

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

УДК 550.424.6+504.054 (470.621)

^{226}Ra И ^{232}Th В ПОРОДАХ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРЕЧЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ)

© 2015 г. Ю. В. Попов*, Е. А. Бураева**, В. С. Нефедов**,
Е. В. Дергачева**, А. А. Гончаренко*, Р. А. Цицуашвили*

*Институт наук о Земле Южного федерального университета,
ул. Р. Зорге, 40, Ростов-на Дону, 344090 Россия. E-mail: popov@sfedu.ru

**Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета,
пр. Стачки, 194, Ростов-на-Дону, 344090 Россия.

Поступила в редакцию 14.08.2014 г.

Представлены данные по содержанию и распределению естественных радионуклидов – ^{226}Ra и ^{232}Th – в породах и донных отложениях системы “штольни – ручей Березовый – река Сюк”, расположенных на территории Белореченского месторождения (Республика Адыгея, Майкопский район).

Ключевые слова: естественные радионуклиды, породы, донные отложения, месторождение.

ВВЕДЕНИЕ

Подземные горные выработки и отвалы неэксплуатируемого Белореченского месторождения, расположенного в горной части Республики Адыгея, – источники широкого спектра подвижных форм элементов, образующихся при окислении минералов рудных жил и вмещающих пород и поступающих в природные ландшафты [1, 2]. В их числе и естественные радионуклиды (ЕРН) – ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K . Авторами выполнена оценка удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th в горных породах и донных отложениях на территории месторождения, изучены минеральные ассоциации, выступающие источником урана и тория.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Белореченское баритовое месторождение входит в состав сложного горно-рудного объекта, объединяющего несколько пространственно совмещенных месторождений и рудопроявлений [2]. С нижними уровнями тектонического блока кристаллических пород, вмещающего месторождение, связано Даховское урановое гидротермальное месторождение с уран-сульфидными (представленными сферолитовыми корками сфалерита и настурана) и уран-арсенидными (агрегаты никелина, настурана и антроксолита) рудами в доломитовых жилах. Баритовые и сульфидно-

баритовые жилы Белореченского месторождения локализованы на более гипсометрически высоких уровнях. Вмещающими породами служат метасоматические породы (гранито-гнейсы и пр.), возникшие за счет воздействия флюидов завершающих фаз герцинского гранитоидного магматизма на меланократовую метаморфическую толщу.

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД, мкЗв/ч) определена поисковым дозиметром-радиометром ДКС-96. Удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН) определялась инструментальным гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа. Использовали спектрометр гамма-излучения с GeHP-детектором с эффективностью 25% в диапазоне 30–1500 кэВ, отношением пик/комpton 51.7:1 (модель 7229N-7500sl-2520, фирмы Canberra) и набор счетных геометрий “Маринелли 1.0 л”, “Маринелли 0.5 л”. Погрешность определения удельной активности радионуклидов не превышала 10%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уран и торий в объеме пород, вмещающих Белореченское месторождение, связаны с рассеянными аксессуориями кристаллических пород (монацит и др.), а также кальциевыми метасоматитами и присутствующими в породах нитевидными доломитовыми прожилками, несущими специфичную уран-торий-редкоземельную микроминеральную

Таблица 1. МЭД гамма-излучения и удельная активность ЕРН в породах горных выработок Белореченского месторождения

Пункты измерений (от створа)	МЭД γ-излучения, мкЗв/час		Удельная активность ± погрешность, Бк/кг				
	фон	порода	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²²⁴ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Штольня № 2							
4 (200 м)	0.51	0.52	97.3±5.6	94.5±7.8	56.3±4.8	52.3±4.6	931.9±85.1
6 (300 м)	0.80	0.91	192.4±10.1	194.8±9.5	44.5±3.5	42.8±3.1	376.1±26.9
7 (350 м)	0.81	0.91	269.1±15.7	263.5±15.4	45.2±2.9	43.9±3.4	506.9±45.5
Штольня № 3							
0	0.19	0.22	61.5±5.1	59.1±4.3	65.8±4.3	56.2±4.1	765.1±56.4
12 (600 м)	0.64	0.57	107.5±8.7	109.3±7.3	54.8±2.5	55.5±4.3	707.0±62.2
13 (650 м)	0.95	1.03	208.1±12.6	194.1±13.1	87.7±5.3	79.0±5.6	912.5±85.3
18 (900 м)	1.04	1.01	37.0±2.4	37.3±2.4	11.4±1.1	12.5±1.3	250.5±16.7

ассоциацию [4]. Доломитовые жилы поздних стадий формирования Даховского месторождения, вскрываемые белореченскими штольнями, не несут урановой минерализации, что отражается и в низкой удельной активности содержащегося в них ²²⁶Ra – 16.4 Бк/кг. Удельная активность ЕРН в образцах кристаллических пород, отобранных из стенок штолен, приведена в табл. 1.

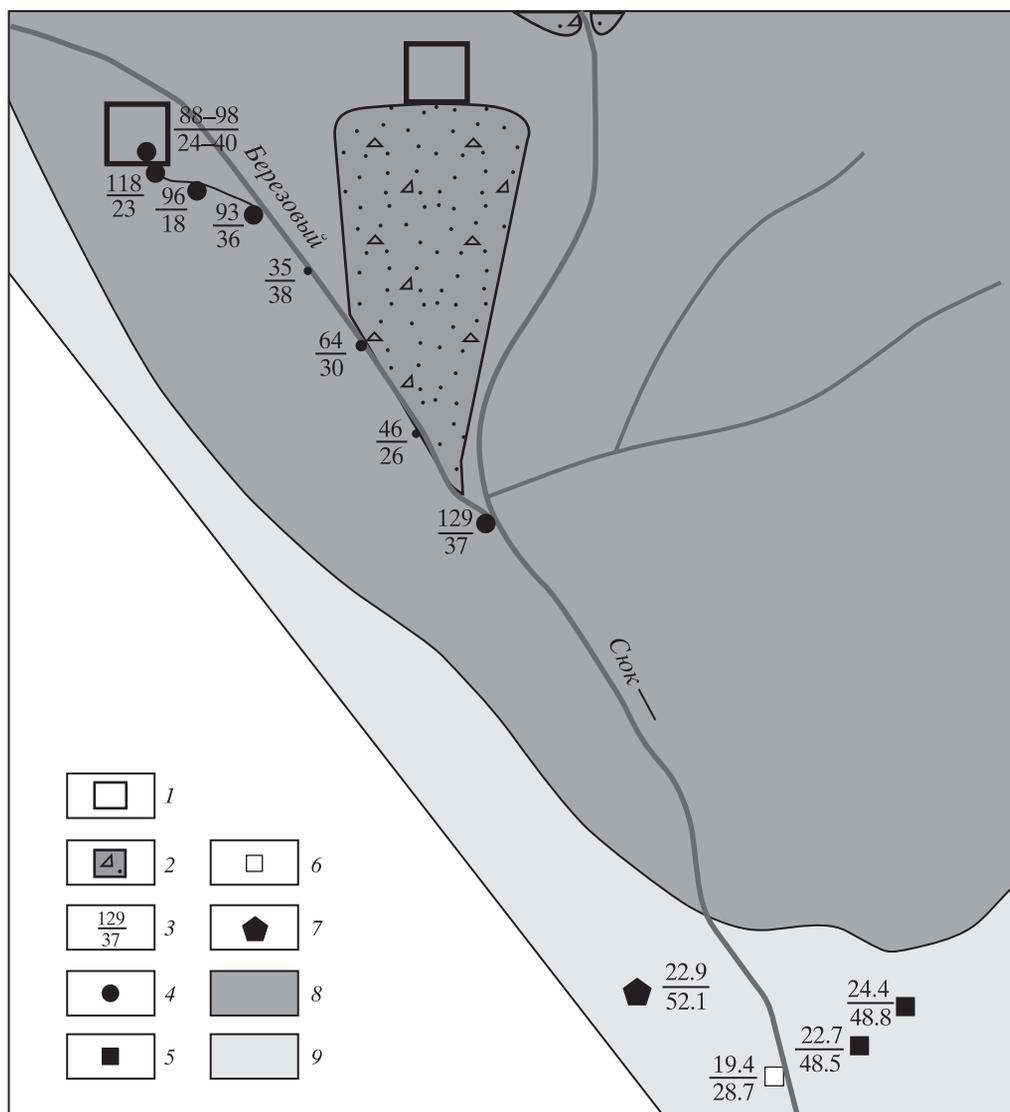
Активная миграция урана и тория проявляется в повышенных значениях удельной активности ²²⁶Ra и ²³²Th в трещиноватых аргиллитах зоны тектонического контакта кристаллических пород и осадочной толщи в забоях штолен. В частности, в забое штольни № 3 удельная активность (Бк/кг): ²²⁶Ra – 38.5, ²³²Th – 58.9 при фоновых значениях для аргиллитов этого участка ²²⁶Ra – 17–28 и ²³²Th – 42–52. Фильтрующиеся через трещиноватые кристаллические породы в штольни (обводненные и частично затопленные) гипергенные воды выносят широкий спектр элементов как в растворенной форме (частично осаждаясь на нескольких физико-химических барьерах [1, 2]), так и в виде твердого стока, что отражается в повышенной удельной активности ²²⁶Ra и ²³²Th в формирующихся на дне штолен песчано-алевритово-глинистых отложениях (табл. 2). Эти отложения характеризуются хлорит-каолинит-иллитовым

составом глинистой фракции и обилием обломков минералов и пород. Сезонные вариации удельной активности объясняются более интенсивным выносом продуктов выветривания из трещин породы тальми и дождевыми водами в начале весны, широкий интервал значений – неравномерностью распределения минеральных компонентов осадка (для которого типично микролинзовидное обособление терригенных компонентов).

Донные иловые отложения опробованы в системе “постоянно действующий дренаж штольни № 3 – руч. Березовый – р. Сюк”. Распределение значений удельной активности ²²⁶Ra и ²³²Th (рисунок) указывает на накопление радионуклидов за счет выноса из штольни № 3 и из щебеночно-глибового отвала штолен, слагающего левый борт долины руч. Березового. Возрастание удельной активности ²²⁶Ra и ²³²Th в русловых отложениях р. Сюк (относящейся к бассейну р. Белая) у впадения руч. Березового определяется геоморфологической спецификой строения этого сегмента долины: здесь происходит выполаживание русла (до 5–7° ниже по течению от створа штольни № 9) и накопление инстративного аллювия мощностью до 2.0–2.5 м, в составе которого существенную роль имеют породы отвалов штолен, поставляемые с крутых бортов долины. Периодический вынос

Таблица 2. Удельная активность естественных радионуклидов в отложениях штольни № 3 Белореченского месторождения (50 м в глубь штольни от створа)

Время отбора	Номер пробы	Удельная активность ± погрешность, Бк/кг		
		²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Март 2014 г.	14006-1	407.9±27.3	61.8±4.2	913.0±84.2
	14006-1/2	398.7±21.6	58.3±5.1	1073.2±91.3
Май 2014 г.	БР-14-1	83.2±7.6	40.5±3.4	741.0±58.2
	БР-14-2	98.4±8.3	24.5±1.8	727.0±56.8



Удельная активность ^{226}Ra и ^{232}Th в донных отложениях участка Белореченского месторождения в районе "Штольня № 3 – р. Сюк" (данные 2013 г.): 1 – створы штолен, 2 – отвалы штолен, 3 – удельная активность: в числителе – ^{226}Ra , в знаменателе – ^{232}Th (в Бк/кг), 4 – донные отложения; почва: 5 – бурая лесная, 6 – аллювиально-дерновая; 7 – аргиллиты, 8 – кристаллические палеозойские породы, 9 – осадочные юрские породы.

материала маломощными селевыми потоками дает основание рассматривать выположенные участки как области краткосрочного концентрирования.

В приустьевой части долины р. Сюк на пролювиально-аллювиальных отложениях формируются аллювиально-дерновые почвы. По данным многолетних наблюдений (в летние периоды 2010–2013 гг.) выявлены значимые вариации значений удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th (табл. 3). При этом максимальные абсолютные значения и интервал вариации для ^{226}Ra установлены в верхнем дерновом горизонте, характеризующемся значением $\text{pH} \sim 6.2$, обогащенностью гумусом и фосфором (табл. 4). Подвижность характерных для таких условий миграционно-способных ком-

плексных соединений урана (и, как следствие, вариации активности дочернего ^{226}Ra) может объясняться резкими изменениями параметров среды в условиях активного гидродинамического режима р. Сюк [3]. Распределение ^{232}Th указывает на его связь с минеральными компонентами почв. При этом значения удельной активности ^{226}Ra и ^{232}Th не превышают значений, установленных для слагающих склоны долины аргиллитов и покрывающих их бурых лесных почв (см. рисунок).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поставщик тория и урана из горных выработок и отвалов – рассеянная минерализация, свойственная кристаллическим породам участка.

Таблица 3. Содержание радионуклидов в почвах пойменного участка р. Сюк (2010–2013 гг.)

Радионуклид	Удельная активность \pm погрешность, Бк/кг			
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
^{226}Ra	18.6 \pm 3.4	15.2 \pm 2.1	20.5 \pm 2.7	19.4 \pm 1.9
^{232}Th	23.0 \pm 3.2	25.7 \pm 3.5	33.7 \pm 2.6	28.7 \pm 2.5

Таблица 4. Содержание радионуклидов и особенности состава горизонтов почвы пойменного участка р. Сюк (2012 г.)

Почвенный горизонт	Глубина, см	Удельная активность \pm погрешность, Бк/кг		Поглощенные катионы, мг/экв. на 100 г почвы		pH	Гумус, %	P_2O_5 , % вес.
		^{226}Ra	^{232}Th	Ca^{2+}	Mg^{2+}			
A_d	0–1	42.4 \pm 2.2	8.6 \pm 1.0	10.5	9.5	6.2	7.7	0.2
	1–3	37.2 \pm 2.6	8.8 \pm 0.6					
A	3–5	13.0 \pm 1.1	52.3 \pm 4.1	7.5	20.0	6.8	5.4	0.2
	5–10	15.1 \pm 1.2	49.2 \pm 3.1					
	10–15	7.2 \pm 0.6	43.7 \pm 3.2					
	15–25	7.9 \pm 0.7	39.4 \pm 3.2					

Максимальные концентрации ^{226}Ra и ^{232}Th в донных отложениях отмечены близ створа штольни и в основании горных отвалов, а также на участках выполаживания русла р. Сюк и в дерновом горизонте аллювиально-дерновых почв в низовье р. Сюк. Все участки концентрирования следует расценивать как временные, контролируемые физико-географическими факторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Ю.В., Бураева Е.А., Ермолаева О.Ю. и др. Закономерности распределения естественных радионуклидов и тяжелых металлов в природно-техногенной системе Белореченского месторождения (Большой Кавказ) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12292>.
2. Попов Ю.В., Цицуашвили Р.А., Попова Н.М. Микроминеральные ассоциации щелочного карбонатного геохимического барьера в горных выработках Белореченского барит-полиметаллического месторождения // Фундаментальные исследования. 2014. № 5. С. 1248–1252.
3. Рачкова Н.Г., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (Обзор) // Почвоведение. 2010. № 6. С. 698–705.
4. Труфанов В.Н., Попов Ю.В., Цицуашвили Р.А. и др. Родингиты Даховского кристаллического массива (Северо-западный Кавказ) // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2011. № 5. С. 73–77.

^{226}Ra AND ^{232}Th IN ROCKS AND SEDIMENTS OF THE BELORECHENSKOE ORE FIELD TERRITORY (GREATER CAUCASUS)

Yu. V. Popov*, E. A. Buraeva**, V. S. Nefedov**, E. V. Dergacheva**, A. A. Goncharenko*, R. A. Tsitsuashvili*

*Institute of Earth Sciences, Southern Federal University,
ul. Zorge 40, Rostov-on-Don, 344090 Russia. E-mail: popov@sfedu.ru

**Research Institute of Physics, Southern Federal University,
ul. Stachki 194, Rostov-on-Don, 344090 Russia

The recent data on the content and distribution of natural radionuclides, i.e., ^{226}Ra and ^{232}Th , in rocks and bottom sediments in the “mine galleries – Berezoveryi creek – Syuk River” system located in the territory of the Belorechenskoe ore field (Republic of Adygea, Maikop region) are presented.

Keywords: natural radionuclides, uranium, thorium, rock, bottom sediment.