

изводственных предприятий, а выпускные работы имеют практическую направленность. Заложенная база в дипломных работах может реализовываться в дальнейшем в подготовке кандидатских диссертаций, хотя для этого потребуются определенная усидчивость и самоорганизация.

Многолетнее плодотворное сотрудничество Томского политехнического университета с Казахским ядерным университетом позволяет успешно решать кадровые вопросы крупнейшей компании в мире по добыче, производству и переработке урана НАК «Казатомпром». Выпускники программы повысив свой профессиональный рост и повышаются в должности. Так выпускник 2015 года Искаков Манас

Мырзашевич назначен директором производственного департамента НАК «КАЗАТОМПРОМ», а выпускник 2016 года Нетбаев Асхат Болатович назначен директором рудника «Хорасан-1» ТОО «СП «Хорасан», тогда как выпускник 2017 года Калибеков Мухтар Айдарович назначен директором рудника «Акдадала» СП «ЮГХК». В настоящее время обучение проходят специалисты 13 рудников НАК «КАЗАТОМПРОМА», в т. ч. генеральный директор ТОО «АППАК» Авдеев А. Б. и два его зам. генеральных директора Жансугуров Д. О. и Бейсенбеко А. Ж., а также начальник рудника «Канжуган» ТОО «Казатомпром Sauran» Кайратулы Е. и два зам. генеральных директора ТОО «СП «Инкай» Темирбаев С. Е. Кожамбердиев Е. М.

Литература

1. Язиков Е. Г., Рихванов Л. П. Подготовка специалистов в области урановой геологии на базе международного научно-образовательного центра Томского политехнического университета // Актуальные проблемы урановой промышленности: Сборник трудов IX Междунар. научно-практической конференции. – Алматы, 2019. – Т. 2. – С. 425–427.
2. Язиков Е. Г., Рихванов Л. П. Использование ресурсного потенциала международного научно-

образовательного центра «урановая геология» для подготовки магистров профиля «геология месторождений стратегических металлов» // Современные технологии, экономика и образование: Сборник трудов Всероссийской научно-методической конференции. / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – С. 149–151.

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КОМПОНЕНТАХ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ОТХОДАХ УГЛЕ- И ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ХАКАСИИ

Е. Г. Язиков, С. В. Азарова

*Томский политехнический университет
Томск, Россия, yazikoveg@tpu.ru, svetazara@tpu.ru*

RADIOACTIVE ELEMENTS IN THE COMPONENTS OF NATURAL ENVIRONMENT AND IN THE WASTE OF COAL AND MINING ENTERPRISES OF KHAKASSIA

E. G. Yazikov, S. V. Azarova

*Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia, yazikoveg@tpu.ru, svetazara@tpu.ru*

U and Th distribution is described; the effective specific activity of natural radioactive nuclides is taken into account in the material, soils and waste of AOOT Teiskoye Rudoupravleniye, OAO Sayanmramor, OAO Coal Opencast Chaplan of deposits in Khakassia.

Введение

Как известно, поступление радиоактивных элементов в окружающую среду может быть связано с природными образованиями (месторождения полезных ископаемых, горные породы). Распределение радиоактивных элементов (РАЭ) в земной коре неравномерно, чему способствует разработка месторождений открытым способом. Приводя к трансформации земной поверхности, формированию отвалов вскрышных пород, отходов обогащения (шламохранилища), золошлаковых отходов. Процессы добычи и использования угля обуславливают весомерное перераспределение содержащихся в них элементов. В хозяйственной деятельности Республики Хакасии горнодобывающая промышленность занимает ве-

рождений открытым способом. Приводя к трансформации земной поверхности, формированию отвалов вскрышных пород, отходов обогащения (шламохранилища), золошлаковых отходов. Процессы добычи и использования угля обуславливают весомерное перераспределение содержащихся в них элементов. В хозяйственной деятельности Республики Хакасии горнодобывающая промышленность занимает ве-

дущую роль. На территории Республики ведется добыча угля, золота, молибдена, барита, железа, мрамора, гранита, известняка и многих других полезных ископаемых. Горные предприятия разрабатывают месторождения, оставляя после себя горные выработки (карьеры, шахты), отвалы вскрышных и вмещающих пород, хвостохранилища, шламонакопители и ряд других техногенных объектов. Основная радиогеохимическая нагрузка, на компоненты природной среды Хакасии обусловлена круговоротом больших объемов отходов. Таким образом, изучение распределения радиоактивных элементов в компонентах природной среды и отходах горнодобывающих предприятий Хакасии представляется актуальным.

Цель: описать распределение радиоактивных элементов в почвах и отходах железорудного, угольного и камнеобрабатывающего предприятий Республики Хакасия.

Материалы и методы

В 2000 г. сотрудниками кафедры ГЭХ Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета были проведены эколого-геохимические исследования состава отходов и близлежащих почв, включая в набор изучаемых компонентов радионуклиды. Всего было отобрано 96 проб почв и отходов месторождений Хакасии. АОТ «Тейское рудоуправление»: породы отвалов, шлам отстойника и хвостохранилища. ОАО «Саянмрамор»: породы отвалов Кибик-Кордонского месторождения мраморов, Изербельского месторождения гранитов, шлам отстойника, золошлаковые отходы. ОАО «Угольный разрез Чалпан»: породы отвала, золошлаковые отходы.

Опробование производилось с использованием вариантов горстегового, точечного способов и вычерпывания. Рядом с каждым источником техногенного загрязнения были отобраны пробы почв. Для определения содержаний элементов в природных средах применялся комплекс современных методов исследования вещества в аккредитованных лабораториях Санкт-Петербурга, Новосибирска, Абакана и Томска.

Лабораторное определение U и Th производилось ядерно-физическими методами на базе исследовательского ядерного реактора ИРТ-Т НИИ ядерной физики ТПУ (аналитик А. Ф. Судыко) согласно инструкции НСАМ ВИМС № 410-ЯФ. Использован традиционный метод инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА).

В ОГУ «Областной комитет охраны окружающей среды и природопользования» Администрации Томской области, лаборатории отдела радиационного контроля, г. Томск сотрудниками Ю. А. Громовым и В. Б. Елагиным был проведен гамма-спектрометрический анализ отдельных проб. Предварительно пробы были специально подготовлены в соответствии с требованиями ГОСТа 30108-94, по которому в даль-

нейшем анализировались полученные результаты. Данный ГОСТ устанавливает методы определения удельной активности естественных радионуклидов (А). А – отношение активности радионуклида в образце к массе образца, Бк/кг. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в материале, определяемая с учетом их биологического воздействия на организм человека по формуле: $A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31 A_{Th} + 0,085 A_K$, где A_{Ra} , A_{Th} , A_K – удельные активности радия, тория, калия соответственно, Бк/кг. Далее, после получения величины $A_{эфф}$, в соответствии с критериями определялся класс опасности отхода (от I до IV), по которому давались рекомендации по применению исследуемых материалов.

Как известно, хранителем информации об атмосферных выпадениях, а соответственно, о рассеянных элементах, носителями основной массы которых являются аэрозоли, характеризующих современный уровень состояния атмосферного воздуха, является снежный покров. В марте 2003 года были отобраны пробы снега методом шурфа на глубину от 40 до 60 см на территории месторождения, которые были проанализированы методом ИНАА. Пробы были отобраны: фоновая – в 14 км от промзоны (1Ф), остальные: близ отвала «Южный» (2Т); рядом с хвостохранилищем ДОФ (3Т); в поселке (4Т) и на отвале «Северный» (5Т).

Результаты и их обсуждение

Тейское железорудное месторождение, на котором проявляются признаки совмещения известковых и магнезиальных скарнов, не имеют выраженного радиогеохимического облика. Хотя флюоритовая минерализация на Тейском месторождении интенсивно проявлена, но в процессе ее формирования не происходит привноса урана [2]. Ископаемые угли способны накапливать значительные количества элементов-примесей (в том числе U, Th), нередко достигающих промышленно-значимых концентраций [1].

Источниками образования отходов на руднике являются: добычные карьеры, дробильно-обогажительная фабрика и промышленно-отопительная котельная. На предприятии сформировано четыре отвала вскрышных пород («Северный», «Южный», «Южный-1» и «Южный-2») общим объемом 150 179,2 тыс. м³, занимающие площадь 241,2 га; хвостохранилище, шламоотстойник, золоотвал и золоотстойник.

Руда, привозимая из карьера, проходит следующую схему отработки. Стадия дробления и грохочения включает крупное дробление, осуществляемое на двух щековых дробилках; среднее дробление в двух конусных дробилках, мелкое дробление в четырех конусных дробилках с предварительным грохочением на грохотах ГИТ-51. Стадия обогащения – сухая магнитная сепарация осуществляется на четырех сепараторах 2ПБС 90/250. Произведённый первич-

ный концентрат складировается на открытых прирельсовых складах. Отходы обогащения (хвосты) системой ленточных конвейеров направляются в бункер, где загружаются в автосамосвалы БелАЗ и вывозятся в отвал хвостов.

Шламы образуются при гидрообеспылевании в скрубберах, затем перекачиваются в закрытый отстойник, где отстаиваются и вымываются в шламоотстойник.

На промышленно-отопительной котельной отходами являются зола и шлак. Топочные газы, движущиеся по газоходам котельного агрегата, уносят с собой твёрдые частицы летучей золы и несгоревшего топлива. Для очистки дымовых газов от летучей золы применяются батарейные циклоны. После очистки в батарейных циклонах зола осаждается в бункере, откуда она периодически вывозится автосамосвалами в отвал. Зола из сборных бункеров и золоуловителей, а также шлак от котлов через золосмывные аппараты поступает в каналы гидрозолоудаления. Гидрозолошлаковая смесь проходит через решётку, после

чего пульпа перекачивается в отстойник на рельеф местности, а шлак по скреперному каналу поднимается в бункер, откуда вывозится автосамосвалами в отвал.

На комбинате ОАО «Саянмрамор» источниками образования отходов являются четыре отвала. На территории находятся отвалы мраморной крошки и мраморной пыли. К особенностям отвала № 1 «грязный» стоит отнести складирование золошлаковых отходов. Шлам на комбинате образуется в результате пиления и обработки камня. Золошлаковые отходы с промышленной площадки котельной периодически вывозятся на отвал № 1 «грязный».

Отвал № 1, который условно называется «грязным», содержит в своем составе вскрышные и вмещающие породы карьера, которые представлены сланцами и некондиционным мрамором. Отвал № 2, который условно называется «чистым», содержит в основном мрамор, который остается после обработки на комбинате. Из него получают мраморную крошку непосредственно на отвале.

Таблица 1. Содержание U и Th (мг/кг) в отвалах и отходах производства АОТ «Тейское рудоуправление»

Элементы	Отвалы				Шлам хвостохранилища	Шлам шламоотстойника	Золошлаковые отходы	Кларк в земной коре [4]
	«Северный»	«Южный»	«Южный-1»	«Южный-2»				
U	5,8	7,4	4,8	н.о.	19	11	9,1	2,5
Th	3,2	1,3	2,6	1,8	2,7	1,4	7,2	9,3
Th/U	0,6	0,2	0,5		0,1	0,1	0,8	3,7

н.о. – элемент не определен.

Таблица 2. Содержание U и Th (мг/кг) в отвалах и отходах производства ОАО «Саянмрамор»

Элементы	Отвалы				Шлам отстойник № 1	Мраморная крошка	Золошлаковые отходы	Кларк в земной коре [4]
	№ 1 «грязный»	№ 2 «чистый»	№ 1 гранитный	№ 2 гранитный				
U	10	5,3	4,3	6	2,5	4,1	9,2	2,5
Th	10	0,5	19	14	9,3	0,5	10	9,3
Th/U	1	0,1	4,4	2,3	3,7	0,1	1,1	3,7

Таблица 3. Содержание U и Th (мг/кг) в сортовой угле, отвалах и отходах производства ОАО «Угольный разрез Чалпан»

Элементы	Сортовой уголь				Среднее в сортовом угле местия	В каменных углях мира (Юдович Я.Э., 1985)	Породы отвала	Золошлаковые отходы	Среднее для осадочных пород (Виноградов, 1962)	Кларк в земной коре [4]
	ДПК	ДО	ДМСШ	ДР						
U	2,8	1,7	2,6	2,5	2,4	1-3	2,5	7,8	3,2	2,5
Th	н.о.	1,5	3,2	2,5	1,8	3,5	9,3	9,9	11	9,3
Th/U		0,88	1,23	1	0,75		3,7	1,3	3,4	3,7

н.о. – элемент не определен.

Таблица 4. Результаты гамма-спектрометрического анализа проб отходов

Номер пробы	Место отбора пробы	Активности обнаруженных радионуклидов (удельные), Бк/кг			А эфф. Бк/кг
		K-40	Ra-226	Th-232	
АООТ «Тейское рудоуправление»					
99111	Породы отвала «Северный»	373	21	13	70
99113	Породы отвала «Северный»	868	33	77	129
99119	Породы отвала «Южный»	231	11	3/н	31
99116	Породы отвала «Южный-1»	3/н	21	3/н	21
99114	Породы отвала «Южный-2»	720	21	10	107
99121	Шлам хвостохранилища	572	176	3/н	225
99122	Шлам хвостохранилища	334	124	13	169
9915	Шлам отстойника	426	129	13	182
ОАО «Саянмрамор»					
99515	Породы отвала № 1 «грязный»	934	126	91	329
995211	Породы отвала № 1 «гранитный»	1219	49	73	247
99524	Шлам отстойника	228	30	23	80
99529	Шлам отстойника	3/н	17	3/н	17
99543	Золошлаковые отходы	3/н	75	42	131
99519	Мраморная крошка на технологической площадке	3/н	15	3	19
ОАО «Угольный разрез Чалпан»					
99216	Породы отвала	497	32	15	94
99217	Породы отвала	522	32	17	99
99219	Породы отвала	361	25	19	81
9924	Золошлаковые отходы	168	68	58	158

3/н – значимо не отличается от фона.

Таблица 5. Результаты гамма-спектрометрического анализа проб почв

Номер пробы	Место отбора пробы	Активности обнаруженных радионуклидов (удельные), Бк/кг				А эфф. Бк/кг
		K-40	Ra-226	Th-232	Cs-137	
АООТ «Тейское рудоуправление»						
99166	Почва южной части золошлакового отвала	448	226,54	36	н.о	136
ОАО «Саянмрамор»						
995610	Почва в 60 м от отвалов №1 и №2 «гранитный»	12,64	55	232,46	99	223
ОАО «Угольный разрез Чалпан»						
9921611	Почва в 6 м от золошлакового отвала	631	28	34	16	126
99218	Почва рекультивируемого участка отвала	418	25	16	н.о.	81

н.о – не обнаружено.

Породы отвалов № 1 и № 2 «гранитный» Изербельского месторождения гранитов представлены гранитами и дайками диабазового состава.

Источниками образования отходов на предприятии ОАО «Угольный разрез Чалпан» являются добычная угольный разрез с его внешним отвалом вскрышных пород на площади 7,9 га и промышленно-отопительная котельная. На площадке дробильно-сортировочного цеха получают сортовой уголь: ДПК 50–200 мм длиннопламенный, ДО 20–50 мм длиннопламенный орешек, ДМСШ длиннопламенный мелкий семечка штиб и ДР длиннопламенный рядовой. На промышленно-отопительной котельной отходами являются зола и шлак. Золоотвал расположен на промышленной площадке размером 40 × 40 метров с небольшим количеством отходов.

Геохимический анализ отходов горнодобывающих производств свидетельствует о неоднородности химического состава изучаемого материала. Существенная концентрация отмечается для U в АООТ «Тейское рудоуправление» в породах отвалов: «Северный», «Южный», «Южный-1» и шламе хвостохранилища, шламоотстойника и золошлаковых отходах. При этом торий-урановое отношение равно 0,6, 0,2, 0,5, 0,1 0,1 и 0,8 соответственно (табл. 1). Следует отметить, что в промпродукте концентрация U – 16 мг/кг в 6,4 раза выше кларка в земной коре (2,5 мг/кг).

На рисунке 1 представлено содержание U в снеговом покрове на территории Тейского железорудного месторождения, полученные по результатам ИНАА. Из представленной диаграммы видно, что концентрация U превышает значение кларка ноосферы [3] во всех точках, кроме территории поселка.

На комбинате ОАО «Саянмрамор» для пород отвала «грязный» наблюдается превышение кларка в земной коре [4] для U в 4 раза. Для пород отвала «чистый» – в 2 раза. Для отвала мраморной крошки почти в 2 раза. Аналогичная картина и для пород отвалов Изербельского месторождения гранитов № 1 и № 2 «гранитный». Превышение кларка в земной коре для U в 1,7 и 2,4 раза. Золошлаковые отходы характери-

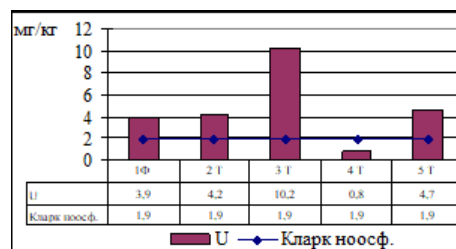


Рис. 1. Содержание U в снеговом покрове на территории Тейского железорудного месторождения

зуются превышением содержания U относительно кларка в земной коре почти в 4 раза. Величина торий-уранового отношения представлено в таблице 2.

В различных сортах угля ОАО «Угольный разрез Чалпан», только лишь в угле ДПК отмечается концентрация U 2,8 мг/кг, превышающая кларк в земной коре (2,5 мг/кг). Причем это значение не превышает величины среднего значения в каменных углях мира 1–3 мг/кг [5]. Из радиоактивных элементов в породах отвала отмечаются повышенные концентрации урана – 6,8 мг/кг, относительно среднего содержания в осадочных породах (3,2 мг/кг) и кларка в земной коре (2,5 мг/кг). В отходах промышленно-отопительной котельной отмечаются превышения кларка в земной коре по U – 7,8 мг/кг (2,5 мг/кг). Величина торий-уранового отношения представлено в таблице 3.

По данным изучения проб почв гамма-спектрометрическим анализом (лаборатория ОГУ «Облком-природа») материал исследования характеризуется низкой удельной активностью радионуклидов, материал относится к I классу согласно ГОСТ 30108-94 (табл. 4, 5).

Из приведенных материалов следует, что в основном концентрация U в отходах, горнодобывающих предприятий в превышает кларк в земной коре. В снеговом покрове территории АООТ «Тейское рудоуправление» концентрация U превышает значение кларка ноосферы. Содержание K-40, Ra-226, Th-232 в почвах и отходах месторождений Хакасии: АООТ «Тейское рудоуправление», ОАО «Саянмрамор», ОАО «Угольный разрез Чалпан» в целом на уровне кларка.

Литература

1. Арбузов С. И. Геохимия и металлоносность углей Красноярского края / С. И. Арбузов, А. В. Волостнов, В. В. Ершов, Л. П. Рихванов, В. С. Миронов, В. С. Машенькин. – Томск: Изд-во STT, 2008. – 300 с.
2. Рихванов Л. П. Радиохимическая типизация рудно-магнетических образований (на примере Алтае-Саянской складчатой области) / Л. П. Рихванов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 536 с.
3. Глазовский Н. Ф. Техногенные потоки вещества в биосфере // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 86–95.
4. Григорьев Н. А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры / Н. А. Григорьев // Геохимия, 2003. – № 7. – С. 785–792.
5. Юдович Я. Э., Кетрис М. П., Мерц А. В. Элементы-примеси в ископаемых углях / Под ред. Д. А. Минеева. – Л.: Изд-во «Наука», Ленинградское отделение, 1985. – 239 с.