

ДОКЛАДЫ УЧАСТНИКОВ

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ И РАДИОАКТИВНЫЕ (ТН, U) ЭЛЕМЕНТЫ В ЖИВОМ ВЕЩЕСТВЕ НА ТЕРРИТОРИИ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Агеева, Н. В. Барановская

*Томский политехнический университет
Томск, Россия, evk26@tpu.ru*

RARE EARTH AND RADIOACTIVE (TH, U) ELEMENTS IN THE LIVING MATTER IN KEMEROVO REGION

E. V. Ageeva, N. V. Baranovskaya

*Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia, evk26@tpu.ru*

The article introduces the concentration of radioactive and rare earth elements in the living matter of the Kemerovo region. Features of the distribution of the ratios of radioactive and rare earth elements.

Введение

Повышенный интерес к изучению редкоземельных элементов (РЗЭ) в окружающей среде связан с вступлением современного мира в «век нанотехнологии» [1], особенностью которого является широкое использование данной группы в передовых промышленных областях, сельском хозяйстве и медицине [6]. На сегодняшний день накоплено достаточно информации об их физических и химических свойствах, поведении в эндогенных и экзогенных процессах, индикаторной роли, а также отдельных аспектах их влияния на живые организмы. Однако, многие стороны их поведения в живом веществе биосферы в целом, а также особенности поведения на локальных территориях остаются не изученными. Большая часть имеющихся публикаций посвящены рассмотрению особенностей накопления отдельных редкоземельных или радиоактивных элементов, в то время как рассматривать их стоит вместе из-за значительного сродства, обусловленного в некоторых случаях размером их ионных радиусов и кислотно-щелочными свойствами [3]. За счет этого возможен изоморфизм данных элементов между собой [2, 4, 5].

Актуальность работы обусловлена неоднозначным поведением в объектах живой природы и высокой индикаторной ролью содержания и со-

отношений РЗЭ, Th и U на локальных территориях с природно-техногенными геохимическими аномалиями.

Материалы и методы

Работа основана на 121 пробе лабазника вязолистного (*Filipendula Ulmaria (L) Maxim*) и 39 пробах волос человека, отобранных в период с 2015 по 2019 гг. на территории Кемеровской области.

Количественное определение химических элементов проводилось с использованием масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) в аккредитованной проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Инженерной школы природных ресурсов, ТПУ. Было определено содержание 14 редкоземельных и двух радиоактивных (Th, U) элементов.

Обработка результатов аналитических исследований проводилась при помощи Statistica 7, офисного пакета Microsoft Office (Excel, Word 2016). Для устранения характерного для РЗЭ распределения была проведена нормализация на североамериканский сланец (NASC). В данной работе были использованы следующие соотношения La + Ce/Yb + Lu, а также соотношение суммы редкоземельных элементов: $\Sigma \text{РЗЭ}$ к Th и U. Коэффициент концентрации (Кк) рассчитывался по формуле: $K_k = C/C_{\text{ф}}$, где C – содер-

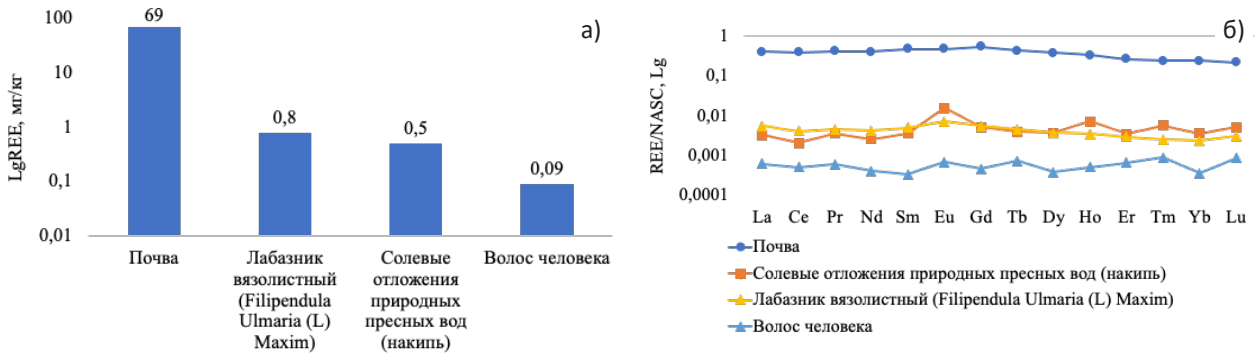


Рис. 1. Содержание (а) и нормализованное на NASC распределение (б) РЗЭ в компонентах природной среды на территории Кемеровской областей (ИСП-МС)

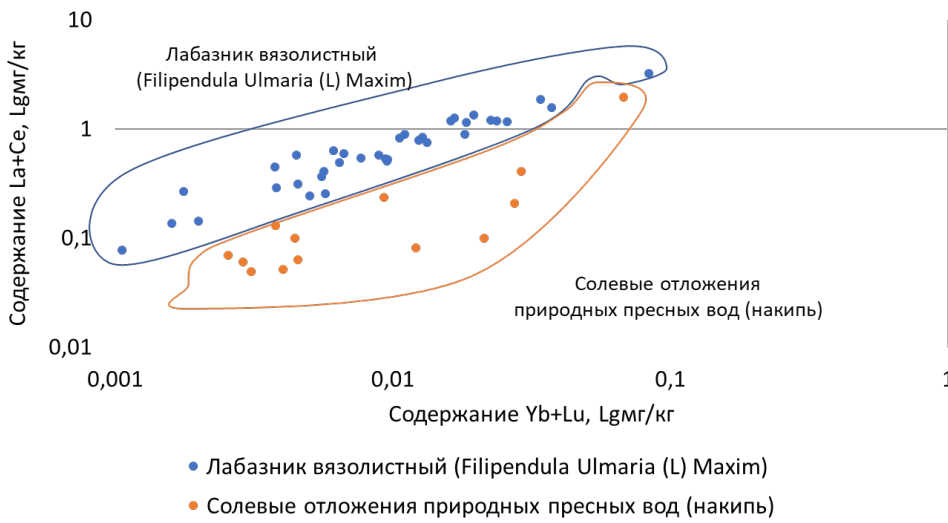


Рис. 2. La + Ce/Yb + Lu отношение в лабазнике вязолистном (*Filipendula Ulmaria (L) Maxim*) и солевых отложениях природных пресных вод (накиси) в Кемеровской области

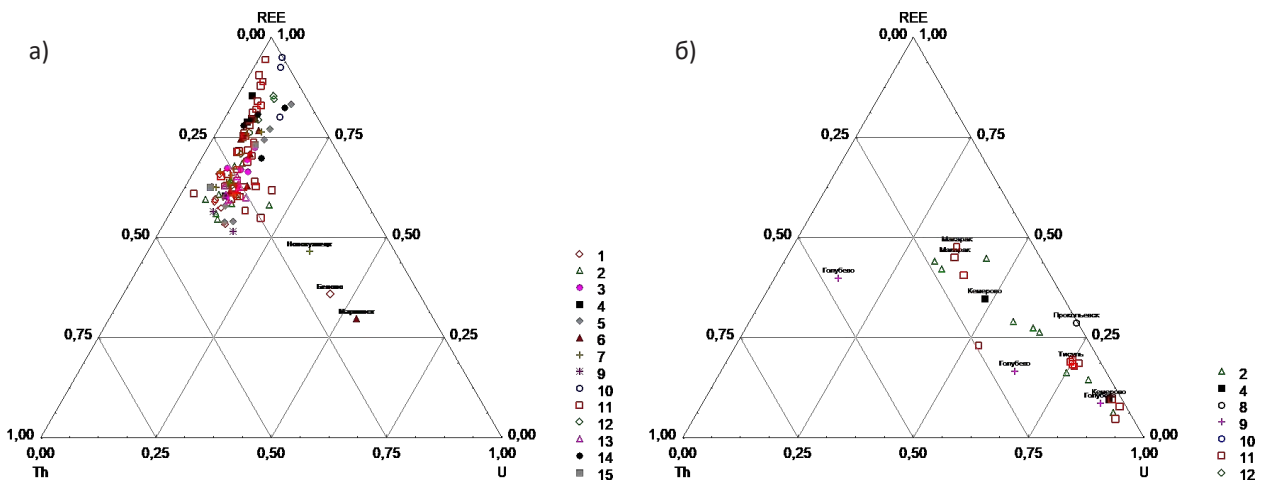


Рис. 3. Тройная диаграмма соотношения содержаний Th, U и суммы РЗЭ в лабазнике вязолистном (а), волосах жителей (б) районов Кемеровской области

1 – Беловский; 2 – Гурьевский; 3 – Ижморский; 4 – Кемеровский; 5 – Ленинск-Кузнецкий; 6 – Мариинский; 7 – Новокузнецкий; 8 – Прокопьевский; 9 – Промышленновский; 10 – Таштагольский; 11 – Тисульский; 12 – Топкинский; 13 – Чебулинский; 14 – Юргинский; 15 – Яйский.

Таблица 1. Коэффициенты концентрации на территории Кемеровской области

	Кк (относительного среднего по выборке)	Кк (относительно В. Markert, 1991)
Лабазник вязолистный (<i>Filipendula Ulmaria</i> (L) Maxim)	U1,6; Th1,2; Eu1,1; Pr1,1; Sm1,1; Nd1,1; Ce1,1; La1,1; Gd1; Dy1; Tb1; Ho1; Yb1; Tm0,9; Er0,9; Lu0,9	Th8,3; U2,2; Eu1,5; La1,1; Pr1; Sm0,9; Gd0,9; Nd0,9; Dy0,8; Ce0,8; Tb0,6; Er0,6; Ho0,6; Lu0,5; Yb0,5; Tm0,4
Волос человека	U1,8; Nd1,3; Pr1,3; Ce1,1; La1; Gd0,9; Th0,9; Dy0,8; Tb0,8; Ho0,7; Sm0,7; Lu0,7; Tm0,6; Eu0,6; Yb0,6; Er0,5	–

Жирным выделены элементы с $Kk \geq 1$, красным элементы, повторяющиеся при нормировании к разным показателям лабазника.

жание химического элемента в исследуемой среде, Сф – его фоновое содержание. В качестве фонового содержания е использовалось среднее арифметическое значение по всей выборке. А также для растений использовалось среднее содержание химических элементов в сухом веществе растений по В. Markert (1992).

Результаты и их обсуждение

Полученные результаты для территории Кемеровской области показали, что живое вещество концентрирует более низкое количество редкоземельных элементов. Так объекты живой и неживой природы (мг/кг) можно выстроить в следующий ряд по мере уменьшения сумм РЗЭ: «почва (69) – лабазник вязолистный (*Filipendula Ulmaria* (L) Maxim) (0,8) – солевые отложения природных пресных вод (накипь) (0,5) – волосы человека (0,09)» (рис. 1а). Несмотря на наличие увеличение отельных средних и тяжелых редкоземельных элементов в накипи на данной территории, сумма РЗЭ в лабазнике выше. Это может быть связано с концентрированием наиболее распространенных в природе легких REE (рис. 1б).

Наиболее ярко это видно при рассмотрении соотношения легких и тяжелых REE. Отмечается увеличение значения соотношения в лабазнике (54) в

сравнении с накипью (19) Кемеровской области, за счет концентрирования легких РЗЭ в отличие от накипи (рис. 2).

В целом для лабазника вязолистного характерна редкоземельная специализация. При этом в большей степени лабазник аккумулирует группу легких РЗЭ (табл. 1). Для ряда населенных пунктов отмечается более высокие концентрации урана (Новокузнецк, Белово, Мариинск) (рисунок 3а). Волосы жителей Кемеровской области в свою очередь характеризуются U-РЗЭ специализацией. (рисунок 3б). При этом так же отмечается концентрирование именно группы легких РЗЭ (табл. 1).

Заключение

Полученные данные свидетельствуют об определенной связи между редкоземельными и радиоактивными (Th, U) элементами. Накопление РЗЭ, Th и U в лабазнике и волосах человека отражают как природные геохимические аномалии, так и влияние техногенных объектов.

Используемый в работе метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) позволил рассмотреть полный спектр элементов редкоземельной группы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90061.

Литература

1. Барашков Г. К. Медицинская бионеорганика. Основы. Аналитика. Клиника. – М.: Бином. 2011. – 512 с.
2. Геохимия радиоактивных элементов: учебное пособие для вузов / С. И. Арбузов, Л. П. Рихванов // Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). 3-е изд., испр. и доп. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 300 с.
3. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов: в 2 т. / пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – Т. 2. – 670 с.
4. Солодов Н. А., Семенов Е. И., Бурков В. В. Геологический справочник по тяжелым литофильным редким металлам. – М.: Недра, 1987. – 438 с.
5. Титаева Н. А. Ядерная геохимия: учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 336 с.
6. Sources, behaviour, and environmental and human health risks of high-technology rare earth elements as emerging contaminants / W. Gwenzi, L. Mangori, C. Danha, N. Chaukura, N. Dunjana, E. Sanganyado // Science of the Total Environment, 2018. – V. 636. – P. 299–313.