

УДК 574:631.42:546.791 (575.2) (04)

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ

Дженбаев Б. М., Жумалиев Т. Н.

Биолого-почвенный институт Национальной академии наук Кыргызской Республики
E-mail: take0978@mail.ru

Исследованы физико-химические свойства почв провинции Мин-Куш. Описаны результаты химического анализа. Изучены уровни загрязнения и распределение элементов как ^{238}U и ^{226}Ra в почвах техногенной провинции. Описаны результаты исследований распределения и миграции радионуклидов. Определена степень влияния физико-химических свойств почв на уровень концентрации радионуклидов.

Ключевые слова: почва, радиоактивные элементы, хвостохранилища.

ВВЕДЕНИЕ

Почва – это важнейшее депо радиоактивных и других химических элементов. Через эту среду они могут поступать в воздух, воду, растительные и животные организмы и далее по пищевым цепям – в организм человека, что представляет большую опасность. Поэтому анализ и изучение путей поступления радионуклидов и других химических элементов почву, основных закономерностей их поведения, накопления и способов миграции очень актуальны [6].

Почва загрязненных территорий является источником дальнейшего распространения радионуклидов по биологическим цепочкам, поэтому мониторинг радиоактивных элементов в почве необходим как контроль этих элементов в окружающей среде.

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), и тяжелые элементы – уран (U), торий (Th), полоний (Po), радий (Ra), свинец (Pb). Два последних являются наиболее биологически опасными среди естественных радионуклидов [1].

Доминирующая часть естественной радиоактивности почв связана с радиоизотопами, которые образуют три радиоактивных семейства – урана (родоначальник ^{238}U ; период полураспада $T_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$ лет), актиния (родоначальник ^{235}U ; $T_{1/2} = 7,1 \cdot 10^8$ лет) и торий (родоначальник ^{232}Th ; $T_{1/2} = 1,4\text{--}10^{10}$ лет). Поведение естественных радионуклидов, входящих в природные ряды распада, в почве зависит от таких факторов, как: химические свойства элемента, изотопом которого является данный радионуклид; физико-химические условия среды, определяющиеся характером и интенсивностью почвообразующих процессов, которые, в свою очередь, являются функцией природно-климатических и ландшафтных условий; концентрация и формы нахождения урана и тория в почвообразующих породах и радиоактивные свойства радионуклида (период полураспада, принадлежность к тому или иному ряду и место в нем) [8].

Ураново-техногенная провинция пгт Мин-Куш (Тура-Кавак) находится на абсолютной высоте около 2000 м, в бассейне реки Мин-Куш. В этом регионе расположены 4 хвостохранилища (Туюк-Суу, Талды-Булак, Как и Дальний) с радиоактивными материалами объемом 1,15 тыс. м³, площадью 196,5 тыс. м², а также 4 горных отвала (некондиционные руды). В целом хвостохранилища представляют собой плоские участки территории, расположенные на склонах крутизной до 25–40° между гор. Рудный комплекс эксплуатировался с 1963 по 1969 гг. После закрытия уранового производства все хвостохранилища были законсервированы [3].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Почвенное исследование и отбор почвенных образцов на плодородность проводились согласно ГОСТ 17.4.3.01–83 «Общие требования к отбору проб почвы». Общий анализ почв проведен в Республиканской почвенно-агрохимической станции при Министерстве сельского хозяйства Кыргызской Республики.

Почвенные пробы отбирались из верхних горизонтов (до 20–25 см), где в основном сосредоточены питательные элементы и химические загрязнители.

Отбор почвенных образцов проводился на следующих участках:

- в пределах и вблизи хвостохранилища Туюк-Суу, точки № 1, 2;
- в пределах и вблизи хвостохранилища Талды-Булак, точки № 7;
- территория пос. Мин-Куш, район штолен на площадках № 17 и 21, точки № 3, 4;
- район Нижний Ак-Улак, точка № 5;
- район Дальний Мин-Куш, точка № 6;
- в пределах и вблизи хвостохранилища «Как», точка № 8;
- в пределах и вблизи хвостохранилища «Дальний», точка № 9;
- район старого обогатительного завода, точка № 10.

Отбор почвенных образцов для определения ²³⁸U и ²²⁶Ra проводился на контрольных участках методом конверта. Образцы почв отбирались из верхних горизонтов почв, с глубины 0–20 см. Почвенный образец, взятый из одной точки, тщательно перемешивался, отбиралась средняя проба. Далее все средние пробы перемешивали и из общей массы отбирали примерно 300–400 граммов, что и составляло смешанный образец. Смешанный образец подвергался квартованию, после чего высушивался до воздушно-сухого состояния и хранился в бумажных пакетиках с этикетками [5].

Отбор почвенных образцов проводился на следующих участках:

- на хвостохранилище Туюк-Суу, точки МТS1 и МТ1S2;
- на хвостохранилище Талды-Булак, точки МТ2S1 и МТ2S2 и МТ2S3;
- на хвостохранилище «Как», точки МТ3S1 и МТ3S2;
- на хвостохранилище «Дальнее», точки МТ4S1 и МТ4S2;
- на территории площадки № 17, точка М17S1 и на штольне – точка М17S5;
- на территории площадки № 21, точка М21S1 и на штольне – точка М21S4;

- территория старого обогатительного завода, точка MPS2;
- район Дальний Мин-Куш, MDS1.

Анализы по определению ^{238}U и ^{226}Ra были выполнены в лаборатории биогеохимии Биолого-почвенного института НАН КР в *гамма-спектрометре "Canberra"* (модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS). Измеренные спектры обрабатывались с помощью пакета программ для гамма-спектрометрического анализа, в который входила программа обработки сложных гамма- и рентгеновских спектров, использующая алгоритм, основанный на нелинейном методе наименьших квадратов и аналитическом описании аппаратурной формы линии. Этот метод обеспечивает минимально возможную погрешность в определении площади типа полного поглощения и, следовательно, максимальную чувствительность анализа. Другая программа указанного пакета позволяла рассчитывать абсолютную эффективность регистрации гамма-излучения в зависимости от геометрических размеров и материала образца детектора и возможных поглотителей между ними.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На исследуемой территории распространены горные темно-каштановые и горные лугово-степные субальпийские типы почв.

Горные темно-каштановые почвы характеризуются как от низкого до среднего плодородием среднекаменистые, среднemocные, с различным механическим составом. Содержание гумуса (табл. 1) следующее: в слое 0–25 см колеблется в пределах 2,23–6,17 %; общего азота – 0,100–0,290 %; фосфора – 0,080–0,145 % и калия – 1,14–1,50 %; реакция почвенного раствора от нейтральной до слабощелочной – pH в пределах 7,30–8,45.

Горные субальпийские лугово-степные почвы на исследуемой территории каменистые, маломощные, с различным механическим составом и по данным лабораторных анализов характеризуются как от низкого до среднего плодородием (гумуса в слое 0–10–25 см 2,08–6,17 %). Содержание гумуса (табл. 1) следующее: в слое 0–25 см колеблется в пределах 2,08–6,17 %; общего азота 0,045–0,295 %; фосфора 0,080–0,190 % и калия 0,84–1,23 %; реакция почвенного раствора от нейтральной до слабощелочной – pH в пределах 7,30–8,55. Эти почвы сверху сильно-щебнисто-суглинистые. В силу легкого механического состава развиты процессы эрозии, что является характерной особенностью почвенного покрова данной территории [4].

Миграция радиоактивных веществ, попадающих в почву, зависит от свойств отдельных изотопов и формы химических соединений, в которых они находятся. А также от свойств почвы, наличия в ней ионов, близких по физико-химическим свойствам попавших в нее изотопам, и характера движения грунтовых вод. Важнейшие физико-химические процессы, происходящие в почвах и обеспечивающие ее плодородие, зависят от содержания в ней частиц, обладающих высокими ионообменными свойствами [7].

Таблица 1.

Показатели почвенно-агрохимических анализов почв

№	Глубина, см	Гумус, %	pH	Азот общий, %	Валовый фосфор, %	Валовый калий, %
1	0–25	3,0	8,20	0,120	0,140	1,50
2	0–10	6,17	7,85	0,290	0,145	1,43
3	0–15	2,65	8,35	0,100	0,080	0,84
4	0–25	6,17	7,85	0,295	0,115	1,23
5	0–20	2,08	8,10	0,045	0,120	1,20
6	0–25	2,39	8,55	0,095	0,090	1,11
7	0–20	4,88	7,30	0,180	0,095	1,14
8	0–20	2,23	8,45	0,100	0,080	1,17
9	0–25	3,0	8,30	0,155	0,095	1,14
10	0–10	2,60	8,50	0,210	0,190	0,96

Установлено, что с увеличением содержания органического вещества в почве повышается и содержание радионуклидов, а их миграционная способность падает, так как радиоактивные элементы могут связываться с органическим веществом, например образовывать комплексы с гуминовыми кислотами [7]. Проведенные нами исследования показали, что наибольший показатель ^{238}U отмечен в точках MT2S2, MT4S2, M21S4 и MPS2 (табл. 2).

Таблица 2.

Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах

№ п/п	Номер проб	Удельная активность, Бк/кг			
		Ra-226	±	U-238	±
1	MTS1	49,0	2,2	53,4	6,0
2	MT1S2	86,5	5,3	56,2	4,8
3	MT2S1	42,1	1,9	48,9	8,4
4	MT2S2	233,5	13,5	176,4	15,4
5	MT2S3	47,2	3,5	37,6	4,3
6	MT3S1	76,8	3,1	77,1	17,9
7	MT3S2	105,9	6,3	67,7	6,4
8	MT4S1	82,8	3,4	39,2	5,0
9	MT4S2	3591,7	163,0	390,0	67,0
10	M17S1	68,4	3,1	54,5	5,7
11	M17S5	106,0	4,6	70,2	6,0
12	M21S1	40,8	2,1	39,3	6,8
13	M21S4	395,2	15,2	280,5	18,8
14	MPS2	298,0	13,9	251,4	26,2
15	MDS1	99,1	4,5	102,9	17,8

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ

В таблице видно, что удельная активность ^{238}U варьируется от 176,4 до 390,0 Бк/кг. А ^{226}Ra в точках MT2S2, MT3S2, MT4S2, M17S5, M21S4 и MPS2, соответственно от 105,9 до 3591,7 Бк/кг.

Самый большой показатель этих элементов отмечен на теле хвостохранилища «Дальнее» (MT4S2): ^{238}U – 390,0 Бк/кг и ^{226}Ra – 3591,7 Бк/кг, что свидетельствует о локальном загрязнении данной зоны (рис. 1).

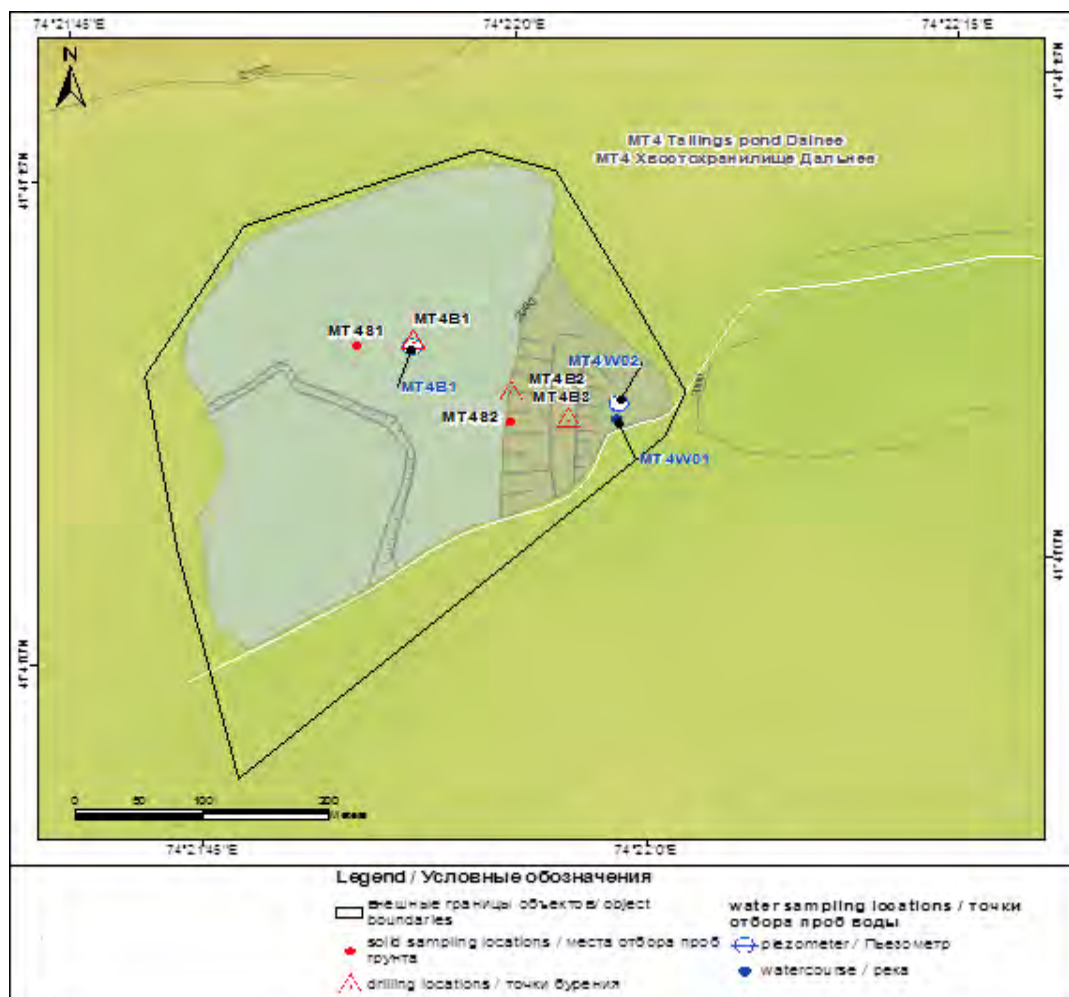


Рис. 1. Карта отбора проб на хвостохранилище «Дальнее»

На востоке от бывших урановых шахт расположены участки, где ранее складировались отходы, а также место складирования сырья и рудных материалов. На этих участках нами была проведена съемка радиационного фона. Съемки были проведены также на территории бывшего гидрометаллургического завода и на территории бывших рудников прилегающих жилых районов (табл. 3).

Уровень радиационного фона в урановой провинции Мин-Куш

Наименование зон	Радиационный фон (мкР/час)
Поселок Мин-Куш	27,0–28,0
Рудник вблизи площадки № 21	32,0–32,5
Вода из штольни площадки № 21	61,0–61,5
Территория завода	65,0–66,5
Рудник вблизи площадки № 17	62,0–63,0
Вода из штольни площадки № 17	63,5–64,0
Территория верх. Ак-Улак	21,0–22,0

ВЫВОДЫ

В данной провинции по мощности преобладают среднемощные почвы с залеганием каменисто-галечниковых отложений с глубины 20–50 см. В этом районе на крутых склонах местами заметны следы водной эрозии, которая возникает под воздействием временных потоков воды – осадков, талых вод, которые не успевают впитываться почвой.

На хвостохранилищах Как, Дальнее и Талды-Булак, на штольнях, находящихся на территории жилых площадок 17 и 21, а также на территории старого завода отмечены наибольшие показатели изученных химических элементов. Самый большой показатель этих элементов отмечен на теле хвостохранилища «Дальнее» ^{238}U – 390,0 Бк/кг и ^{226}Ra – 3591,7 Бк/кг.

Наибольшие уровни дозы излучения отмечались в раскопках с открытым доступом к хвостовому материалу (до 1,6 мЗв/ч). На некоторых фрагментах металла, который был частично извлечен ранее из тела хвостохранилища, были обнаружены уровни МЭД 10 мЗв/ч и выше.

Проведённая радиометрическая съёмка мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на различных объектах урановых хвостохранилищ Мин-Куш показала от 27 до 66,5 мкР/ч.

Список литературы

1. Алексахин Р. М. Ядерная энергия и биосфера. – М.: Энергоиздат, 1982. 21 с.
2. Быковченко Ю. Г., Быкова Э. И., Белеков Т., Кадырова А. И., Жунушов А. Т., Тухватшин Р., Юшида С. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана. – Б., НАН КР, 2005. – 170 с.
3. Дженбаев Б. М., Муршалиев А. М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. – Бишкек, 2012. – 404 с.
4. Жумалиев Т. Н., Усупбаев А. К., Дженбаев Б. М. Современное состояние почвенно-растительного покрова ураново-техногенной провинции Мин-Куш, Сборник материалов XXXI международной научно-практической конференции «Modernscience: theoreticalandpracticallook». – Москва: Научный центр «Олимп», 2018. – 51 с.
5. Карпов Ю. А., Савостин А. П. Методы пробоотбора и пробоподготовки– М.: Бином, 2003. – С. 68–79;
6. Козлова А. А., Швецов Г. С., Радиоактивные элементы в почвах Южного Предбайкалья, Материалы II Международной конференции. –Томск, 2004. С. 272.

РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ УРАНОВО-ТЕХНОГЕННОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ

7. Орлов Д. С., Садовникова. Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении.– М.: Высшая школа, 2002. – 250 с.
8. Сельдяков Ю. П. Седов Р. Я. О спектрометрах гамма-квантов с подавлением комптоновского распределения // Изотопы в СССР. – 1983. – № 1(6). – С. 9–16.

RADIOACTIVE ELEMENTS IN SOILS OF URANIUM-TECHNOGENE PROVINCE MIN-KUSH

¹Jumaliev T. N., ²Djenbaev B. M.

¹*Biologo-Soil Institute, National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*

²*National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic*

E-mail: take 0978@mail.ru

The physico-chemical properties of the soils of the province of Min-Kush were studied. The results of chemical analysis are described. Pollution levels and distribution of elements as ²³⁸U and ²²⁶Ra in the soils of the technogenic province were studied. The results of studies on the distribution and migration of radionuclides are described. The degree of influence of physico-chemical properties of soils on the concentration level of radionuclides is determined.

Keywords: soil, radioactive elements, tailing dumps.

References

1. Aleksahin R.M. Jadernajajenergija i biosfera – М.: Jenergoizdat, 1982. s-21;
2. Bykovchenko Ju. G., Bykova Je. I., Belevkov T., Kadyrova A.I., Zhunushov A. T., Tuhvatshin R., Jushida S. TehnogennoezagrzaznenieuranombiosferyKyrgyzstana — В., NAN KR 2005. — 170 s.;
3. Dzenbaev B.M., Mursaliev A.M. Biogeohimijaprirodnih i tehnogennyhjekosistemKyrgyzstana-Bishkek, 2012. — 404 s.;
4. Zhumaliev T.N., Usupbaev A. K., Dzenbaev B.M., Sovremennoesostojaniepochvenno-rastitel'nogopokrovauranovo-tehnogennojprovincii Min-Kush, Sbornikmaterialov XXXI mezhdunarodnojnauchno-prakticheskoykonferencii « Modern science: theoretical and practical look» - Moskva.: Nauchnyjcentr «Olimp», 2018. - str. 51);
5. Karpov Ju.A. Savostin A.P., Metodyprobootbora i probopodgotovki - М.: Binom, 2003. - S.68-79;
6. Kozlova.A.A., Shvecov.G.S.,Radioaktivnyejelementy v pochvahJuzhnogoPredbajkal'ja, Materialy II Mezhdunarodnojkonferencii, -Tomsk 2004; str. 272;
7. Orlov D.S, Sadovnikova. L.K. Jekologija i ohranabiosferyprihimicheskomezagrzaznenii.- М.: Vysshajashkola, 2002.-250 s.;
9. Sel'djakov, Ju.P. Sedov R.Ja.. O spektrometrah gamma-kvantov s podavleniem komptonovskogo raspredelenija, Izotopy v SSSR. – 1983. - № 1(6). – S.9-16.