

ИГЕМ РАН
СМУиС ИГЕМ РАН



НОВОЕ В ПОЗНАНИИ ПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ

Сборник материалов
X Российской молодёжной научно-практической Школы
Научное электронное издание

29 ноября - 03 декабря 2021 г.
ИГЕМ РАН, Москва

Западного гнейсового региона)	
Салимгараева Л. И.	267
Комплексная интерпретация материалов по россыпной золотоносности с целью выделения перспективных участков в пределах Чалбыканского, Бохапчинского, Мандычанского золоторудно-россыпных узлов (лист Р-56-ХІХ)	
Самойленко М.В., Пачерский Н.В.	271
U-Pb возраст и геохимия цирконов из гранитоидов Быстринского месторождения (Восточное Забайкалье, Россия): ключ к оценке рудоносности магм	
Светлицкая Т. В., Неволько П. А., Савичев А. А., Веснин В. С., Фоминых П. А.	274
Усовершенствование методики автоматического построения линеаментов по данным SRTM с помощью программного обеспечения PCI Geomatica на примере западного Прибайкалья	
Свечеревский А. Д., Устинов С. А., Петров В. А.	278
Состав рудообразующего флюида и физико-химические параметры формирования промышленных руд участка Свобода Малмыжского Au-Cu-порфирирового месторождения (Хабаровский край)	
Свистунов В. В., Прокофьев В. Ю.	282
Первые результаты $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и U-Th-He датирования рудных метасоматитов месторождений Петропавловское и Новогоднее-Монто (Полярный Урал)	
Соболев И. Д., Викентьев И. В.	285
Th, U и Th/U в антропогенных карбонатах как индикаторы природных и антропогенных обстановок	
Соктоев Б. Р., Фархутдинов И. М., Злобина А. Н., Арынова Ш. Ж., Барановская Н. В.	287
Изотопный состав кислорода в оливине обыкновенных равновесных хондритов	
Суханова К. Г.	290
Рудная минерализация Наталкинского золоторудного месторождения (Магаданская область)	
Сухорукова В. А.	293
Состав вторичных расплавных включений в порфирокластах оливина ксенолитов деформированных перидотитов из кимберлитовой трубки Бултфонтейн (кратон Каапвааль, Южная Африка) по данным Раман-картирования и сканирующей электронной микроскопии	
Тарасов А. А. ¹	296
Анализ статистических моделей структуры граната	
Товстопят С. В., Никольский М. С.	299
Изучение изотопной системы ^{87}Rb - ^{87}Sr в биотите методом частичного растворения	
Ускова П. Д., Шатагин К. Н.	301
Прогнозная оценка состава дренажных вод при освоении сульфидсодержащих золотосеребряных объектов Кричальской площади (Северо-Восток России)	
Филатова О.Р.	304
Минеральный состав включений в самородном золоте из р. Яковлевский как критерий региональной металлогении. (Восточное Забайкалье)	
Фоминых П. А., Неволько П. А., Светлицкая Т. В., Колпаков В. В.,	308
Кавитация: усовершенствование технологии извлечения металлов платиновой группы из руд черносланцевого типа	

Th, U и Th/U в антропогенных карбонатах как индикаторы природных и антропогенных обстановок

Соктоев Б. Р.¹, Фархутдинов И. М.², Злобина А. Н.³, Арынова Ш. Ж.⁴, Барановская Н. В.¹

¹ТПУ, г. Томск, bulatsoktoev@gmail.com

²ГГМ РАН, г. Москва,

³БашГУ, г. Уфа

⁴Toraighyrov University, г. Павлодар, РК

Введение. Геохимия естественных радиоактивных элементов (Th, U) привлекает внимание с момента открытия явления радиоактивности в 1896 году. «Всюдность» (по В.И. Вернадскому) радиоактивных элементов позволяет использовать их как индикаторы различных природных процессов. Такое применение Th и U наблюдалось, прежде всего, в геологии (Арбузов, Рихванов, 2010; Рихванов, 2002; Смыслов, 1974; Allègre et al., 1986; и др.), однако с развитием экологической составляющей научных исследований уровни накопления и соотношения радиоактивных элементов стали применяться в эколого-геохимических работах (Рихванов, 1997; Рихванов, 2009; и др.).

В данной статье мы приводим обобщающие данные по содержанию Th и U, а также показателя Th/U в антропогенных карбонатах (или накипи), отобранных в населенных пунктах на территории регионов Южной Сибири, Урала, Казахстана, которые характеризуются различными особенностями геологическим строением и антропогенной нагрузкой.

Материалы и методы. В основу статьи положены результаты изучения элементного состава антропогенных карбонатов на территории Южной Сибири (Алтайский, Забайкальский края, Иркутская, Кемеровская, Томская области, Республики Алтай, Бурятия, Тува), Урала (Республика Башкортостан, Челябинская область), Казахстана (Акмолинская, Алматинская, Кызылординская, Северо-Казахстанская, Павлодарская, Туркестанская области). Общее количество проб составило 1417. Отбор проб и их подготовка регламентировались рекомендациями, изложенными в патенте (Способ ..., 2007), а также требованиями к аналитическим исследованиям.

Концентрации Th и U определены с использованием инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА). ИНАА проводился на исследовательском реакторе ИРТ-Т в ядерно-геохимической лаборатории (ЯГЛ) МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ (аналитики – с.н.с. Судыко А.Ф., Богутская Л.Ф.).

Накопление и обработка аналитических данных проводились с использованием программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel. Выборки создавались по регионам в целом, районам и населенным пунктам, по исследуемым территориям в отдельности. При статистической обработке данных определялись: среднее значение, стандартная ошибка, медиана, мода, стандартное отклонение, дисперсия, минимальное и максимальные значения, коэффициент вариации, асимметрия, эксцесс и их стандартные ошибки. Также проводилась проверка на нормальность распределения химических элементов в выборке тестами Колмогорова-Смирнова и Хи-квадрат. При расчете средних содержаний химических элементов из общей выборки убирались «ураганные пробы», но в разбросах частных значений они показаны.

В качестве фоновых показателей использовались образец накипи из воды оз. Байкал, полученной авторами (содержание Th – 0,384 мг/кг, U – 4,51 мг/кг), а также кларк осадочных карбонатных пород (Th – 4,3 мг/кг, U – 2,2 мг/кг) (Григорьев, 2009).

Результаты и их обсуждение. Полученные данные позволяют говорить о неравномерном распределении тория и урана в антропогенных карбонатах на изученных территориях. Рассчитанное среднее медианное содержание составило для Th – 0,025 мг/кг, для U – 8,54 мг/кг, что сильно разнится по сравнению с кларком для осадочных карбонатных пород (Григорьев, 2009). При этом необходимо отметить широкий разброс минимальных и максимальных значений: от 0,0002 до 10,6 мг/кг - для Th, от 0,01 до 479,1 мг/кг – для U. Территориально максимальные концентрации Th приурочены к территории Республики Бурятия и Томской области, U – к областям Казахстана и Республике Бурятия, что будет в дальнейшем обсуждаться.

Сравнение с природными карбонатными образованиями (травертинами, жильные кальциты) показывает, что накипь характеризуется более высокими показателями концентрации U. Из-за невысоких содержаний U, показатель Th/U отношения в природных образцах выше на 1-2 порядка.

Значение Th/U отношения для всей выборки составляет 0,003, что указывает, в целом, на урановую природу данных образований. При этом разброс значений составляет семь порядков (от 0,00002 до 125). Подобные особенности обусловлены, прежде всего, особенностями геохимии и миграции Th и U в водных растворах. Известно, что U по сравнению с Th является гораздо более «мобильным» из-за переменчивой валентности: преобладающей формой нахождения U в природных водах является уранил-ион (UO_2^{2+}), который в случае низкоминерализованных вод, используемых для питьевого водоснабжения, связывается с карбонатными комплексами (Евсеева и др., 1974).

В целом, распределение обоих химических элементов имеет логнормальный характер, что выражается в высоких значениях коэффициента вариации (для Th – от 54 до 442 %, для всей выборки – 408 %; для U – от 58 до 267 %, для всей выборки – 225 %). Такая высокая неоднородность выборки может быть объяснена влиянием природных или антропогенных факторов, а также их сочетанным воздействием.

Согласно ранним исследованиям (Монголина и др., 2011; Язиков и др., 2004, 2009) и нашим данным (Арынова, Рихванов, 2015; Робертус и др., 2014; Соктоев и др., 2014; Farkhutdinov et al., 2021), вариации элементного состава солевых отложений природных пресных вод, в отсутствие антропогенных источников воздействия, как правило, зависят от особенностей геологического строения и металлогении территории. Таким образом, основными естественными факторами, влияющими на накопление радиоактивных элементов в накипи, являются геохимически специализированные комплексы горных пород, рудопроявления и месторождения.

Наиболее контрастные аномалии для U отмечены в районах, обладающих высоким потенциалом на выявление рудопроявлений данного химического элемента: Северо-Казахстанская урановорудная провинция, Центрально-Кызылкумская урановорудная провинция, Селенгинский потенциально урановорудный район.

Наиболее контрастные аномалии для Th отмечены вокруг месторождений, геохимически специализированных на данный химический элемент: редкометальные месторождения в Казахстане, циркон-ильменитовые рудопроявления и месторождения в Томской области и другие объекты.

В то же время, в районах с сильной антропогенной нагрузкой, на природные факторы формирования элементного состава накипи природных пресных вод накладываются техногенные факторы, что не исключается и для Th и U. Нами изучены территории с разнопрофильной промышленной специализацией (объекты ядерно-топливного цикла, горнорудные предприятия). Данные показывают, что даже в районах с отсутствием специализированных на радиоактивные элементы производств происходит, прежде всего, нарушение Th/U отношения, например, в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий. В районах функционирования предприятий и объектов ядерно-топливного цикла (ПЯВ «Рифт-3», НПО «Маяк», Сибирский химический комбинат) происходит также увеличение показателя Th/U отношения.

Закключение. Таким образом, имеющиеся данные позволяют говорить о неравномерном распределении естественных радиоактивных элементов в антропогенных карбонатах на изученных территориях. Формирование радиогеохимической специализации данных образований связано с влиянием факторов природно-техногенного характера. Вариации содержания радиоактивных элементов в накипи позволяют использовать их в качестве косвенного поискового критерия, в частности, на U. Нарушение показателя Th/U является индикаторным в антропогенно нагруженных районах, особенно, в зонах функционирования объектов ядерно-топливного цикла.

Обработка и интерпретация данных проведена в рамках реализации гранта Российского научного фонда (проект № 20-64-47021)

Арбузов С.И., Рихванов Л.П. Геохимия радиоактивных элементов. 2-е изд. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. 300 с.

Арынова Ш.Ж., Рихванов Л.П. Эколого-геохимическая оценка территории Павлодарской области (Республика Казахстан) по данным изучения элементного состава солевых отложений питьевых вод // Вестник Забайкальского государственного университета. 2015. № 12(127). С. 4-10

Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 383 с.

Евсеева Л.С., Перельман А.И., Иванов К.Е. Геохимия урана в зоне гипергенеза. М.: Атомиздат, 1974. 278 с.

Монголина Т.А. Барановская Н.В., Соктоев Б.Р. Элементный состав солевых отложений питьевых вод Томской области // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 1. С. 204-211

Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.

Рихванов Л.П. Радиогеохимическая типизация рудно-магматических образований (на примере Алтае-Саянской складчатой области). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 536 с.

Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиоэкологии. Томск: STT, 2009. 430 с.

Робертус Ю.В., Рихванов Л.П., Соктоев Б.Р. Особенности химического состава солевых отложений подземных питьевых вод Республики // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 1. С. 190-195

Смыслов А.А. Уран и торий в земной коре. Л.: Наука, 1974. 231 с.

Соктоев Б.Р., Рихванов Л.П., Тайсаев Т.Т., Барановская Н.В. Геохимическая характеристика солевых отложений питьевых вод Байкальского региона // Известия Томского политехнического университета. 2014. Т. 324. № 1. С. 209-223.

Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды: пат. 2298212 Рос. Федерация. Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, Е.П. Янкович; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. – № 2005120840; заявл. 04.07.05; опубл. 27.04.07.

Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2004. № 1. С. 67-69

Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Янкович Е.П. Особенности элементного состава солевых образований питьевых вод юга Томской области // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2009. № 4. С. 375-381

Allègre C.J., Dupré B., Lewin E. Thorium/uranium ratio of the Earth // Chemical Geology. 1986. Vol. 56. № 3-4. P. 219-227.

Farkhutdinov I., Soktoev B., Zlobina A., Farkhutdinov A., Zhang C., Chesalova E., Belan L., Volfson I. Influences of geological factors on the distribution of uranium in drinking water limescale in the junction zone of the East European platform and the southern Urals // Chemosphere. 2021. Vol. 282. Article number 131106.

Коллектив авторов

Новое в познании процессов рудообразования: Десятая Российская молодежная научно-практическая Школа, Москва, 29 ноября – 03 декабря 2021 г. Сборник материалов - Электрон. дан. (1 файл: 66,7 Мб) - М.: ИГЕМ РАН, 2021.

Подписано к использованию: 19.11.2021

Объем издания 66,7 Мб. Заказ № 21-1э. Тираж 300 экз.

ISBN 978-5-88918-065-4

Гарнитура Times New Roman



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук
(ИГЕМ РАН)
119017, Москва,
Старомонетный пер., 35