкий Владислав Станиславович
д.г.-м.н. Перепелов Александр Борисович

Ученый секретарь конференции:
к.ф.-м.н. Шалаев Алексей Александрович

Редактор материалов конференции:
к.г.-м.н. Радомская Татьяна Александровна

Утверждено к печати Ученым советом ИГХ СО РАН

ISBN 978-5-94797-416-4 Общий том
ISBN 978-5-94797-418-8 Том 2

© ИГХ СО РАН, 2022



Сутурин А.Н., Гончаров А.И., Куликова Н.Н., Парадина Л.Ф., Дамбинов Ю.А., Мальник В.В., Дамбинова Е.П., Чебыкин. Е.П. ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ СОЛЗАНСКОГО ПОЛИГОНА ПРОМОТХОДОВ	161
Сутурин А.Н., Парадина Л.Ф. ЗОЛЫ УГЛЕЙ – КОМПЛЕКСНЫЙ МИНЕРАЛЬНЫЙ РЕСУРС	164
Тарасова Ю.И., Будяк А.Е., Горячев Н.А., Будяк А.А., Жарикова А.А., Черкашина Д.А. ЭВОЛЮЦИЯ ПИРИТА, КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ О ГЕНЕЗИСЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЖЕРЕЛЬЕ	165
Таусон В.Л., Липко С.В., Сапожников А.Н., Канева Е.В., Михлин Ю.Л. ПРИБАЙКАЛЬСКИЕ ЛАЗУРИТЫ КАК ПРИРОДНЫЕ КЛАТРАСИЛЫ, ИХ СТРУКТУРНЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ ТИПОМОРФИЗМ, ИНДИКАТОРНЫЕ СВОЙСТВА	167
Тебенькова Н.А., Екайкин А.А., Верес А.Н., Козачек А.В. СВЯЗЬ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА РАЗНЫХ ТИПОВ ОСАДКОВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНТАРКТИДЕ С ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА	171
Торопов А.С., Конышев А.А., Сидкина Е.С. ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	175
Тупицын А.А., Ясько С.В., Бычинский В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ $\text{CaO}-\text{CaC}_2$	178
Украинцев А.В., Плюснин А.М. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ВОДАХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ХОНГОР-УУЛА И МАРАКТИНСКИЙ	179
Федосеева В.И. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЧАСТИЦ ДИСПЕРСНОГО ЛЬДА (СНЕГА)	183
Федькин В.В. ГРАНАТ-ПИРОКСЕНОВЫЙ ПАРАГЕНЕЗИС В КОНТРАСТНЫХ ПОРОДАХ ЭКЛОГИТ-ГЛАУКОФАНСЛАНЦЕВЫХ КОМПЛЕКСОВ	185
Филенко Р.А., Юргенсон Г.А., Смирнова О.К. НОВООБРАЗОВАННЫЕ ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ МИНЕРАЛЫ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕНЕЗА И ИХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	189
Фомина Е.Н., Козлов Е.Н. ЭВОЛЮЦИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ КАРБОНАТИТОВ УЧАСТКА ПЕТЯЙЯН-ВАРА (МАССИВ ВУОРИЯРВИ, КОЛЬСКИЙ РЕГИОН, СЗ РОССИИ)	191
Хлестов В.В., Леснов Ф.П. ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИЗОТОПОВ СВИНЦА В МАФИТ- УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВАХ, ОБУСЛОВЛЕННОЕ ДЕФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ	194
Хубанова А.М., Хубанов В.Б., Новосельцева В. М., Соколова Н. Б., Кузнецов А.М., Роговской Е.О., Лохов Д.Н., Базаров Б.А., Миягашев Д.А., Симухин А.И., Мурзинцева А.Е. СОПОСТАВЛЕНИЕ С-Н ИЗОТОПНОГО СОСТАВА ЛЕСНОЙ И СТЕПНОЙ ТРАВЯДНОЙ ФАУНЫ ИЗ ГОЛОЦЕНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРНОГО ПРИАНГАРЬЯ И ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ	195



недостаточно данных для снега (всего 14 образцов), что также влияет на наклон изотопно-температурной зависимости и её достоверность.

В дальнейшем планируется расширять базу данных атмосферных осадков с каждым годом и использовать моделирование для реконструкции начальных климатических условий. Но уже сейчас эта работа приближает нас к пониманию того, как изотопный состав формируется в каждом типе осадков и какую информацию он предоставляет. Это поможет более точно интерпретировать изотопный сигнал в ледяных кернах.

Данная работа была поддержана Российским научным фондом, грант № 21-17-00246.

Литература:

Casado M. et al. Archival processes of the water stable isotope signal in East Antarctic ice cores // The Cryosphere. 2018. Т. 12. №. 5. С. 1745–1766.

Craig H. Isotopic variations in meteoric waters // Science. 1961. Т. 133. №. 3465. С. 1702–1703.

Fujita K., Abe O. Stable isotopes in daily precipitation at Dome Fuji, East Antarctica // Geophysical research letters. 2006. Т. 33. №. 18.

Landais A., Barkan E., Luz B. Record of $\delta^{18}\text{O}$ and 17O -excess in ice from Vostok Antarctica during the last 150,000 years // Geophysical Research Letters. 2008. Т. 35. №. 2.

Ricaud P. et al. Genesis of diamond dust, ice fog and thick cloud episodes observed and modelled above dome c, Antarctica // Atmospheric Chemistry and Physics. 2017. Т. 17. №. 8. С. 5221–5237.

Schlosser E. et al. The influence of precipitation origin on the $\delta^{18}\text{O}$ –T relationship at Neumayer Station, Ekstrmisen, Antarctica // Annals of Glaciology. 2014. Т. 39, С. 41–48.

Stenni B. et al. Three-year monitoring of stable isotopes of precipitation at Concordia Station, East Antarctica // The Cryosphere. 2016. Т. 10. №. 5. С. 2415–2428.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Торопов А.С.^{1, 2}, Конышев А.А.^{2, 3}, Сидкина Е.С.²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
torop990@gmail.com

²Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

³Институт геологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия

В районе Северного Приладожья (Южная Карелия) имеется большое количество исторических горных выработок и современных разрабатываемых месторождений. Это требует комплексной оценки их вклада в загрязнение природных вод района.

Изучаемая территория располагается в пределах Питкярантского рудного района в юго-западной части Республики Карелия, вдоль северо-восточного побережья Ладожского озера. В Питкярантском рудном районе открыты многочисленные месторождения и рудопроявления олова, железа, редких и цветных металлов, флюорита, урана и др. Рудные объекты в большинстве своем приурочены к полосе, протягивающейся вдоль северо-западного контакта Салминского батолита более чем на 50 км. Из нерудных полезных ископаемых в исследуемом районе разрабатывались пегматиты на керамическое сырье, ведется добыча строительных материалов. Выветривание пород с повышенной концентрацией радиоактивных элементов, а также горные работы определяют актуальность исследования процессов переноса урана и тория. В работе изучались особенности поведения естественных радионуклидов в природных водах разных типов объектов с упором на взаимосвязь химического состава и геохимических условий на миграционные формы этих элементов. Формы нахождения радионуклидов обуславливают их геохимическую подвижность, скорость переноса и потенциальное воздействие на человека.

Опробование проводилось в 2019–2021 гг. по единой методике. Химический и элементный состав воды определялись методами титрования, ионной хроматографии, атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Органический углерод определяли методами каталитического сжигания с ИК-детектором и УФ-спектроскопии. Фракционирование размерных форм нахождения определяли последовательным фильтрованием и ультрацентрифугированием с мембранами размерами 0,45 мкм и 10 кДа (1,5–2 нм), разделяя взвешенные, коллоидные и растворенные формы. Подробно история района, геологический очерк, схема отбор проб, методы исследования описаны ранее в работах (Konyshev et al., 2020; Конышев и др., 2021а, б).

Особенности химического состава изученных объектов и распределения форм нахождения урана и тория (табл.) представлены ниже.

Озера. В регионе имеется ряд крупных и мелких озер. Крупнейшим озером является Ладога. Вода в Ладоге нейтральная, пресная, гидрокарбонатная кальциевая. В мелких заболоченных озерах по величине рН воды характеризуются как слабокислые (рН = 5–6), пресные или ультрапресные. Гидрокарбонат ион преобладает, но доля сульфат-иона в них повышается. Распределение форм нахождения урана и тория в озерных водах соответствует классическим геохимическим представлениям о миграции этих элементов в природных водах в условиях влажного и холодного климата: отношение Th/U много меньше единицы, уран преобладает в растворенной, а торий – во взвешенной форме. Отмечается тенденция удержания тория в коллоидной форме с повышением концентрации органических веществ и снижении рН.

Таблица. Содержание естественных радионуклидов в природных водах Питкярантского рудного района и формы их нахождения.

Тип объекта	Размах варьирования (минимум-максимум, мкг/л), преобладающие формы Th	Размах варьирования (минимум-максимум, мкг/л), преобладающие формы U
Озера	<0,002–0,16 преобладает взвешенная форма	0,012–2,2 преобладает растворенная форма
Реки, мелкие ручьи	<0,002–0,30 преобладает взвешенная форма	0,86–3,26 преобладает растворенная форма
Воды затопленных шахт	0,012–1,7 преобладает коллоидная форма	0,14–6,5 преобладают взвешенная и растворенная форма
Подотвальные пруды	0,015–0,05 преобладает взвешенная форма, до 25 % коллоидной формы	0,04–0,27 Резко преобладает растворенная форма
Затопленные карьеры	<0,005–0,10 резко преобладает взвешенная форма	5–492 резко преобладает растворенная форма

Реки, мелкие ручьи. Вода в реках Питкярантского рудного поля нейтральная, пресная. В маленьких ручьях вода по значению водородного показателя различается, встречаются умеренно кислые (Коньшев и др., 2021а), слабокислые и нейтральные. Воды ультрапресные, гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные по преобладающему аниону. Спектр распределения размерных форм нахождения радионуклидов похож на воды озер, но с более высокой долей взвешенных форм.

Затопленные карьеры. Добыча строительных материалов значительно влияет на химический состав природных вод в карьерах. Воды из опробованных карьеров по добыче стройматериалов как правило слабощелочные, пресные. Минерализация воды в карьерах заметно выше, чем в близлежащих озерах. Такие объекты характеризуются максимальными концентрациями урана, достигая почти 500 мкг/л. Торий, напротив, из-за высокой мутности карьерных вод во фракции <0,45 мкм встречается на уровне предела обнаружения, либо слегка выше него. Коллоиды мало участвуют в переносе изучаемых радиоактивных элементов.

Воды затопленных шахт. Состав таких вод формируется преимущественно за счет атмосферных осадков, отличается низкой минерализацией и обогащен содержанием добываемых и сопутствующих элементов, которые выщелачивались из руд и вскрышных пород. Данный тип объектов отличается наиболее пестрой геохимией и спектрами элементов. В целом, содержание урана в таких водах не превышает единиц мкг/л. Однако в водах затопленных шахт наблюдаются самые высокие концентрации тория среди изученных объектов – до 1,7 мкг/л. В шахтах с глубиной происходит смена окислительно-восстановительной обстановки (снижение Eh) и возрастает концентрация тория (в 3–4 раза) и урана (в 1,5–2 раза). Для тория характерно доминирование коллоидных и взвешенных форм, для урана – взвешенных и растворенных. В некоторых шахтах отношение Th/U выше единицы.

Подотвальные пруды. Отвалы шахт Питкярантского рудного района при взаимодействии с атмосферными осадками обогащают воду токсичными элементами, к которым можно отнести и уран. На территории некоторых рудников (Люпикко, Бекк) имеются подотвальные пруды куда попадают осадки после взаимодействия с породами отвалов. Среди водных объектов, воды подотвальных прудов содержат максимальное количество элементов, связанных с вкрапленной сульфидной минерализацией. Содержание урана и тория невысокое. Отношение Th/U меньше единицы, однако выше, чем в озерах, реках и ручьях. Распределение форм нахождения тория и урана промежуточное между водами затопленных шахт и водами рек и ручьев. Доля коллоидной формы тория не превышает 25 %. Практически весь уран находится во фракции менее 10 кДа.

Таким образом, изучаемый район представляет собой большой интерес с точки зрения изучения геохимии радиоактивных элементов в природных водах на действующих и законсервированных техногенных объектах, а также ненарушенных фоновых водоисточниках, имеющих различную специфику. Окислительно-восстановительная обстановка является доминирующим фактором для распределения размерных форм нахождения, перекрывающим влияние химического состава и концентрации органических лигандов в изучаемых водах.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-77-10011.

Литература:

Konyshev A.A., Sidkina E.S., Cherkasova E.V., Mironenko M.V., Zhilkina A.V., Bugaev I.A., Gridasov A.G. Migration forms of heavy metals and chemical composition of surface waters in the “Arsenic” shaft area (Pitkäranta ore district, South Karelia) // *Geochemistry International*. 2020. V. 58. № 9. P. 1068–1074.

Конышев А.А., Сидкина Е.С., Солдатова Е.А., Черкасова Е.В., Бугаев И.А., Торопов А.С., Догадкин Д.Н., Громяк И.Н., Николаева И.Ю. Химический состав и формы нахождения металлов в водах района шахты “Люпикко-1” (Питкярантский рудный район, Карелия) // *Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология*, 2021а, № 6, с. 55–67.

Конышев А.А., Сидкина Е.С., Солдатова Е.А., Догадкин Д.Н., Громяк И.Н. Особенности поведения химических элементов в системе вода–порода района разрабатываемого карьера бутового камня в Питкярантском рудном районе (Карелия) // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021б. Т. 332. No 3. 7–19.