

УДК 504.53:577(575.2)

## ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ КЫРГЫЗСТАНА

<sup>1</sup>Иманбердиева Н.А., <sup>1</sup>Качыбекова С.Д., <sup>2</sup>Жолболдиев Б.Т.

<sup>1</sup>Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, e-mail: nazaman@inbox.ru;

<sup>2</sup>Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, Бишкек

В Кыргызстане бывший урановый рудник Мин-Куш находится в долине бассейна реки Нарын, на территории Джумгалского района. Согласно проведенным ранее исследованиям и по литературным данным, на данной территории в 1955–1969 гг. производилась добыча урана, в результате которой на сегодняшний день имеются захоронения отходов бывшего уранового производства в виде хвостохранилищ и отвалов объемом свыше 2 млн м<sup>3</sup>. Из них Туяук-Суу и Талды-Булак выделены как особо опасные хвостохранилища Министерством чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики. Наши исследования проводились в местности хвостохранилища Туяук-Суу, площадь которого 3,2 га и накоплено в нем 450 тыс. м<sup>3</sup> отходов. Рядом протекает одноименная река. В свое время канал реки был реконструирован железобетонной конструкцией, но из-за постоянного весеннего половодья, селевые потоки разрушили часть этих конструкций, в результате чего поверхность хвостохранилища дала осадок, вследствие чего железобетонная конструкция канала реки была повреждена, через повреждения вода начала просачиваться в хвостохранилище. На исследуемой территории нами определен радионуклидный состав почв: <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>40</sup>K, <sup>137</sup>Cs. Поскольку радионуклиды аккумулируются в поверхностном плодородном горизонте почвы, то это очень негативно влияет на рост растений в целом. Нами изучена общая радиоактивность почв прилегающей территории хвостохранилища Туяук-Суу провинции Мин-Куш Кыргызской Республики. Результаты исследований показали, что распределение естественных радионуклидных элементов в процентном соотношении указывает на максимальное содержание <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra.

**Ключевые слова:** уран, хвостохранилище, почвенный покров, радионуклиды, руда, загрязнение окружающей среды

## RADIONUCLIDE POLLUTION OF THE SOIL OF THE URANIUM-TECHNOGENIC PROVINCE IN MIN-KUSH, KYRGYZSTAN

<sup>1</sup>Imanberdieva N.A., <sup>1</sup>Kachybekova S.D., <sup>2</sup>Zholboldiev B.T.

<sup>1</sup>Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, e-mail: nazaman@inbox.ru;

<sup>2</sup>Institute of Biology in the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek

Province of Min-Kush is located on the territory Dzungal area, in the valley of the same river, belonging to the basin of the Naryn river. In this area there are 4 tailings and 4 dumps with waste from the former uranium production with a total volume of more than 2 million m<sup>3</sup>. The mining complex operated 1955-1969 years. In the register of the Ministry of emergency situations of the Kyrgyz Republic tailing dumps are allocated potentially dangerous: Tuyuk-Suu and Taldy-Bulak. Tailings Tuyuk-Suu is located in the riverbed of the same name. It has accumulated 450 thousand m<sup>3</sup> of waste on an area of 3.2 hectares. To pass the waters of the river built reinforced concrete bypass channel. Currently, part of the reinforced concrete structures of the bypass channel is destroyed by mudflows, there was an uneven sediment of the tailings storage surface. In line with the bypass channel formed closed local damage, through which the water seeps into the tailings storage facility. The radionuclide composition of soils of Tuyuk-Suu tailings storage was determined: <sup>40</sup>K, U/Th-234, <sup>232</sup>Th/<sup>228</sup>Ac, Ra/Pb-214, <sup>137</sup>Cs. Since radionuclides accumulate in the surface fertile horizon of the soil, this has a very negative impact on the growth of plants as a whole. We have studied the General radioactivity of the soils of the adjacent territory of the tailings Tuyuk-Suu of Min-Kush province of the Kyrgyz Republic. As a result of researches it is revealed that radioactive elements on technogenic-broken sites are distributed unevenly.

**Keywords:** uranium, tailing, soil cover, radionuclides, ore, environmental pollution

Загрязнение биосферы во всем мире сегодня остается острой и важной проблемой. Оно может быть вызвано разными причинами. Например, добыча радиоактивных руд, условия их хранения, транспортировка, утечка и захоронения отходов радиоактивных компонентов. А все живое очень сильно зависит от окружающей среды.

Территория Центральной Азии во второй половине XX в. являлась одной из главных минерально-сырьевых баз природного урана и редкоземельных элементов для бывшего СССР. С 1907 г. в горных районах

функционировали рудники и комбинаты, осуществлявшие добычу и переработку урановых руд, редкоземельных элементов. В качестве наследия от многолетней деятельности этих предприятий осталось огромное количество радиоактивных отходов, размещенных на поверхности земли в отвалах и хвостохранилищах [1].

В Кыргызстане большинство хвостохранилищ находится в пределах населенных пунктов, бассейнов и русел рек. При Советском Союзе был четкий контроль, но после его развала долгое время они оставались

без технического надзора. Кыргызстан по своему физико-географическому положению является страной с высокой сейсмической и оползневой активностью, вследствие чего места захоронения радиоактивных отходов тоже находятся в местах прохождения паводков, селей и с близким залеганием грунтовых вод.

Перечисленные опасные природные процессы и явления в сочетании с несанкционированным доступом местного населения к хранилищам радиоактивных отходов, ухудшают экологическую обстановку в районах складирования отходов [2].

Согласно имеющимся данным в Кыргызской Республике имеются 72 объекта складирования радиоактивных отходов (хвостохранилищ и горных отвалов). Общий объем твердых радиоактивных отходов превышает 130 млн м<sup>3</sup>, а занимаемая ими площадь составляет 650 гектаров (га). Наибольшую опасность представляют 35 радиоактивных хвостохранилищ с общим объемом в 48,3 млн м<sup>3</sup>, включая 29 хвостохранилищ с отходами уранового производства общим объемом до 41 млн м<sup>3</sup> хвостового материала. Дополнительно 35 объектов (отвалы пустой породы) с низким содержанием урановой руды общим объемом 83 млн м<sup>3</sup> также находятся на территории страны [3].

Хозяйственная деятельность человека воздействует на окружающую среду повсюду, но переработка горнопромышленного производства носит широкомасштабный и объемный характер. Неразумная эксплуатация горных ресурсов приводит к обвалам, селям и вызывает деградацию природной среды. Это все более обостряет проблему охраны окружающей среды в процессе освоения минеральных ресурсов.

Провинция Мин-Куш расположена в отрогах хребта Молдо-Тоо, который замыкает долину Джумгал – горностепной пояс, на высоте 2200–2500 м над ур. м. [4].

Следует отметить, что в течение двух лет с начала пуска гидromеталлургического цеха (до 1957 г.) все жидкие и твердые отходы производства сбрасывались в р. Мин-Куш без очистки. С 1957 г. отходы складировались в хвостохранилищах, которые были законсервированы после закрытия рудника в 1969 г. [5].

В настоящее время, в результате разносторонних исследований хвостохранилища Туяк-Суу установлены некоторые угрозы, такие как разрушение железобетонной конструкции и дамбы, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. Эта опасность усугубляется возникновением прорывного потока в находящихся ниже хвостохранилища участках, в случае внезапного и полно-

го разрушения оползневой дамбы. Особую опасность и риск реализации катастрофического сценария представляет возможный частичный или полный захват и вовлечение в движение прорывного потока радиоактивных отходов, заскладированных на хвостохранилище Туяк-Суу. Это повлечет за собой разрушение жилых домов, расположенных в приустьевой части р. Туяк-Суу, а также радиоактивное загрязнение русел и поймы р. Мин-Куш, Коко-Мерен и Нарын [1].

Цель работы: оценка современного состояния почвенного покрова района Туяк-Суу природно-техногенной урановой провинции Мин-Куш.

### Материалы и методы исследования

Нами проведены исследования почвенного покрова участка, где находится хвостохранилище Туяк-Суу поселка Мин-Куш. При определении мощности экспозиционной дозы было выявлено, что радиационный фон хвостохранилища Туяк-Суу повышен. Мощность экспозиционной дозы колеблется в пределах 60–65 мкР/ч (табл. 1).

Естественные радионуклиды распределены неравномерно в разных типах почв и на различных их глубинах. Вертикальное распределение радионуклидов исследовалось многими авторами [6–9].

Радиоактивность почв обусловлена присутствием в них широкого набора радиоактивных элементов естественного и техногенного происхождения. Важнейшими и самыми распространенными естественными радиоактивными элементами в природе являются: калий (K), уран (U), торий (Th), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb). Два последних являются наиболее биологически опасными среди естественных радионуклидов [10].

В почве миграция радионуклидов зависит от физико-химических свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся, pH среды, характера движения грунтовых вод и др. [11].

Полевые исследования проведены летом 2018 г. На близлежащих участках территории хвостохранилища Туяк-Суу были отобраны почвенные образцы из верхних горизонтов (0–20 см), поскольку радионуклиды аккумулируются в плодородном слое почвы. Лабораторные анализы радионуклидов в почвах проведены в лаборатории биогеохимии Института биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики в гамма-спектрометре «Canberra». Все измеренные спектры обрабатывали с помощью программ для гамма-спектрометрического анализа.

С учетом ландшафтно-геохимических и метеорологических условий отбор образцов почв проводили согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 «Общие требования к отбору проб почвы» [12].

Почвенный образец, взятый из одной точки, тщательно перемешивался и отбирался, средняя проба примерно 300–400 г [13].

### Результаты исследования и их обсуждение

Жизнь любого живого организма зависит от окружающей среды, в частности, от

естественного радиационного фона, обеспечивающего оптимальные условия для их жизнедеятельности. При оценке опасности различных излучений обязательно надо учитывать характер и уровень облучения от различных источников.

Почвенный покров объекта исследования представлен горными темно-каштановыми и горными субальпийскими-лугово-степными почвами.

*Горные темно-каштановые почвы* характеризуются как низким, так и средним плодородием, среднекаменистые, среднеспособные, с различным механическим составом. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0–20 см) находится в пределах 2,0–6,2%, общего азота – 0,1–0,3%, фосфора – 0,1–0,2%, калия – 1,1–2,0%. Реакция почвенного раствора нейтрально-слабощелочная, pH в пределах 7,1–8,5.

*Горные субальпийские лугово-степные почвы* на исследуемой территории каменистые, маломощные, с различным механическим составом и по данным лабораторных анализов характеризуются низким и средним плодородием. Содержание гумуса в верхнем слое почвы (0–20 см) находится в пределах 2,1–6,2%, общего азота – 0,05–0,3%, фосфора – 0,1–0,2%, калия – 0,8–1,2%. Реакция почвенного раствора нейтрально-слабощелочная, pH в пределах 7,3–8,6 [14].

Радиоактивность почвы обуславливается тем, что в почве присутствуют естественные и техногенные радиоактивные элементы. В природе как естественный радиоактивный элемент широко распространены калий (K), из тяжелых металлов:

уран (U), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb) и др [10].

Нами изучена общая радиоактивность почв прилегающей территории хвостохранилища Туяк-Суу провинции Мин-Куш. Результаты исследований показали неравномерность распределения радиоактивных элементов. Анализы гамма-спектрометрического прибора и средние содержания в почвах естественных радионуклидов представлены в табл. 2.

Максимальные содержания  $^{238}\text{U}$  и  $^{226}\text{Ra}$  зафиксированы в двух пробах: № 1 –  $^{238}\text{U}$  (428,7 Бк/кг),  $^{226}\text{Ra}$  (988,6 Бк/кг); № 2 –  $^{238}\text{U}$  (147,3 Бк/кг),  $^{226}\text{Ra}$  (370,5 Бк/кг). Можно предположить, что важным фактором может стать минералогический состав почвы. Наибольшее содержание  $^{40}\text{K}$  отмечено почти во всех пробах, что интересно в порядке возрастания от пробы №1 до пробы №5 (566-638-776-701-788 Бк/кг). Высокое содержание  $^{40}\text{K}$  наблюдалось даже в 2-х контрольных точках: проба № 6 – 536 Бк/кг и проба № 7 – 118 Бк/кг. Содержание  $^{232}\text{Th}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых почвах оказалось в пределах допустимой нормы.

Минеральный состав почв, содержание гумуса, уровень кислотности почвы, химический состав радионуклидов комплексно влияют на вертикальное распределение естественных радионуклидов [15].

Распределение естественных радиоактивных элементов в исследуемых почвах в процентном соотношении указывает на максимальное содержание  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$ , особенно в пробе № 1 – 50% и более. В контрольных точках естественные радиоактивные элементы минимальны (рисунки).

Таблица 1

Уровень радиационного фона в техногенной провинции Мин-Куш

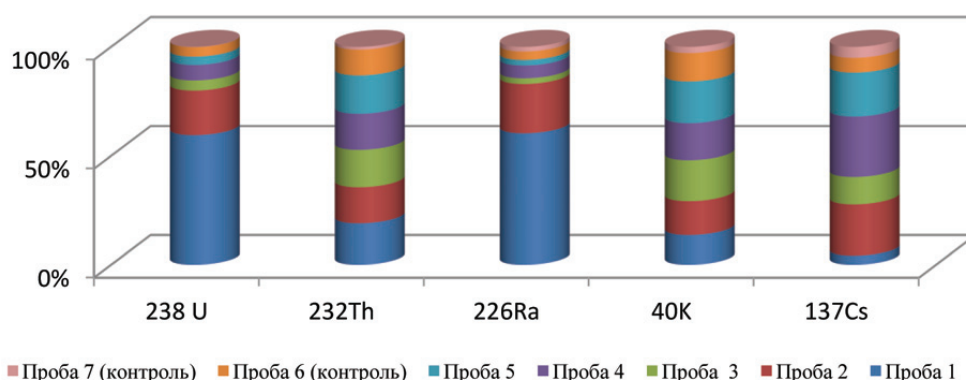
Местоположение	Высота над уровнем моря (м)	Координаты	Экспозиционная доза (на высоте 10 см от земли), мкр/ч
Хвостохранилище Туяк-Суу	2104	N – 41°39,531" E – 074°28,050"	60–65 Локально 100–150
пгт. Мин-Куш, 17-площадка	2107	N – 41°40,876" E – 074°26,919"	35–38
Хвостохранилище Дальний	2018	N – 41°41,160" E – 074°21,792"	50–55 Локально 200–250
Хвостохранилище Талды-Булак	1926	N – 41°40,922" E – 074°23,734"	50–55
Хвостохранилище Как	1938	N – 41°41,054" E – 0,74°22,572"	60–75 Локально 150–200
с. Кок-Ой	1562	N – 41°52,828" E – 0,74°25,412"	18–25

Примечание. Данные лаборатории биогеохимии, Институт биологии Национальной академии наук Кыргызской Республики (НАН КР).

Таблица 2

Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах

Шифр проб	Удельная активность, Бк/кг									
	<sup>238</sup> U	±	<sup>232</sup> Th	±	<sup>226</sup> Ra	±	<sup>40</sup> K	±	<sup>137</sup> Cs	±
№ 1	428,7	25,00	39,0	1,47	988,6	58,84	566	21,34	0,5	0,03
№ 2	147,3	8,59	33,7	1,35	370,5	22,94	638	23,75	2,8	0,17
№ 3	33,7	1,96	35,0	1,42	42,6	2,72	776	28,70	1,5	0,09
№ 4	51,2	2,98	33,9	1,44	96,6	6,02	701	26,01	3,3	0,19
№ 5	27,2	1,58	35,9	1,37	40,7	2,52	788	29,12	2,4	0,14
№ 6 (контрольная точка)	31,6	1,84	24,1	1,02	63,6	3,89	536	19,93	0,8	0,04
№ 7 (контрольная точка)	0,7	0,04	2,6	0,09	34,8	1,97	118	5,17	0,6	0,03



Распределение естественных радиоактивных элементов в почвах в процентном соотношении

Факторов, характеризующих миграцию радионуклидов в почвенных горизонтах, немало. Это зависит от состава почвы, физико-химических свойств, количества осадков, pH среды, расположения и особенностей движения грунтовых вод и др. [13].

Таким образом, хвостохранилище Туяк-Суу остается опасным источником загрязнения окружающей среды на территории провинции Мин-Куш.

**Закключение**

В данной работе определен радионуклидный состав почвы хвостохранилища Туяк-Суу провинции Мин-Куш. Естественные радионуклиды <sup>238</sup>U и <sup>226</sup>Ra отмечены в двух первых пробах высокими. Наибольшее содержание <sup>40</sup>K отмечено почти во всех пробах. Содержание <sup>232</sup>Th и <sup>137</sup>Cs в исследуемых почвах оказалось в пределах нормы. Предположительно, на миграцию естественных радионуклидов влияют: состав почвы и ее физико-химические свойства.

Из-за складирования радиоактивных отходов на территории провинции Мин-Куш происходит деградация почвенного по-

крова. Все явления, происходящие вокруг хвостохранилища Туяк-Суу, уничтожают растительность, почва лишается естественных средств защиты от всех видов эрозий.

**Список литературы**

1. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиозащиты и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53. № 4. С. 428–431.
2. Дженбаев Б.М., Муршалиев А.М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. Бишкек, 2012. 404 с.
3. Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек, 2009. 239 с.
4. Атлас Киргизской ССР. Том I. Природные условия и ресурсы. М.: ГУКК, 1987. 157 с.
5. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиозащиты и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане, Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53. III. С. 428–431.
6. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Жумалиев Т.Н. Войцехович О.В. Радиологическая съемка ураново-природно-техногенных объектов в п. Мин-Куш // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2015. № 2. С. 53–60.
7. Al-Hamarneh I.F., Awadallah M.I. Soil radioactivity levels and radiation hazard assessment the highlands of northern Jordan. Radiation Measurements. 2009. V. 44. № 1. P. 102–110.

8. Кожобаев К.А., Молдогазиева Г.Т., Тотубаева Н.Э., Оторова С.Т. Геоэкологические проблемы, связанные с деятельностью горнодобывающих предприятий Кыргызской Республики // Горный журнал. 2016. № 8. С. 32.
9. 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.
10. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Жалилова А.А. и др. Некоторые проблемы радиэкологии и радиобиогеохимии в Кыргызской Республике // Современные проблемы геоэкологии и сохранение биоразнообразия: мат. 2-й Международ. конф. Бишкек, 2007. С. 40–49.
11. Шапошникова Л.М., Шуктомова И.И. Особенности распределения урана, тория и радия в профиле техноподзолистой почвы // Успехи современного естествознания. 2016. № 6. С. 48–52.
12. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т. Изучение естественных изотопов урана и их отношение в урановых биогеохимических провинциях Иссык-Куля // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. 2010. № 1. С. 67–71.
13. Карпов Ю.А., Савостин А.П. Методы пробоотбора и пробоподготовки. М.: Бином, 2003. С. 68–79.
14. Мамытов А.М. Почвы Кыргызской ССР. Фрунзе: Изд-во Илим, 1974. 407 с.
15. Strok M., Smodis B. Fractionation of natural radionuclides in soils from the vicinity of a former uranium mine Zirovski vrh, Slovenia. J. Environ. Radioactivity. 2010. V. 101. № 1. P. 22–28.