

УДК 550.4

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРАНОВЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ
КЫРГЫЗСТАНА

Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев, Б.К. Калдыбаев, У.Ж. Кармышева,

Т.Н. Жумалиев

Институт Биологии НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан

Kg.bek.bm@bk.ru; baktiyr@mail.ru; k_bakyt@rambler.ru; umut_kj@mail.ru; take0978@mail.ru

Аннотция: В статье представлены результаты радиоэкологических исследований территорий урановых хвостохранилищ Кыргызстана (Майлуу-Суу, Ак-Тюз, Мин-Куш, Каджи-Сай), современное их состояние, оценка потенциальных рисков радиоактивного загрязнения.

Summary: The article presents the results of radioecological studies of the territories of uranium tailings in Kyrgyzstan (Mailuu-Suu, Ak-Tyuz, Min-Kush), their current state, assessment of potential risks of radioactive contamination.

Ключевы слова: уран, хвостохранилищ, радиоэкология, радиоактивность, природно-техногенной провинция

Key words: uranium, tailings, radioecology, radioactivity, technology-related province

Введение. Горы являются крупными экосистемами нашей планеты, где сохранились естественные ландшафты, используемые в традиционном режиме. В последнее время во многих горных странах бурно развивается горнорудная промышленность. Однако, добыча и транспортировка полезных ископаемых в горах – важнейшие факторы разрушения естественных горных экосистем, биогеохимических процессов и сохранения биоразнообразия.

Горы Кыргызстана богаты разными видами полезных ископаемых. На сегодняшний день разведано и оценено более 300 крупных и средних месторождений твёрдых полезных ископаемых, к числу которых относятся золото, серебро, сурьма, ртуть, молибден, олово, редкоземельные (U, Th, Ra) и цветные металлы, уголь, нерудное сырьё [1]. В недалеком прошлом страна производила окись урана, редкоземельные металлы, полуфабрикаты для цветной металлургии (свинец, цинк, молибдени др.). С середины 50-х годов до настоящего времени в Кыргызстане закрыто или законсервировано 20 горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, в их числе 4 предпри-

ятия по добыче и переработке уранового сырья [2, 3,4].

Длительные и интенсивные техногенные воздействия на недра, связанные с разведкой, добычей, переработкой минеральных ресурсов, привели в некоторых горнопромышленных районах к существенным изменениям геологической среды этих районов, а в ряде случаев – к возникновению широкого спектра потенциально опасных природно-техногенных геологических процессов, которые нанесли и продолжают наносить значительный экономический и экологический ущерб [5].

В комплексе геоэкологических проблем, как доставшихся по «наследству» от советской горнорудной и металлургической промышленности, так и приобретенных после развала СССР, на первое место выдвигается проблема безопасного содержания большого количества отходов горного производства. Вследствие неэффективной и нерациональной переработки полезных ископаемых образовались значительные по объему отвалы отходов горных пород, некондиционных руд, металлургических шлаков, созданы хвостохранилища и шламонакопители, которые не только загрязняют

окружающую среду, но и являются потенциально опасными источниками чрезвычайных ситуаций природно-техногенного характера [6].

В особо неблагоприятном положении оказались хвостохранилища – специальные гидротехнические сооружения, создаваемые из техногенных грунтов – так называемых «хвостов», получаемых в результате сложных и многообразных процессов переработки руд. Хвостохранилища представляют собой концентрированные массивы мелкодисперсных отходов производства, которые в зависимости от перерабатываемых

руд содержат радионуклиды (г. Майлуу-Суу, Кара-Балта, Мин-Куш, Каджи-Сай, Ак-Тюз, Шекафтар). В настоящее время на территории Кыргызстана существует 55 хвостохранилищ объёмом более 132 млн. м³ на площади 770 га, 85 горных отвалов объёмом 700 м³, занимающие свыше 1500 га, в том числе 31 хвостохранилище и 25 отвалов – отходы уранового производства, объёмом 51,8 млн. м³ (по состоянию на 2014 год их суммарная радиоактивность превышает 90 тыс. кюри), при разработке новых месторождений она ещё более возрастёт (рис.1).

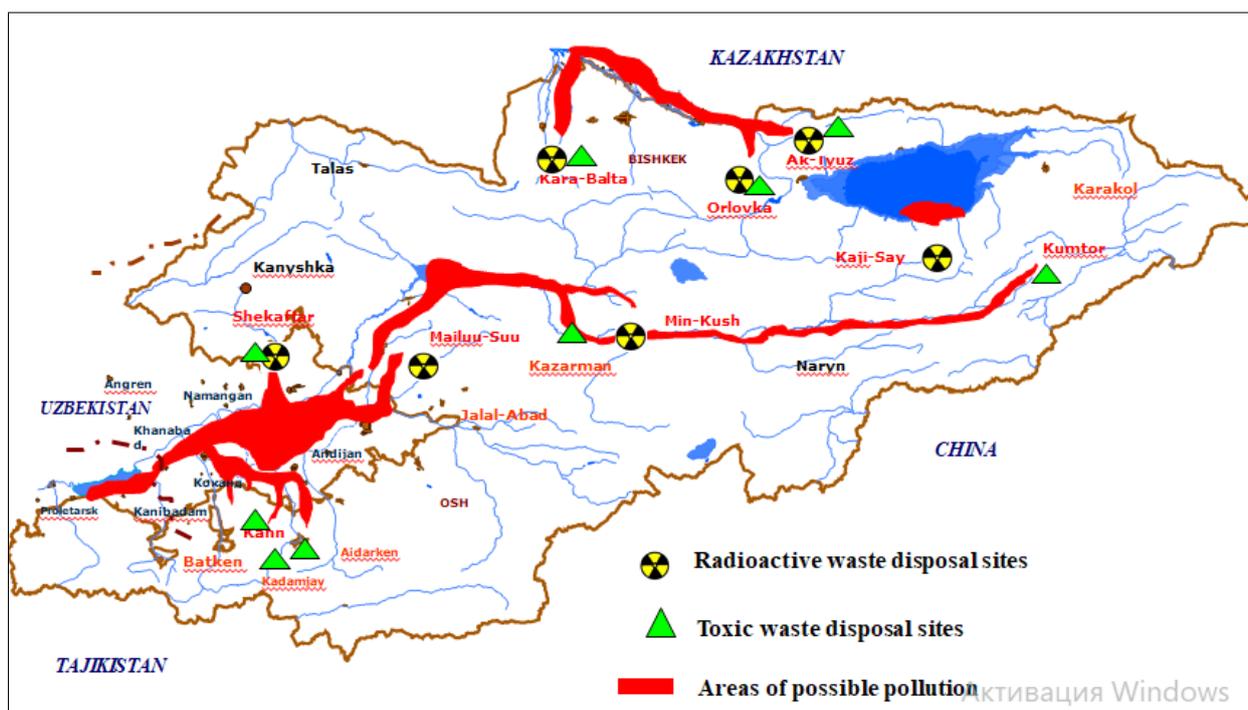


Рис.1. Карта расположения хвостохранилищ и площади возможного загрязнения территории Кыргызстана и трансграничных государств

Занимая значительные площади, хвостохранилища оказывают отрицательное влияние на состояние окружающей среды, как на стадии эксплуатации, так и на продолжительных отрезках времени после консервации хранилищ [7]. Близкое расположение объектов с радиоактивными отходами к границам прилегающих государств Центральной Азии, а также их расположение на водосборах рек, имеющих трансграничный характер, водный сток, который в случае аварийных ситуаций может способствовать расширению границ радиоактивного загрязнения. Особо актуальным является необходимость регулярного мониторинга хвостохранилищ и от-

валов, имеющих трансграничный характер (Майлуу-Суу, Ак-Тюз, Мин-Куш, Каджи-Сай). По данным специалистов в настоящее время имеются риски возникновения чрезвычайных ситуаций, в зону возможного радиоактивного загрязнения которых подпадает не только территория Кыргызстана, но и сопредельных государств (Казахстан, Таджикистан, Узбекистан) где проживает около 5 миллионов человек [4].

Материал и методы исследования. Радиоэкологические исследования проводились на территориях хвостохранилищ: «Майлуу-Суу», «Мин-Куш», «Ак-Тюз», «Каджи-Сай». Для проведения гамма-съём-

ки территорий использовался дозиметр-радиометр ДКС-96 лаборатории биогеохимии института Биологии НАН КР. Дозиметр-радиометр ДКС-96 широко применяется в дозиметрии и радиометрии. Он обеспечивает оперативное измерение основных величин, характеризующих радиационную обстановку, и проведение работ по поиску источников ионизирующих излу-

ний (рис 2). Измерения экспозиционной дозы γ -излучения проводились в соответствии с инструкциями МАГАТЭ по наземному обследованию радиационной обстановки на высоте 0,1 и 1 метр от поверхности земли. Согласно техническим инструкциям дозиметров, измерения в одной точке проводились не менее трёх раз, затем определяли среднеарифметические значения [8].



Рис. 2. Дозиметр ДКС-96. Рис. 3. GPS

При отборе почвенных образцов нами была использована классификация почв, принятая при составлении почвенной карты Кыргызской Республики [9]. Отбор проб почвы выполнялся согласно требовани-

ям ГОСТ 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005) [10]. Спутниковый прибор (GPS) регулярно автоматически фиксировал долготу и широту местонахождения (рис.3).



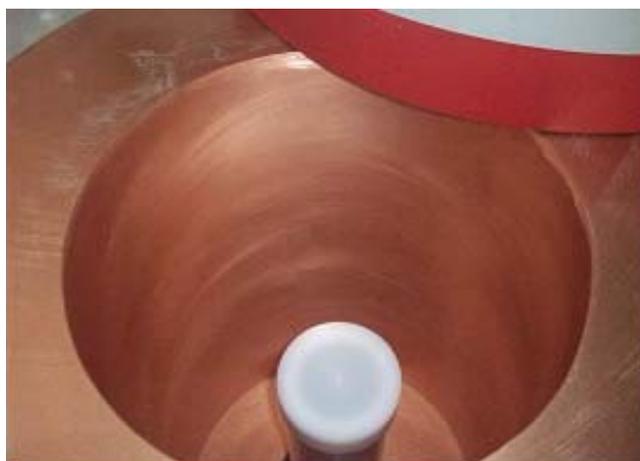
Рис 4. Упакованные пробы почв для измерения гамма-спектрометрии

Для определения радионуклидного состава был использован гамма-спектрометрический метод, основанный на измерении гамма-излучения исследуемых образцов

почв. Гамма-спектрометр "Canberra" (модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S502, S501 RUS) (рис.5).



а) внешний вид;



б) детектор в защите.

Рис.5. Гамма-спектрометр в радиологической лаборатории ИБ НАН КР

Урановая природно-техногенная провинция Майлуу-Суу находится в западной части Ферганского хребта, в горах Баубаш-Ата. Река Майлуу-Суу и целым рядом притоков, которые берут начало из источника, находящегося в районе хребта Баубаш-Ата, входящий в состав Ферганского хребта Западного Тянь-Шаня (рис.6). На территории г. Майлуу-Суу, в пойме одноимённой реки Майлуу-Суу и ру-

чъёв Кульмен-Сай, Кара-Агач, Айлампа-Сай и Шульды-Сай, на склонах гор расположены 23 хвостохранилища общим объёмом 1374 тыс. м³ радиоактивных отходов и 13 горных отвалов некондиционных руд объёмом 5845,6 тыс. м³. Хвостохранилища были законсервированы в 1966-1973 гг. по существующим на тот период времени нормам[12].



Рис.6. Провинция Майлуу-Суу

Основными отходами при добыче и переработке ураносодержащих руд является радиоактивный урановый ряд элементов. Хвостохранилища и горные отвалы природно-техногенной провинции Майлуу-Суу

относятся к I, II, III категориям опасности. Хвостохранилища №№ 1, 2, 4, 12, 13, 14, 23 расположены вдоль ручьёв Айлампа-Сай; № № 3,5, 6, 7, 8, 9, 10, 18, 19, 20, 21, 22 расположены в пойме реки Майлуу-Суу (рис. 7).

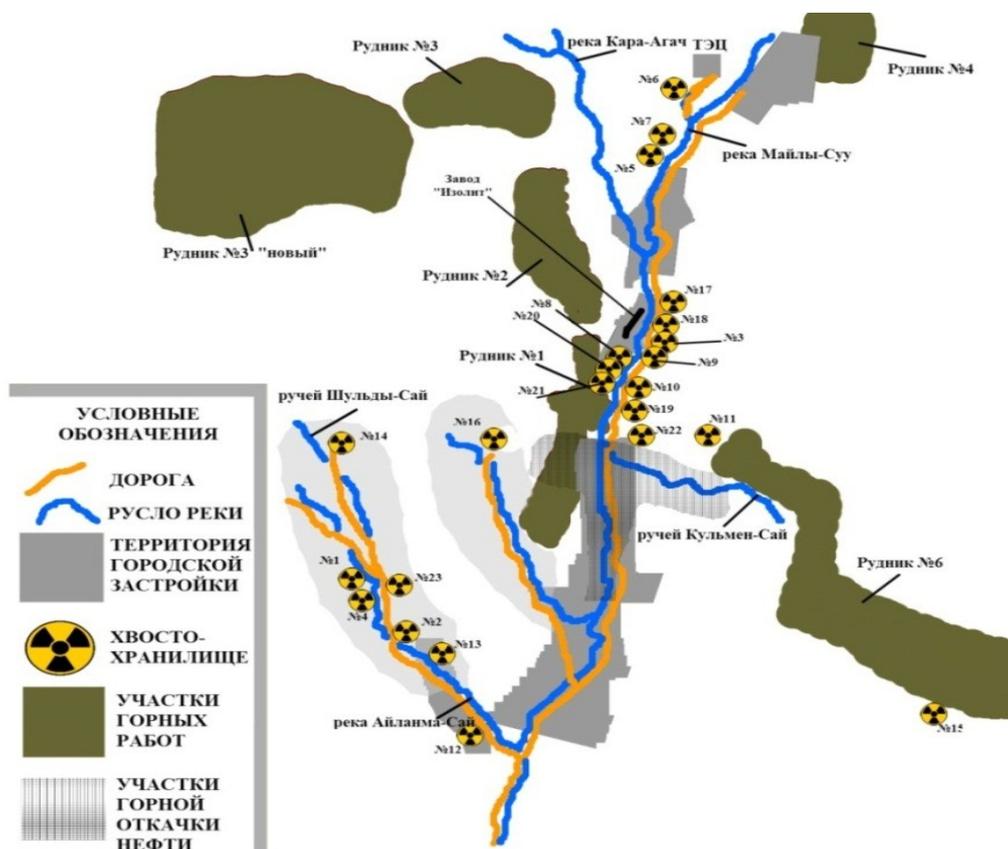


Рис 7. Местоположение хвостохранилищ и отвалов Майлуу-Суу

В течение длительного времени работы по ремонту и обслуживанию хвостохранилищ проводились эпизодически и в недостаточном объёме. В данное время средняя мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на поверхности хвостохранилищ составляет 30-60 мкР/час, на локальных участках превышает 500 мкР/час. В основном хвостохранилища и отвалы расположены выше 900 м над ур. м. по берегам реки Майлуу-Суу, Айланпа-Сая, Кульмен-Сая и Ашваз-Сая.

По результатам измерений повышенный радиационный фон отмечался на хвостохранилищах №1, 3, 5, 6 и 13. На №3 до рекультивации экспозиционная доза в

некоторых точках была более 800 мкР/час, после завершения работ снизилась до 175-360 мкР/час. На хвостохранилище №6 во время переноса на №3 значения были высокие, затем они снизились до 100-150 мкР/час. В окрестностях №5 в пределах нормы, но на самом хвостохранилище в водоотводных каналах и трубах выше - от 120 до 800 мкР/час. На №1 и №13 экспозиционные дозы немного повышены (от 100 до 300 мкР/час). По результатам измерений радиационного фона составлена карта-схема мощности экспозиционной дозы хвостохранилищ №1, №5, №6 Майлуу-Суу, с использованием программ «Surfer-12» (Рис. 8).

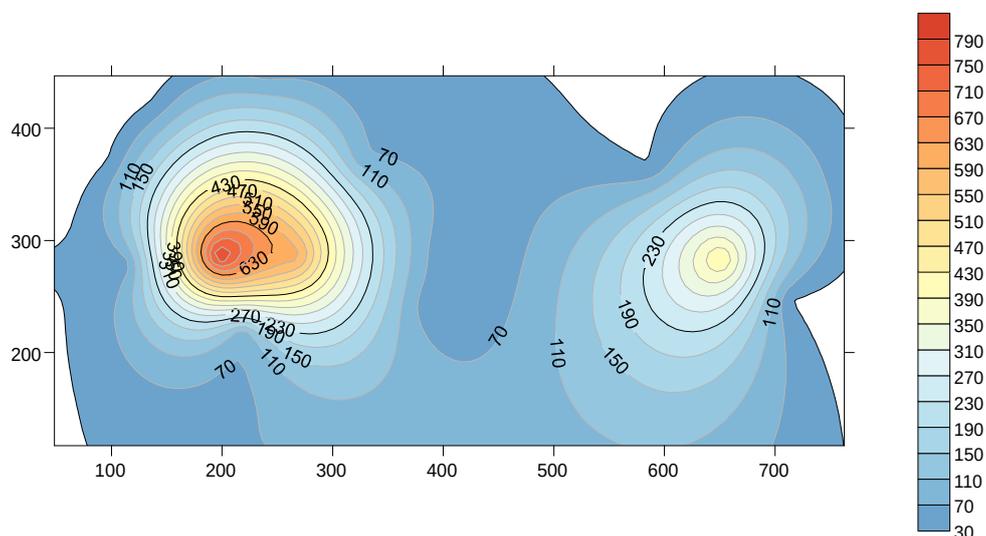


Рис.8. Карта-схема экспозиционной дозы хвостохранилища №5

Почвенный покров бассейна реки Майлуу-Суу в нижнем течении - типичные сероземы, в среднем течении - темные сероземы и далее начинаются горно-коричневые почвы. Физико-химические показатели

почвенного покрова г. Майлуу-Суу (за исключением района техногенных участков) находятся на уровне или ниже ПДК. Удельная активность радионуклидов в почвах хвостохранилищ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Удельная активность радионуклидов в почвах хвостохранилищ и отвалов Майлуу-Суу

№	Место отбора проб	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	⁴⁰ K
		Удельная активность, Бк/кг (M±m)				
1.	Плотина (контроль)	9,38± 1,51	71,00± 8,00	63,78± 7,64	76,56± 10,85	705,00± 12,00
2.	Хвостохранилище №1	2044,15± 296,51	80,90± 9,40	10662,10± 592	7065,13 ± 841,19	-
3.	Хвостохранилище №3	51,40± 11,31	44,15± 5,65	137,03± 16,09	850,11± 107,26	800,00± 57,00
4.	Хвостохранилище №4	29,60± 5,10	26,30± 1,35	35,71± 1,80	150± 70,32	450,70± 25,00
5.	Хвостохранилище №5	36,26± 5,73	52,00± 6,60	531,54± 58,50	383,66± 48,31	926,00± 6,37
6.	Хвостохранилище №6	38,83± 8,33	37,75± 4,50	42,27± 6,19	193,45± 24,29	706,10± 35,00
7.	Хвостохранилище №7	32,40± 5,00	57,80± 1,30	31,00± 1,20	39,40± 2,30	396,20± 22,00
8.	Хвостохранилище №8	38,20± 2,50	22,60± 0,70	48,00± 1,60	26,30± 1,50	454,60± 24,80
9.	Хвостохранилище №9	28,60± 5,00	22,40± 1,30	58,50± 4,60	474,60± 70,00	477,50± 30,80
10.	Хвостохранилище №13	29,80± 5,22	26,00± 1,30	34,70± 1,80	478,80± 70,10	490,10± 25,00
11.	Водозабор (контроль)	56,58± 7,78	29,26± 3,91	20,42± 2,16	55,44± 7,09	664,90± 38,00

Различие между контрольным уровнем удельной активности радионуклидов ихвостохранилищем №1 не случайное,

средний выбороч достоверно отличаются друг от друга. Поэтому на основании применения критерия Стьюдента можно сде-

лать вывод о повышенных значениях удельной активности радионуклидов на территории хвостохранилища №1, где имеется выход хвостовых материалов на поверхность: ^{238}U -2044 Бк/кг, ^{226}Ra -10662,1 Бк/кг, ^{210}Pb -7065,13 Бк/кг ($p < 0,05$).

В последние годы в данном регионе активизировались геоморфологические процессы (оползни и наводнения), в связи с этим для хвостохранилищ и отвалов Майлуу-Суу необходимы реабилитационные работы. Сложнейшим для государства является решение проблемы реабилитации хвостохранилищ, отвалов и их перезахоронения, что не возможно без участия мирового сообщества. В связи с этим данные объекты посещали международные эксперты и представители: МАГАТЭ, ПРООН, ТАСИС, РОСАТОМа. Например, реабилитационные работы с 2007-2012 гг. были проведены компанией «Wisutec» (Германия) на опасных участках, было перенесено хвостохранилище №3 в более безопасное место – хвостохранилище №6. Однако реабилитационные работы на всех хвостохранилищах и отвалах не завершены до конца.

Урановая природно-техногенная провинция Мин-Куш. Бывшее месторожде-

ние урановой руды Туура-Кавак, которое расположено недалеко от поселка Мин-Куш, интенсивно эксплуатировалась в период с 1953 по 1968 гг. Рудные материалы и уголь, содержащие уран, перерабатывались на местном гидрометаллургическом заводе, после сжигания угля на ТЭЦ. Хвостовой материал переработки руды и золы с остатками урана складировали в четырех хвостохранилищах провинции Мин-Куш (Туюк-Суу, Талды-Булак, Как и Дальний) с радиоактивными материалами – объёмом 1,15 тыс. м³, площадью 196,5 тыс.м². Рудный комплекс эксплуатировался с 1963 по 1969 гг. После закрытия уранового производства все хвостохранилища были законсервированы [12].

Хвостохранилища представляют собой плоские участки территории, расположенные на склонах крутизной до 25-40° между гор. В настоящее время наиболее опасным в данном участке является хвостохранилище Туюк-Суу, расположенное в устье реки Туюк-Суу, где происходят геоморфологические процессы (оползни). Известно, что воды из реки Туюк-Суу впадают в р. Коко-Мерен и далее - в р. Нарын и р. Сырдарью (Рис.9, 10).

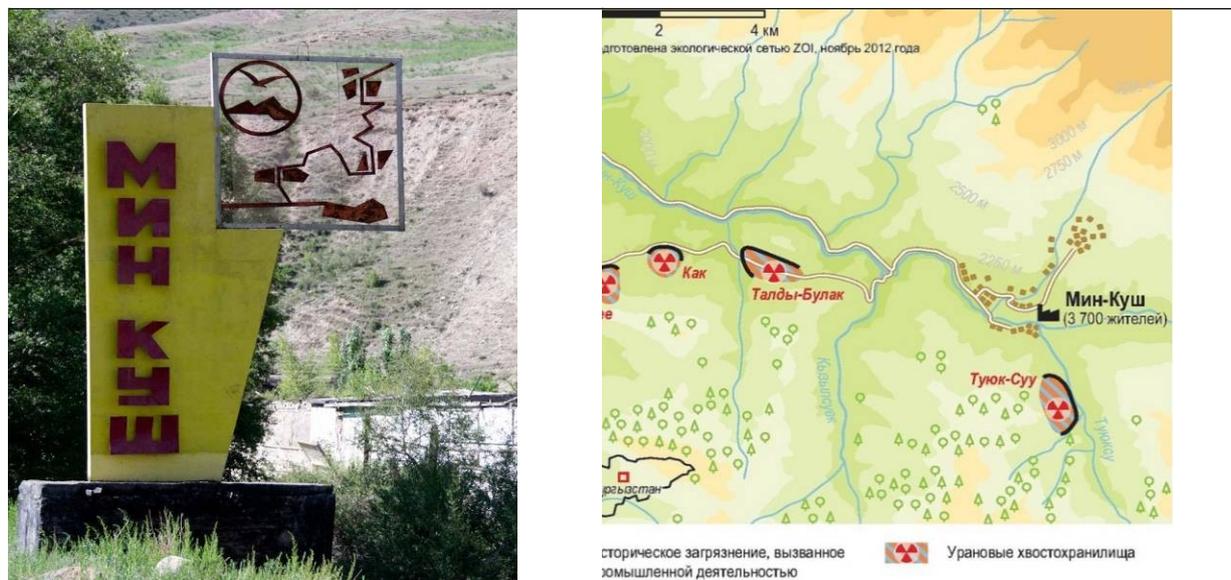


Рис.9. Урановая природно-техногенная провинция Мин-Куш.



Рис.10. Общий вид хвостохранилища Туюк Суу

По результатам исследований установлено, что радиационный фон на территории участка хвостохранилищ «Туюк-Суу» и «Как» повышен. Мощность экспозиционной дозы на хвостохранилище Туюк-Суу колеблется в пределах 60-65 мкР/ч и на хвостохранилище «Как» 60-75 мкР/ч соответственно (табл.2). В данной провинции преобладают среднемощные почвы с залеганием каменисто-галечниковых

отложений с глубины 20-50см. 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. В целом, почвы геохимической провинции Мин-Куш в значительной степени обогащены ураном, т.к. концентрация урана в них в 5-6 раз выше, чем в почвах Кыргызстана.

Таблица 2

Уровень радиационного фона в техногенной провинции «Мин-Куш»

№ точек	Место положение	Высота над уровнем моря	Координаты	Экспозиционная доза, мкР/ч
1	Хвостохранилище Туюк-Суу	2104 м	N- 41° 39,531'' E - 074° 28,050''	60-65 мкР/ч, Локально 100-150 мкР/ч
2	пгт. Мин-Куш, 17-площадка	2107 м	N- 41° 40,876'' E - 074° 26,919''	35-38 мкР/ч
3	Хвостохранилище «Дальний»	2018 м	N- 41° 41,160'' E - 074° 21,792''	50-55 мкР/ч Локально 200-250 мкР/ч
4	Хвостохранилище-Талды-Булак	1926 м	N- 41° 40,922'' E - 074° 23,734''	50-55 мкР/ч
5	Хвостохранилище «Как»	1938 м	N- 41° 41,054'' E- 0,74° 22,572''	60-75 мкР/ч Локально 150-200 мкР/ч
6	с.Кок-Ой	1562 м	N- 41° 52,828'' E- 0,74° 25,412''	18-25 мкР/ч

На хвостохранилищах Как, Дальнее и Талды-Булак, на штольнях, находящихся

на территории жилых площадок 17 и 21, а также на территории старого завода отме-

чена повышенная удельная активность радионуклидов (табл. 3), наибольший показатель ^{238}U , ^{226}Ra отмечен в точках MSD-04 (хвостохранилища «Дальний») и MSK-

04 (хвостохранилища «Как»), статистически достоверно превышающий контрольный уровень радионуклидов в почве точки MSA-05 ($p < 0,05$).

Таблица 3

Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах

№	Шифр проб	рН	Удельная активность, Бк/кг ($M \pm m$)							
			^{238}U	\pm	^{232}Th	\pm	^{226}Ra	\pm	^{40}K	\pm
1	MST-01	8,20	121,5	15	45,7	3,68	287,6	29,16	418	26
2	MSTB-02	7,85	54,6	7	27,6	1,7	106,2	7,4	590	36
3	MSK-04	8,35	203,3	25	33	2	991,0	31	483	25
4	MSD-04	7,85	210,2	26	40,5	2,2	495,7	22	351	22
5	MSA-05	7,10	37,5	4	32	1,8	47,6	10	406	25

Нами также проведены замеры радиационного фона в некоторых жилых домах пгт. Мин-Куш. Результаты исследований показали, что в жилых помещениях, по сравнению с ПДК, радиационный фон немного повышен (до 2 раз) и поэтому требуются определенные мероприятия для его снижения. Основные причины, вызывающие небольшое повышение уровня радиационного фона, связаны с тем, что в своё время для строительства использовали шлаки из местного угля.

Ак-Тюзская редкоземельно-радиоактивная провинция расположена на территории Чуйской области Кыргызстана, в верхней части долины реки Кичи-Кемин - бассейн реки Чу. Рельеф местности - сложный, горный. Абсолютные высоты превышают 2000 м над ур. м.

Рудное поле данного региона характеризуется чрезвычайно сложной структурой и охватывает около 30 рудопроявлений свинца и редких металлов. В его пределах широко развиты как пликативные, так и дизъюнктивные нарушения, многократно проявляющиеся в течение всей истории геологического развития, начиная с докембрия. В пределах месторождения развиты окисленные и сульфидные руды. В промышлен-

ных концентрациях установлено наличие: Pd, Zn, Sn, Mn, Cu [3,4]. В районе п. Ак-Тюз расположены 4 хвостохранилища. Заскладировано 3,9 млн. м³ отходов полиметаллических руд, которые занимают 117 тыс. м², средний гамма-фон составляет 60-100 мкР/час, в аномальных участках до 1000 мкР/час.

С 1995 по 1999 гг. работы по поддержанию гидротехнических сооружений не проводились. В 2000 г. выполнены мероприятия по поддержанию гидротехнических сооружений хвостохранилищ №1 и №3. Наблюдается интенсивный смыв защитного слоя хвостохранилища №1 и ветровая эрозия поверхности хвостохранилища №3, с разрушением прилегающей территории (рис.11).

Согласно радиометрическим измерениям, средняя мощность экспозиционной дозы гамма излучения в п. Ак-Тюз составляет 21,3 – 33,0 мкР/час, а вокруг поселка в радиусе 1 км – 28,8 мкР/час. Гамма-фон в районе обогатительной фабрики составляет 75,4 мкР/час, в самом отстойнике – 280-320 (местами до 400 мкР/час), возле рудников (карьера) – 180-200 мкР/час. Естественный гамма-фон в ущельях Кичи-Кемин составляет до 30,4 мкР/час (табл. 4).

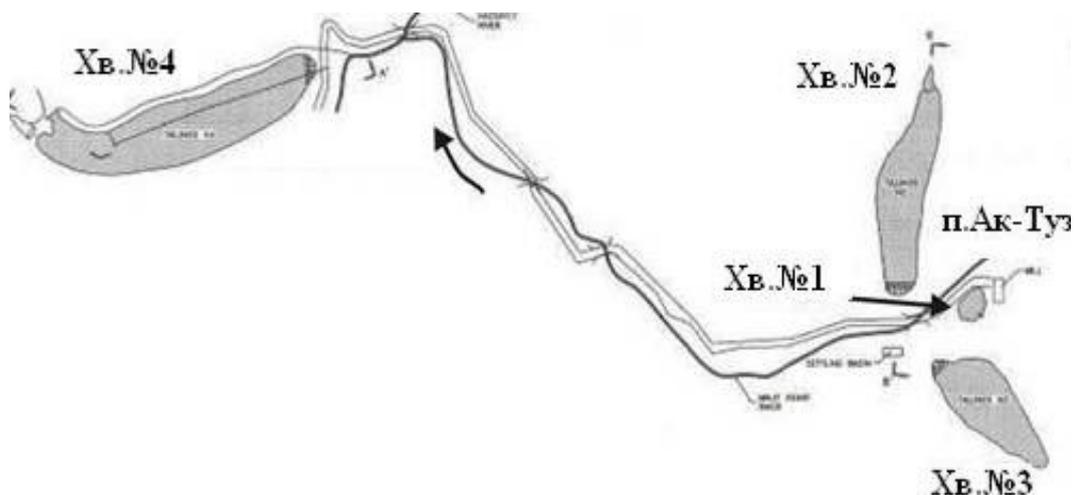


Рис. 11. Ак-Тюзские хвостохранилища №1-4 в долине реки Кичи-Кемин

Таблица 4

Уровень радиационного фона в техногенной провинции Ак-Тюз

№ то-чек	Местоположение	Координаты	Экспозиционная доза (на высоте 10 см от земли), мкр/ч
1	Карьер (рудник)	N -42.860324 E - 76.118930	180-200 мкр/ч, местами до 290 мкр/ч
2	Дорога к карьере, отвал	N- 42.868963 E 76.122551	110-125 мкр/ч
3	Хвостохранилище №1	N- 41°40,922'' E - 074°23,734''	55-65 мкр/ч
4	Место аварии, левый берег речки	N- 42.872439 E- 76.120916	65-75 мкр/ч Локально 70-150 мкр/ч
5	Хвостохранилище №2	N- 42.871243 E- 76.107867	46-75 мкр/ч, локально 180-200 мкр/ч
6	Хвостохранилище 4	42. 495431 76. 013400	80-90 мкр/ч, локально 240-260мкр/ч
7	Поселок Ак-Тюз, Хим. лаборатория Актюзского рудника	42°52.581 76°07.490	85,6мкр/ч
8	Отстойник	42. 52.248 76. 07.501	280-320 мкр/ч, местами до 400 мкр/ч
9	Горно – обогатительный-	42°52.2119	75,4мкр/ч

	комбинат	76. 072842	
10	На выезде из п. Ак-Тюз, в 1 км от центра, ниже трубопровода в штольню	42°52.358 76°07.251	30,4 мкр/ч

Почвенный покров провинции Ак-Тюз характерен для среднегорных территорий Кыргызстана, горно-луговые черноземовидные субальпийские. По механическому составу чаще средне- и тяжелосуглинистые. Гумуса в верхних горизонтах содержится 4-8%. Реакция почвенной среды (рН) колеблется от нейтральной до слабокислой (6,5-6,87-7,0). В гумусовом горизонте эти почвы содержат до 0,35% валового азота и 0,15-0,30% фосфора. Особенно богаты калием, количество которого колеблется в пределах 2,2 - 2,6%. Результаты удельной активности

радионуклидов в почвах техногенной провинции Ак-Тюз представлены в таблице 5. Удельная активность U в почве варьирует в пределах 26-131,7Бк/кг, повышенные уровни характерны для точек: АТП-01-07 – 101,7 Бк/кг; АТП-05-07 - 131,7 Бк/кг, повышено содержание тория, особенно в точках АТП-01-07 – 323,8 Бк/кг и АТП-05-07 – 253,4 Бк/кг, статистически достоверно превышающий контрольный уровень удельной активности радионуклидов в почве АТП-04-07 ($p < 0,05$) (табл. 5).



Рис.12. Точки отбора проб почвы техногенной провинции Ак-Тюз

Таблица 5

Удельная активность радионуклидов в почвах техногенной провинции Ак-Тюз

Места отбора проб	U/ ²³⁴ Th	Ra/ ²¹⁴ Pb	²³² Th/ ²²⁸ Ac	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
АТП-01-07	101,7± 12,6	93,3± 28,3	323,8± 13,2	382± 23,6	2,3± 0,07
АТП-02-07	26±3,2	41,2± 9,1	132,4± 5,3	257± 16,7	0,3± 0,01
АТП-03-07	50,9±6, 3	28,7± 9,9	42,8±1, 7	492± 30,6	0,4± 0,01
АТП-04-07	50,8±6,	28,8±	42,8±1,	492±	0,4±

	3	9,9	7	30,6	0,01
АТП-05-07	131,7± 16,3	72,1± 12,4	253,4± 10,1	352± 22,5	0,5± 0,02

Природная радиоактивность определяется, в основном, родоначальниками и продуктами распада урана-238, урана-235 и тория-232, а также калием-40. На участках геологической среды, подвергшейся техногенному воздействию, возможно нарушение радиоактивного равновесия в указанных цепочках распада, а также существенное обогащение по отдельным изотопам. Повышенные концентрации тория и урана в почвах Ак-Тюзского месторождения вероятно связаны с активизацией природных геохимических процессов в результате техногенного нарушения сплошности горных массивов.

Природно-техногенный участок Каджи-Сай расположен в Тонском районе Иссык-Кульской области. Горнорудный комбинат Каджи-Сай Министерства среднего машиностроения СССР функционировал с 1948 по 1969 гг. по переработке урановой руды, который впоследствии был преобразован в электротехнический завод. Отходы производства и промышленное оборудование были захоронены, образовав хвостохранилище с общим объемом урановых отходов 400 тыс.м³, представляющие собой смесь отходов обогатительной фабрики, пустой горной породы и остатков процесса переработки угольной золы, из которой извлекался уран (рис.13) [4,5].

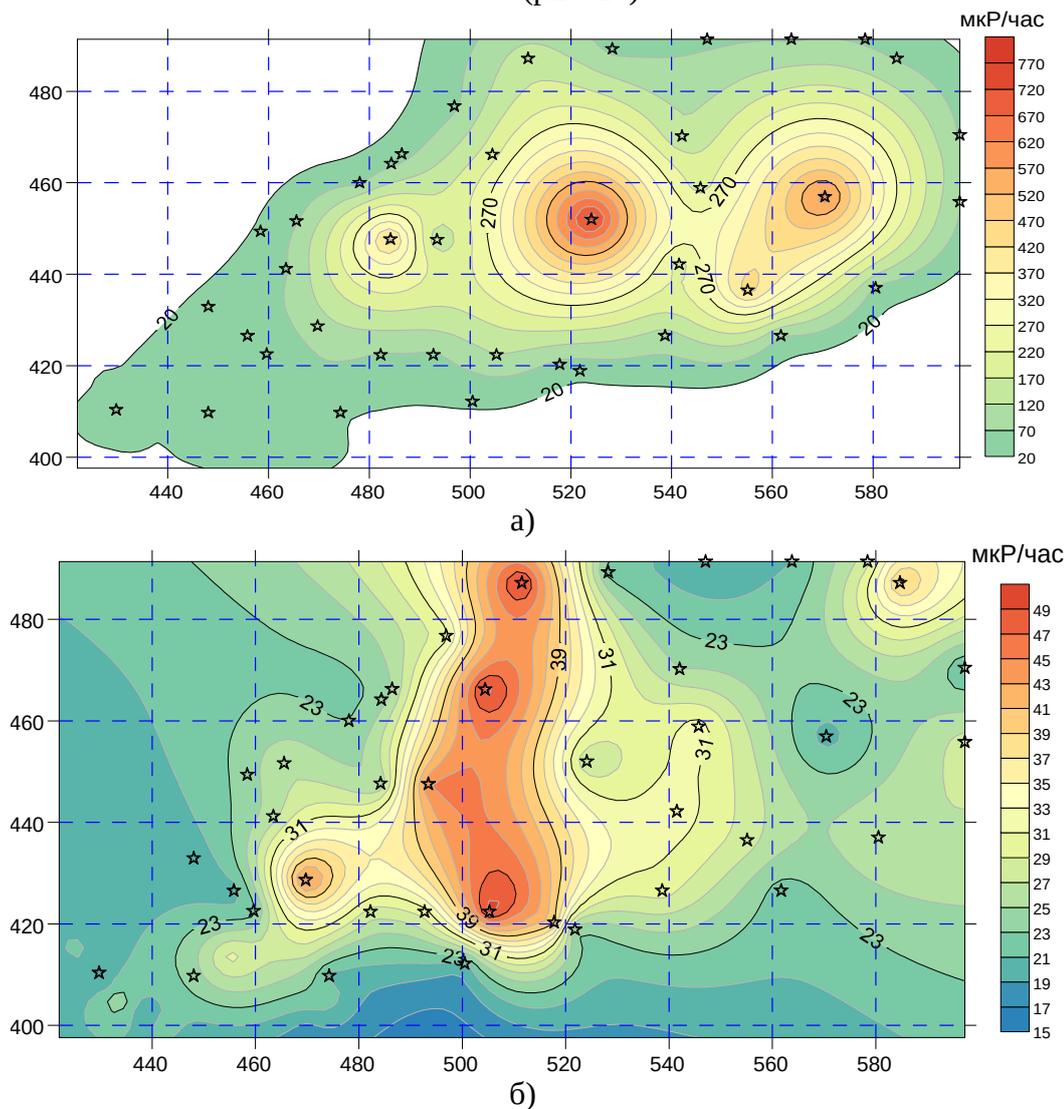


Рис.13. Современное состояние хвостохранилищ

На поверхности хвостохранилища покрытым грунтом мощность экспозиционной дозы гамма-излучения составляет в среднем 30-60 мкР/час. Высокий уровень радиационного фона отмечается в местах разрушения защитного покрытия до 600 мкР/ч. Участки с повышенными уровнями радиационного фона (120-200 мкР/ч) сохраняются и на территории

бывшей промзоны, в местах складирования золы бурых углей, а также на участках бывшего экстракционного производства. По результатам измерений нами составлены карты-схемы пространственного распределения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории хвостохранилища. Такой методический подход использовали

на изучаемых участках до и после восстановления защитного слоя МЧС КР (рис. 14).



Примечание - * - точки измерений

Рис.14. а) В местах нарушения защитного покрытия,
б) Послевосстановления защитного слоя

Из таблицы 6 видно, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на территории хвостохранилища, отстойников 1-3,

промплощадки и вокруг хвостохранилища до 200 м ниже безопасного уровня (50 мкР/час) и варьирует в пределах 22-45 мкР/ч.

Таблица 6

Уровень радиационного фона на территории урановой природно-техногенной провинции Каджи-Сай

Место измерения	На поверхности почвы (мкР/час)	От поверхности почвы на высоте 1 м (мкР/час)
Русло реки в районе хвостохранилища	20-35	15-28
Отстойник № 1	20-35	30
Отстойник № 2	20-35	30
Отстойник № 3	18-30	25
Завод по переработке угольных шлаков	20-45	20 – 35
Хвостохранилище	20 - 40	20-37

Выше хвостохранилища (200 м)	22-28	20
Выше хвостохранилища (1 км стороны горы)	27 - 34	25
Жилая зона	19 - 25	12 - 20

Гамма-спектрометрическим анализом установлена радиоактивность почв прилегающей территории хвостохранилища Каджи-Сай и ^{238}U , ^{234}U , ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{230}Th , ^{210}Pb , ^{226}Ra и ^{40}K (табл. 7).

Таблица 7

Активность почв в районе расположения Каджи-Сайского хвостохранилища

Место отбора образцов	U-238	U-234	Th-230	Ra-226	Pb-210	Th-228	Ra-228	K-40
	Бк/кг (M±m)							
Склон напротив отстойника 1	105± 6	5± 3	MDA	134± 9	146± 10	49± 1	51± 6	871± 24
Дно ручья из района отстойника	126± 7	6± 4	MDA	98± 3	107± 11	73± 3	56± 7	743± 24
Промплощадка, отвалы золы	157± 14	MDA	MDA	117± 9	114± 14	54± 5	44± 5	305± 23
Промплощадка, пятно 140мкР/ч	3152± 148	154± 44	15513± 1265	10643± 75	12121± 204	46± 8	MDA	899± 187
Зола из цеха №1 ТЭЦ	2483± 160	120± 39	MDA	2551± 182	2674± 157	82± 9	105± 50	514± 213
Зола на территории цеха №2 ТЭЦ	3736± 174	184± 44	3183± 228	3383± 228	3462± 172	42± 4	53± 27	443± 78
7.Отстойник №1, Шурф. 70 см	2338± 353	113± 21	5403± 960	294± 29	251± 14	63± 5	69± 10	333± 34

Из таблицы видно, что если сравнить концентрации ^{228}Th и ^{228}Ra , то примерно на одном уровне, а ^{40}K во всех исследованных участках в районе хвостохранилища по отношению к ^{228}Th и ^{228}Ra в среднем в 10 - 15 раз больше. ^{230}Th обнаружен только на 3-х участках и концентрации их находятся на достаточно высоком уровне, особенно в грунте, на поверхности в районе промплощадки (пятно 140 мкР/ч) – 15513 ± 1265 . Концентрации ^{210}Pb и ^{226}Ra на 1 – 3 и 7 участках, в среднем на одном уровне, и отличаются до 2-3 раз, максимальное аккумулятивное наблюдается на 4 – 6 участках. В грунте, на поверхности в районе промплощадки и на хвостохранилище, золе из цеха и на территории промплощадки (пятно 140 мкР/ч) активность ^{210}Pb и ^{226}Ra достаточно высокая (^{210}Pb – 12121 ± 204 и ^{226}Ra – 10643 ± 75).

Результаты исследований показали, что концентрация данных радиоактивных

элементов повышена, по сравнению с другими участками в провинции: грунт на поверхности в районе промплощадки, зола из цеха ТЭЦ, грунт и зола на территории и отстойник № 1.

Заключение. Одной из важных экологических проблем Кыргызстана являются урановые хвостохранилища, оставленные как наследие оборонной промышленности Советского Союза, представляющие угрозу окружающей среде и здоровью населения. В настоящее время на территории Кыргызстана существует 55 хвостохранилищ объемом более 132 млн. м³ на площади 770 га, 85 горных отвалов объемом 700 м³, занимающие свыше 1500 га, в том числе 31 хвостохранилище и 25 отвалов – отходы уранового производства, объемом 51,8 млн. м³.

В прошлом при выборе мест закладки хранилищ радиоактивных отходов, методов их проектирования, эксплуатации и контро-

ля были допущены серьёзные просчеты. В результате природных стихийных явлений (землетрясения, оползни, сели, и др.) ряд урановых хвостохранилищ повреждён риску разрушения, возрастает угроза радиоактивного загрязнения территории республики.

На территории урановой природно-техногенной провинции Майлуу-Суу расположены 23 хвостохранилища общим объемом 1374 тыс. м³ радиоактивных отходов и 13 горных отвалов некондиционных руд объемом 5845,6 тыс. м³. Средняя мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на поверхности хвостохранилищ составляет 30-60 мкР/час, на локальных участках превышает 500 мкР/час. На территории хвостохранилища №1, где имеется выход хвостовых материалов на поверхность удельная активность радионуклидов повышена: ²³⁸U-2044 Бк/кг, ²²⁶Ra-10662,1 Бк/кг, ²¹⁰Pb-7065,13 Бк/кг ($p < 0,05$).

В районе Ак-Тюзской редкоземельно-радиоактивной провинции расположены 4 хвостохранилища. Заскладировано 3,9 млн. м³ отходов полиметаллических руд, которые занимают 117 тыс. м², средний гаммафон составляет 60-100 мкР/час, в аномальных участках до 1000 мкР/час. На отдельных участках хвостохранилищ повышена удельная активность урана и тория, статистически достоверно превышающий контрольный уровень ($p < 0,05$).

На территории урановой природно-техногенной провинции Мин-Куш хвостовой материал переработки руды и золы с остатками урана складировали в четырех хвостохранилищах провинции Мин-Куш (Туюк-Суу, Талды-Булак, Как и Дальний) с радиоактивными материалами – объемом 1,15 тыс. м³, площадью 196,5 тыс. м². В настоящее время наиболее опасным в данном участке является хвостохранилище Туюк-Суу, расположенное в устье реки Туюк-Суу, где происходят геоморфологические процессы (оползни). Известно, что воды из реки Туюк-Суу впадают в р. Коко-Мерен и далее в р. Нарын и р. Сырдарью.

Близкое расположение объектов с радиоактивными отходами к границам прилегающих государств Центральной Азии, а также их расположение на водосборах рек, имеющих трансграничный характер, водный сток, который в случае аварийных ситуаций может способствовать расширению границ загрязнения. Особо актуальным является необходимость регулярного мониторинга хвостохранилищ и отвалов, имеющих трансграничный характер (Майлуу-Суу, Ак-Тюз, Мин-Куш).

Представленные результаты радиоэкологических исследований имеют практическое применение в целях мониторинга окружающей среды и радиационной безопасности горных экосистем, разработки мероприятий по снижению радиационных рисков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елютин Д.Н., Рязанцева В.Д., Кнауф В.И. и др. Геология СССР. Киргизская ССР. Полезные ископаемые. М.: Недра. 1985. Т.25. 251с.
2. Дженбаев, Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиоэкологии и радиационной безопасности бывших

урановых производств в Кыргызстане // Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т.53. № 4. С.428-431.

3. Дженбаев, Б.М., Мурсалиев А.М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. Бишкек: Илим. 2012. 404 с.

4. Djenbaev B.M., Kaldybaev B.K., Zholboldiev B.T. Problems of Uranium Waste and Radioecology in Mountainous Kyrgyzstan Conditions Radioactive, Waste Rehab Abdel Rahman, IntechOpen. Available from: <https://www.intechopen.com/books/radioactive-waste/the-problem-of-uranium-tailings-and-radioecology-in-mountainous-kyrgyzstan>.
5. Торгоев, И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек:Илим. 2009. 240с.
6. Менг, С. В. Радиационная обстановка на территории Республики. Опасные отходы производства //Национальный доклад о состоянии окружающей среды 1998-1999гг. ПКОО «САЛАМ». Бишкек. 2000. С.76-82.
7. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана / Ю. Г. Быковченко, Э. И. Быкова, Т. Белеков и др. Бишкек: Алтын тамга. 2005. 171 с.
8. Дозиметрические и радиометрические методики / под ред. Н.Г. Гусева, У.Я. Маргулиса, А.Н. Маря. М.: Атомиздат. 1966. С.28-144.
9. Мамытов, А.М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской республики. Бишкек:Кыргызстан, 1996. 288 с.
10. ГОСТ 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы. М.: Стандартиформ. 2009. 60 с.
11. Буркуитбаев, М. М. Методические указания к лабораторным работам по радиационной химии “Основы гамма-спектрометрического анализа”. Алматы: Казак ун-ти. 2006. 48 с.
12. Алешин Ю.Г., Торгоев И.А., Лосев В.А. Радиационная экология Майлуу-Суу. Бишкек: Илим. 2000. 96 с.
13. Карпачев Б.М., Менг С.В. Радиационно-экологические исследование в Кыргызстане. Бишкек: Илим. 2000. 100 с.
14. Васильев И.А. Радиоэкологические проблемы уранового производства. Бишкек: Илим. 2006.106 с.
15. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К. Современное состояние Иссyk-Кульской урановой радиобиогеохимической провинции// Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т.53. № 4. С.432-440.
16. Djenbaev Bekmamat, Kaldybaev Bakit, Toktoeva Tamara, Kenjebaeva Aigul // Radiobiogeochemical Assessment of the Soil Near the Issyk-Kul Region. Journal of Geological Resource and Engineering. Volume 4. Number 1. 2016. P.39-44.

