

УДК 574.9 (575.2)

*Жолболдиев Б.Т., *Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Токтоева Т.Э.

Биолого-почвенный институт НАН КР

ИГУ им. К.Тыныстанова

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ БИОСФЕРНОЙ ТЕРРИТОРИИ «ИССЫК-КУЛЬ»

Установлена мощность экспозиционной дозы радиационного фона в прибрежной зоне оз. Иссык-Куль. Определены основные радионуклиды, суммарная альфа и бета активность, а также объемная концентрация радона в объектах окружающей среды

Иссык-Кульская область является особо охраняемой природной территорией, которая имеет международное значение и занесена во всемирную сеть биосферных территорий, в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Озеро Иссык-Куль также является объектом национального и международного туризма. Успешному развитию туристической отрасли в Иссык-Кульской области благоприятствуют природно-климатические условия. Иссык-Кульская межгорная впадина, с севера и юга обрамлена хребтами Терскей- и Кунгей-Ала-Тоо. Значительную часть впадины занимает солончатое озеро Иссык-Куль, находящееся на высоте 1609 м над уровнем моря.

Исследованиями проф. В.В. Ковальского и И.Е. Воротницкой (1962) было установлено, что Иссык-Кульская межгорная впадина представляет собой естественную урановую биогеохимическую провинцию. Её территория характеризуется повышенным естественным содержанием урана и дочерних продуктов его распада в геологической среде и подземных водах. С другой стороны, имеется также ряд высокоактивных техногенных источников радиоактивности - это хвостохранилища переработки радиоактивного угля в поселке Каджи-Сай Тонского района [3,4,6,7,9,10,14].

Известно, что программа устойчивого развития региона связана с оценкой радиационного воздействия на население, так как отсутствие общедоступных данных в этой области порождает среди населения радиофобию, что в свою очередь затрудняет создание положительного имиджа Кыргызской Республики, в которой значительная часть экономического развития связывается с туризмом.

Для проведения гамма – съемки местности использовался дозиметр – радиометр ДКС-96. Измерения проводились в соответствии с инструкциями МАГАТЭ по наземному обследованию радиационной обстановки.

Для определения изотопного состава радионуклидов в объектах окружающей среде использован гамма спектрометр “Canberra” (модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS).

Для определения суммарной альфа и бета-активности проб воды использовался альфа-бета радиометр УМФ-2000.

Метод измерения радона (Rn) - 222 в почве и воде проводился по установленным методическим рекомендациям с последующей регистрацией альфа-излучения $RaA(^{218}Po)$.

Радиометрической съемкой установлено, что уровень радиации в Иссык-Кульской биосферной территории сравнительно невысокий и колеблется от 15 до 40 мкР/час. Поскольку данная котловина является естественной урановой биогеохимической провинцией, на отдельных её участках имеются места с повышенным радиационным

фоном. Например, на отдельных прибрежных участках встречаются повышенные естественно радиационно фоновые зоны.

С. Джениш и с. Ак-Терек. Нами установлены на южном берегу оз. Иссык-Куль повышенные радиационные фоновые участки. Эти участки на россыпях ториевых песков южного берега озера в районе с. Джениш и с. Ак-Терек, где мощность дозы варьирует от 25 до 52 мкР/час, реже 58-102, местами в отдельных точках доходит до 300 мкР/час.

Используя цифровые данные по этим двум участкам при компьютерной обработке экспериментальных данных (пакет прикладных программ “Surfer-12”), нами составлена карта-схема распространения мощности дозы γ -излучения на участках с. Жениш и Ак-Терек (рис. 1). Использование названного пакета программ позволило получить изолинии, характеризующие изменения МЭД по площади. Для более наглядного представления полученных результатов различные пределы изменений МЭД представлены в цветном изображении, а соответствующая шкала значений МЭД приводится рядом с рисунком. Результаты измерений мощности дозы гамма-излучения (МЭД) даны в мкР/час. По рисунку 1 видно, что естественные радиационные фоновые участки - береговая зона пляжей с. Жениш и с. Ак-Терек и мощность дозы гамма-излучения в основном меняется в интервале 30 – 60 мкР/час. Меньшую распространенность имеют мощности дозы γ -излучения порядка 100 мкР/час и более.

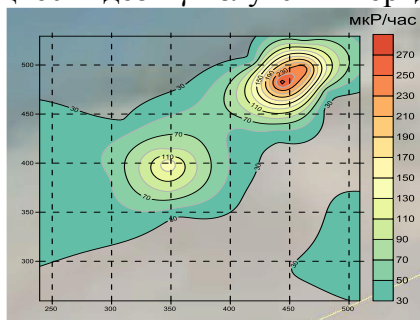


Рис.1. Схема пространственного распределения мощности дозы γ -излучения на участках с. Жениш и с. Ак-Терек

Пгт. Каджи-Сай. 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 [1, 2, 5, 6, 8, 11, 13].

Отходы в данной урановой провинции являются смесью отходов обогатительной фабрики, угольной золы от бывшей теплоэлектростанции, пустой горной породы и остатков процесса переработки угольной золы, из которой извлекался уран. Очевидно, что предыдущие попытки обеспечить защитным покрытием хвостохранилище были неэффективны, так как покрытия часто разрушались природными явлениями и местным населением, которое раскапывало отвалы для получения металлолома, как источника дохода и др. (рис. 2).

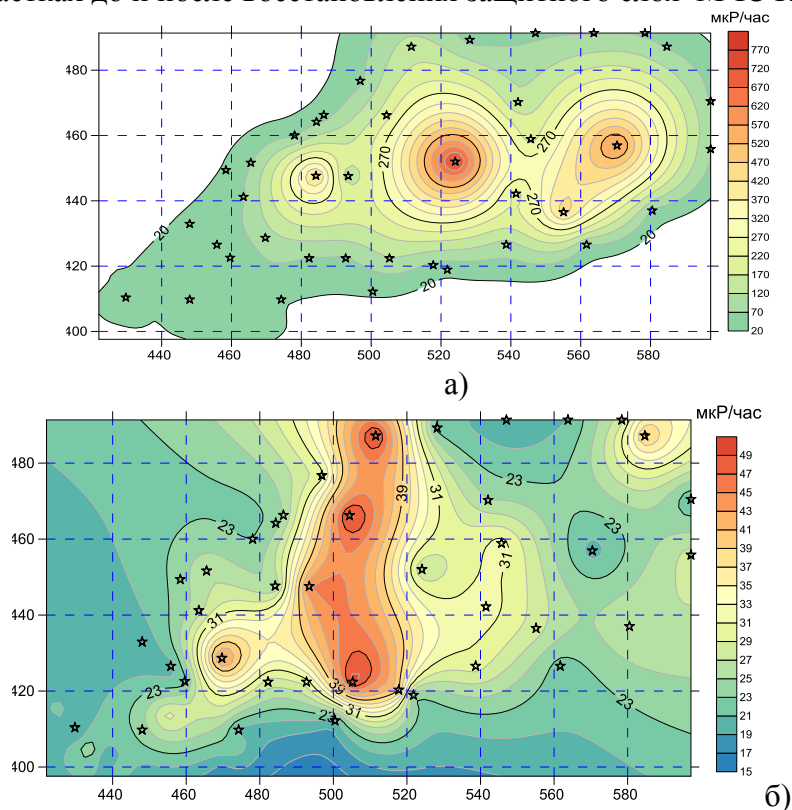
На поверхности покрытых грунтом золоотвалов и хвостов в Каджи-Сайском природно-техногенном участке МЭД гама-излучения составляет в среднем 30-60 мкР/час. По данным наших исследований, здесь имеются участки с аномально высокими уровнями мощности экспозиционной дозы 600 - 1500 мкР/час (до 15 мкЗв \times ч⁻¹). Высокие уровни МЭД отмечаются в местах нарушенного защитного покрытия в результате раскопок, которые совершаются местными жителями или природной: дожди, эрозии водная и ветровая. Участки с повышенными МЭД (120-200 мкР/час) сохраняются и

на территории бывшей промзоны, в местах складирования золы бурых углей, а также на участках бывшего экстракционного производства.



Рис. 2. Современное состояние хвостохранилищ

По результатам измерений в местах разрушения защитного покрытия в результате раскопок и др. техногенной составляющей нами составлена схема пространственного распределения мощности дозы γ -излучения. Такой методический подход использовали на изучаемых участках до и после восстановления защитного слоя МЧС КР (рис.3).



Примечание - ★-точка отбора

Рис. 3. а) в местах нарушения защитного покрытия, б) после восстановления защитного слоя

Из таблицы 1 видно, что в целом состояние данной провинции: русло реки в районе хвостохранилища, отстойники 1-3, промплощадки и местность вокруг хвостохранилища до 200 м, мощность экспозиционной дозы на уровне фона или немного выше, но ниже принятой нормы в республике (60 мкР/час) (рис.4).

Таблица - 1. Уровень гамма-фона в техногенной урановой природно-техногенной провинции Каджи-Сай

Месторасположение точки	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

Отстойники расположены ниже хвостохранилищ состояние их удовлетворительное. Уровень радиационного фона варьирует от 22 до 40 мкР/ч, что ниже допустимого уровня.

Нами также проводились измерения прибрежных зон оз. Иссык-Куль (участки - Балыкчы; Чолпон-Ата; Орто-Орукту; Тюп; Джети-Огуз; Ак-Терек; Джениш; Каджи-Сай; Кольцовка устье 5-ти рек – Тюп, Жыргалан, Джети-Огюз, Ак-Терек и Барскон). Мощность природного радиационного фона по гамма-излучению прибрежной зоны озера составляет в среднем от 17 до 25 мкР/ч, на отдельных участках до 40 мкР/ч.

По мере удаления от озера в сторону склонов гор МЭД в отдельных местах возрастает до 40 мкР/ч, особенно в некоторых горных местностях, ущельях, основу которых составляют горные породы, граниты, мелкие их обломки, красный песок, имеющие слегка повышенную радиоактивность (Табл.2). Небольшие участки прибрежной полосы озера Иссык-Куль, чаще всего грязевые отложения с характерным слюденным блеском, дающие повышенный радиационный фон. К таким участкам можно отнести: берег с. Тосор – 40-50 мкР/ч, берег западнее 10 км с. Каджи-Сай – 32-40 мкР/ч, берег около с. Тору-Айгыр – 30 мкР/ч, берег около с. Тамчи – 40-50 мкР/ч и др.

По результатам измерений радиационного фона природных и техногенных участков прибрежной зоны оз. Иссык-Куль составлена карта-схема мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения на территории Прииссыккуля (Рис.4).

Таблица - 2. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения прибрежных участков оз. Иссык-Куль

№	Место измерения		МЭД (мкР/час)
1	г. Балыкчы северо- восток	10-30 м от озера	13-27
2	г. Чолпон-Ата	Биостанция БПИ, 20 от озера, 50 от озера	21-27 23-32
3	с. Орто-Орукту	300 от озера	35-41

		Горячий источник, 500 м от озера	33-35
4	Тюпский залив	10-20 м от р. Тюп	17-22
5	с. Михайловка (мост)	5-20 м от р. Джыргалан	23-30
6	с. Джети-Огуз 800 м от озера	р. Джети-Огуз, 10-20 м от реки	27-36
7	с. Ак-Терек	10-30 м от озера	52-96
8	с. Жениш	10-30 м от озера	58-102
		10-30 м от озера	230-390
9	п. Каджы-Сай	20-40 м от озера	21-40
10	Бухта Кольцовка	20-30 м от озера	21-32
11	с. Бар-Булак (гор. источник)	1200 м от озера	20-42

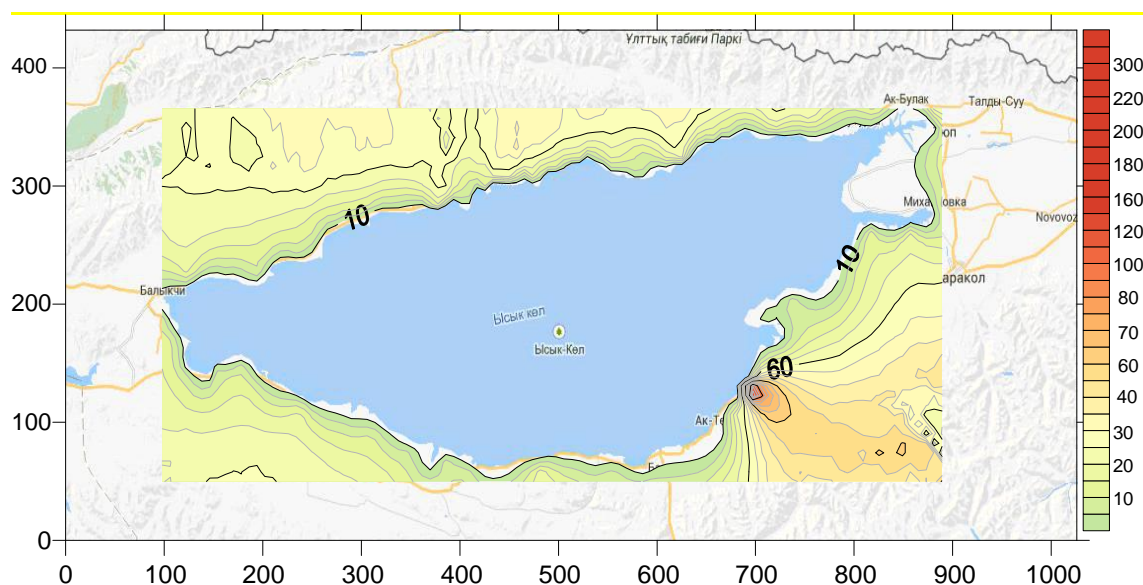


Рис. 4. Карта-схема мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения в прибрежных зонах оз. Иссык-Куль

Суммарная альфа- и бета активность почв. Из табл. 3 видно, что на территории природно-техногенной урановой провинции Каджи-Сай суммарная активность альфа- и бета-излучающих радионуклидов прибрежной зоны в песчаной почве ниже по сравнению с другими типами почв.

Известно, что с увеличением в почве содержания органической составляющей уменьшается степень выщелачивания как α -, так и β - излучающих радионуклидов. Результаты показывают, что суммарная $\Sigma\alpha$ – активность в песчаной фракции по сравнению с глинистой фракцией до 10 раз ниже, а суммарная $\Sigma\beta$ - активность до 3 раза ниже.

Таблица – 3. Суммарная активность альфа- и бета-излучающих радионуклидов ($\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$) в различных типах почв, Бк/кг

	Песчаная почва (прибрежная)	Светло-бурые	Горно-долинные светло-каштановые	Горно-долинные каштановые
$\Sigma\alpha$	180 ± 60	260 ± 40	280 ± 100	330 ± 80
$\Sigma\beta$	340 ± 30	480 ± 50	530 ± 50	560 ± 40

Таблица – 4. Суммарная активность альфа- и бета-излучающих радионуклидов

Песчаная фракция		Глинистая фракция	
$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$	$\Sigma\alpha$	$\Sigma\beta$
100 ± 50	360 ± 50	930 ± 260	980 ± 70

Изотопный состав почвенного покрова. По нашим исследованиям удельная активность урана и других естественных радионуклидов в почвенном покрове не высокая за исключением техногенно загрязненных участков. В верхних слоях почвы удельная активность естественных радионуклидов выше по сравнению с нижними слоями, а в ториевых песках сел Ак-Терек и Жениш относительно других участков удельная активность выше в 3 - 20 раз (табл. 5).

Нами также изучено современное состояние изотопного состава в отстойниках по горизонтам (отбирались колонки грунта из шурфов седиментационных отстойников). Из рисунков рис. 5 видно, что на 2-м отстойнике уровень изотопа Pb-210 сравнительно выше, по сравнению с другими изученными изотопами радионуклидов в верхнем слое отстойника (до 0-30 см), а в нижних слоях он немного снижается, но при этом повышается уровень U-238 от 100 до 150 Бк/кг.

В отстойнике 3 по Pb-210 наблюдается такая же картина, как и во втором отстойнике, а по U-238 наблюдается резкое повышение изотопного состава на втором слое почвенного покрова от 360 до 540 Бк/кг и ниже уровень концентрации резко снижается до 160 Бк/кг. По остальным изотопам высокий уровень концентрации не обнаружен.

Таблица – 5 Фоновые значения содержания альфа-активных изотопов в почвах вокруг оз. Иссык-Куль

Место отбора	Слой см	Активность почв по изотопам, Бк/кг				
		U-238	Ra-226	Pb-210	Th-228	Ra-228
Кара-Ой	0-5	70,8±12,1	35,8±4	120,8±10	37,8±2,3	35,8±2,3
	5-10	50,8±6,1	38,8±3,4	63,8±12	47,8±1,3	65,8±2,5
	10-15	42,5±1,1	36,8±2,4	50,8±7,2	45,7±1,8	52,8±3,5
	15-20	52,5±6,5	46,8±3,2	50,2±7,0	49,7±1,9	53,8±4,5
Кичи-Ак-Суу	0-5	71,8±14,1	51,8±3,4	88,8±12	67,8±3,3	72,8±2,5
	5-10	52,8±4,5	43,2±3,1	72,8±10	43,2±3,2	58,8±12,5
	10-20	54,8±7,5	45,2±3,2	68,8±7,0	63,2±3,8	64,8±7,5
Ак-Терек (ториевый п)	0-5	260,8±30,1	103,8±7,4	170,8±25	915,2±50,3	846,8±70,5

Также нами изучена общая 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. 6). Из таблицы видно, что если сравнить концентрации ^{228}Th и ^{228}Ra примерно на одном уровне, а ^{40}K во всех исследованных участках в районе хвостохранилища по отношению к ^{228}Th и ^{228}Ra в среднем от 10 до 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 отличается до 2-3 раз, и максимальное аккумуляирование 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) активности ^{210}Pb и ^{226}Ra достаточно высокая (^{210}Pb – 12121 ± 204 и ^{226}Ra – 10643 ± 75).

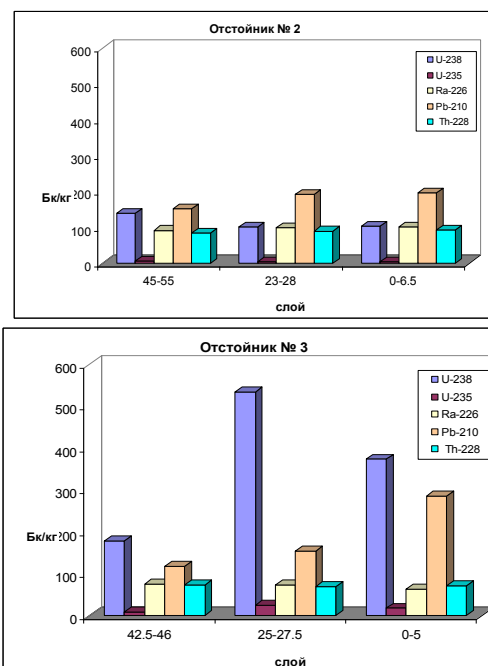


Рис. 5. Изотопный состав почв из отстойника.

Соотношение ^{238}U и ^{234}U . Если сравнительно посмотреть ^{238}U и ^{234}U по участкам в таблице 6 то можно обнаружить два пика: Участок 2 – 3 (18, 11) показали сравнительно низкие концентрации и низкое соотношения ^{238}U и ^{234}U .

1. Участок 1, 4 – 7 (21, 25, 20, 25, 20) отличаются сравнительно высокими концентрациями, до 3 раз, по сравнению с другими исследованными точками, а также соотношения, в среднем, отличаются до 25 раз. Можно утверждать, что концентрация изученных 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.

Таблица - 6 Активность почв в районе расположения хвостохранилища Каджи-Сай

Место отбора образцов	U-238		U-234		Th-230		Ra-226		Pb-210		Th-228		Ra-228		K-40	
	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±	Бк/кг	±
1. Склон напротив отстойника 1	105	6	5	3	MDA	-	134	9	146	10	49	1	51	6	871	24
2. Дно ручья из района отстойника	126	7	6	4	MDA	-	98	3	107	11	73	3	56	7	743	24
3. Промплощадка, отвалы золы	157	14	MDA		MDA	-	117	9	114	14	54	5	44	5	305	23
4. Промплощадка, пятно 140мкР/ч	3152	148	154	44	15513	1265	10643	75	12121	204	46	8	MDA		899	187
5. Зола из цеха №1 ТЭЦ	2483	160	120	39	MDA	412	2551	182	2674	157	82	9	105	50	514	213
6. Зола на территории цеха №2	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

Альфа и бета активность, содержание ^{238}U , ^{226}Ra – в водной среде

Альфа- и бета-активности. В соответствии с нормами СанПиН 2.1.4.002-03 контрольные уровни для питьевой воды альфа-излучателей составляют 0,1 Бк/л, бета-излучателей - 1 Бк/л. Результаты анализов проб речной воды Прииссыккулья показали, что уровни суммарной альфа- активности варьируют в пределах 0,10 – 0,25 Бк/л, бета-активности 0,06 – 0,13 Бк/л, что находится в пределах нормы (табл. 7).

Таблица – 7. Суммарная α - и β - активности радионуклидов в речных водах и озерной воде

Место отбора пробы	Суммарная активность радионуклидов (Бк/л)	
	Альфа-активность	Бета-активность
Р. Каракол	0,25±0,02	0,13±0,01
Р. Тюп	0,23±0,02	0,12±0,01
Р. Джергалан	0,22±0,02	0,11±0,01
Р. Кичи Ак-Суу	0,20±0,02	0,10±0,01
Оз. Иссык-Куль (с. Кара-Ой)	1,80±0,17	1,04±0,1
Оз. Иссык-Куль (с. Ак-Терек)	0,60±0,05	0,44±0,03
Оз. Иссык-Куль (г. Балыкчы)	0,95±0,05	0,65±0,05
Оз. Иссык-Куль с.Каджи-Сай (устье реки)	1,67±0,17	0,88±0,09

В озерной воде средний уровень радиоактивности выше и составил по альфа-активности 0,6 - 1,8 Бк/кг, по бета-активности 0,4 – 1,0 Бк/кг. Следует отметить, что уровень альфа-активности в озере выше, по сравнению с речными водами от 2 до 7 раз, бета-активности от 2 до 6 раз.

В районе техногенных участков пробы воды были отобраны для радиационного анализа из ручьев, которые дренируют в зону расположения уранового хвостохранилища Каджи-Сай и ниже, где стекают по саю в сторону озера, а также в озеро Иссык-Куль в районе устья ручья, у пгт. Каджи-Сай и других прибрежных участках (табл. 8).

Таблица – 8. Уровни альфа-активности в дренажных водах вокруг хвостохранилища Каджи-Сай, а также в озере Иссык-Куль (данные приведены в Бк л⁻¹ (+10%))

Район отбора пробы	$^{234+238}\text{U}$, Бк л ⁻¹	Суммарная альфа- активность Бк л ⁻¹	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	^{226}Ra Бк л ⁻¹
Ручей из зоны хвостохранилища в районе отстойника №1 (после дождя)	4,21	4,5	1,49	0,007
Ручей из зоны хвостохранилища в районе отстойника №2 (до дождя)	10,0	10,2	1,30	0,005
Вода родника из под дамбы хвостохранилища Каджи-Сай	6,4	6,7	1,52	0,025
Озеро Иссык-Куль, зона устья ручья из зоны хвостохранилища	1,67	1,69	1,43	0,015
Оз. Иссык-Куль у пгт. Каджи-Сай	1,19	1,20	1,30	0,014
Оз. Иссык-Куль у пос. Ак-Терек	0,56	1,16	0,60	0,018

Оз. Иссык-Куль у г. Чолпон-Ата	0,79	0,80	1,13	0,01 0
--------------------------------	------	------	------	-----------

Из таблицы – 8 видно, что активность $^{234+238}\text{U}$ Бк л⁻¹ в воде ручьев, в районе отстойника № 1-2 и из дамбы, по сравнению с озером (участки Чолпон-Ата, Ак-Терек) выше от 7 до 18 раз и суммарная альфа-активность Бк л⁻¹ от 5 до 12 раз. Известно, что фоновое содержание урана в воде озера Иссык-Куль является достаточно высоким (порядка 1 Бк/л). Поэтому очень незначительные временные стоки загрязненных вод из зоны расположения хвостохранилища практически не оказывают влияния на загрязнение, даже близко расположенных районов рекреации (пляжи поселка Каджи-Сай в 3-х км западнее от поселка Ак-Терек в 10 км восточнее зоны расположения бывших урановых объектов). Их влияние также не распространяется на основную курортную зону региона - северного побережья озера Иссык-Куль.

Радон в воздухе почвенного покрова и в атмосфере (радон – 222 и др.)

Нами изучено содержание радона-222 в почвенном покрове на прибрежных участках оз. Иссык-Куль (Табл.9).

Таблица – 9. Уровень Rn²²² в почвенном покрове в береговых зонах оз. Иссык-Куль

№	Место отбора проб	мБк/(м ² ·с)
1	г. Балыкчи (северо-восток от берега 20 м)	17,60+/-2,1
2	г. Чолпон Ата (Биостанция)	30,61+/-3,2
3	с. Орукту (200 м от берега)	15,80+/-1,6
4	с. Орукту (Кирпичный, горячий источник)	24,24+/-2,2
5	Тюпский залив	11,50+/-0,8
6	с. Михайловка около моста	14,35+/-2,1
7	с. Ак-Терек	19,20+/-1,7
8	с. Жениш (от трассы 60 м)	18,37+/-2,2
9	пгт. Каджи-Сай (от берега 100 м берег ниже хвостохранилища).	19,86+/-3,1
10	с. Бар-Булак (горячий источник)	28,48+/-2,6

Из таблицы 9 видно, что в верхнем слое почвенного покрова уровень радона на прибрежных участках, ниже допустимых концентраций и находится на уровне фона, но на отдельных участках имеются небольшие повышения в районе горячих термальных источников - с. Орукту - 24,24+/-2,2 мБк/(м²·с), с. Бар-Булак– 28,48+/-2,6 мБк/(м²·с) и Биологической станции – 30,61+/-3,2 мБк/(м²·с). В районе сел Каджи-Сай, Джениш и Ак-Терек в среднем на одном уровне. Известно, что среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность изотопов радона в воздухе жилых помещений не должна превышать 200 Бк/м³ (НРБ-96; НРБ-99; Гигиенические нормативы ГН 2.6.1.054-96). Хорошо изучена ситуация в развитых странах. Например, в США, где типичное содержание почвенного радона составляет на литр 7,4-74 мБк/(м²·с).

Атмосферный воздух. Проводились измерения объемной концентрации радона и продуктов распада в воздухе; отобраны пробы атмосферного воздуха для измерения содержания альфа-активных аэрозолей над хвостохранилищем и на других участках в данной провинции.

По результаты наших анализов на содержание альфа-активных аэрозолей в воздухе как на территории урановой промышленной площадки, в пгт. Каджи-Сай, так и в рекреационной зоне северного побережья оз. Иссык-Куль существенных отличий не наблюдалось (Табл. 10).

Таблица – 10. Содержание альфа-активных аэрозолей в атмосфере промзоны вокруг хвостохранилища, а также в жилой зоне п. Каджи-Сай и г. Чолпан-Ата

Точки отбора аэрозоля	Объем прокач. воздуха м ³	Концентрация радионуклидов, 10 ⁻⁵ Бк/м ³									
		²³⁸ U		²²⁶ Ra		²¹⁰ Pb		²²⁸ Th		⁷ Be	
			+/-		+/-		+/-		+/-		+/-
Урановой отстойник-1	275	3,2	1,8	3,0	0,8	75,5	2,6	1,5	0,6	179	6
Промзона	384	2,2	1,0	2,1	0,5	49,6	1,8	1,1	0,4	197	7
Жилая зона пгт. Каджи-Сай	220	3,5	1,5	3,8	0,8	103,9	10,1	1,9	0,6	210	22
г.Чолпон-Ата, северное побережье	306	2,6	1,2	2,7	0,5	84,3	4,8	1,4	0,6	334	18

Основной вклад в дозу ингаляционного облучения формирует Pb-210 и Po-210, однако уровни их активности в регионе соответствуют природному фону для данной провинции (0,5-1,0 мБк/м³). Подтверждением тому были определены относительно низкие потоки эксхалации радона на поверхности хвостохранилища (0,03 - 0,40 Бк/м²с). Это указывает на то, что покрытие хвостохранилища надежно препятствует распространению радоновыделению, а основным источником альфа-активных аэрозолей является пыление загрязненных грунтов и золы, которые в настоящее время в основном перекрыты чистыми грунтами. На отдельных локальных участках промзоны, примыкающей к хвостохранилищу (площадью до 1 м²), были измерены потоки эксхалации радона 6,2+/-1,9 мБк/м²с. На таких участках следует провести дополнительную рекультивацию и восстановить грунтовое покрытие.

1. Проведены радиометрические съемки почвенного покрова биосферной территории, прибрежной зоны оз. Иссык-Куль где уровень радиационного фона сравнительно невысокий (от 15 до 40 мкР/час).

2. На Каджи-Сайском природно-техногенном урановом участке на поверхности хвостохранилища мощность дозы гамма-излучения 30-60 мкР/час, на участках с аномально высокими уровнями мощности экспозиционной дозы в местах нарушенного защитного слоя 600 - 1500 мкР/час.

3. Установлены незначительные вариации природного радиационного фона на разных типах почв Прииссыккуля, возможно, это связано с неоднородным распределением естественных радионуклидов, рассеянных в почвах и земных породах. Общая радиоактивность (²³⁸U, ²³⁴U, ²²⁸Th, ²²⁸Ra, ²³⁰Th, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra) почв на прилегающей территории хвостохранилища Каджи-Сай, в среднем, на уровне фона.

4. Уровень альфа-активности (0,6 - 1,8 Бк/кг) озерной воды выше чем с речных вод от 2 до 7 раз, по бета-активности (0,4 – 1,0 Бк/кг) от 2 до 6 раз, но по СанПиН бета-активность в пределах нормы, альфа- активность повышена до 5 раз.

5. Активность основной дозы образующих изотопов в воздухе – ^{210}Pb и ^{210}Po в провинции соответствует природному фону для данного региона (0,5-1,0 мБк/м³). Уровень ^{222}Rn прибрежных участков озера ниже допустимых концентраций на отдельных участках отмечено небольшое повышение в районе горячих источников и заболоченных участков.

Литература:

1. Быковченко Ю.Г. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана. – Бишкек, 2005. – 169 с.
 2. Васильев И.А. Оценка экологической опасности хранилищ радиоактивных отходов // Радиозэкологические и смежные проблемы уранового производства. – Бишкек, 2008, Ч. 5. – С. 101-103.
 3. Воротницкая И.Е. Биогенная миграция урана в озере Иссык-Куль. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1988. – 17 с.
 4. Дженбаев Б.М. Биогеохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. – Бишкек: Илим, 2012. – 404 с.
 5. Дженбаев Б.М., Калдыбаев Б.К., Жолболдиев Б.Т. Проблемы радиозэкологии и радиационной безопасности бывших урановых производств в Кыргызстане // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2013, Т. 53, № 4. – С.428-431.
 6. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К. Современное состояние Иссык-Кульской урановой радиобиогеохимической провинции // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2013, Т. 53, № 4. – С.432-440.
 7. Калдыбаев Б.К., Дженбаев Б.М. Радиозэкологические исследования прибрежной зоны биосферной территории «Иссык-Куль». Экология и биогеохимия горных таксонов биосферы. Lap Lambert Academic Publishing, Germany 2015. - С. 122.
 8. Карпачев Б.М., Менг С.В. Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане. – Бишкек, 2000. – 56 с.
 9. Ковальский, В.В. Геохимическая экология: Очерк / В.В.Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
 10. Ковальский В.В., Воротницкая И.Е., Лекарев В.С. и др. Урановые биогеохимические пищевые цепи в условиях Иссык-Кульской котловины // Тр. Биогеохим. лаб. –М.: Наука, 1968, Т. XII. – С. 25-53.
 11. Торгоев И.А, Алешин Ю.Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. –Бишкек: Илим, 2009. – 240 с. Тыныбеков А.К., Хамби Д.М.. Радиологическая характеристика южного побережья оз. Иссык-Куль. Сб. тр. ин-та Менеджмента, Бизнеса и Туризма. – 1999. – Вып. 2. – С. 9-17.
- V. Djenbaev, B. Kaldybaev, T. Toktoeva, A. Kenjebaeva. Radiobiogeochemical Assessment of the Soil Near the Issyk-kul Region. Journal of Geological Resource and Engineering (USA) 1 (2016) - p. 39-43