

УДК 574.9 (575.2)

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Г. КАРАКОЛ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ERICA TOOL 1.3**

*** Б.К. Калдыбаев, * К.Б. Ибраева, Б.М. Дженбаев, Б.Т. Жолболдиев**

**Иссык-Кульский государственный университет МОН КР, г. Каракол*

Институт биологии НАН КР, г. Бишкек

k_bakyt@rambler.ru

Аннотация: В статье представлены результаты радиоэкологических исследований по городу Каракол. Установлено, что уровень мощности экспозиционной дозы гамма-излучения не превышает допустимой нормы. Удельная активность радионуклидов в почве (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) находится в пределах естественных уровней. Для оценки радиационных рисков использовано программное обеспечение Erica tool 1.3 широко применяемое в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Проведенные расчеты показали, что уровень поглощенной дозы облучения для живых организмов не представляет опасности.

Аннотация: Макалада Каракол шаарындагы радиоэкологиялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары келтирилген. Радиациялык фондун деңгээли берилген нормадан ашпайт. Топурактагы радионуклиддердин өзгөчө активдүүлүгү (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) табигый деңгээлде. Радиациялык коркунучтарды баалоо үчүн Erica tool 1.3 программасы радиоэкологиялык мониторингде кеңири колдонулат. Эсептөөлөрдүн негизинде, радиациянын өлчөмүнүн деңгээли тирүү организмдер үчүн коркунучтуу эмес экендиги көрсөтүлдү.

Summary: The article presents the results of radioecological studies in the city of Karakol. It was established that the level of the exposure dose of gamma radiation does not exceed the permissible norm. The specific activity of radionuclide (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) is within natural levels in soil. To assess radiation risks, Erica tool 1.3 software is widely used in the radioecological environmental monitoring. The calculations showed that the level of absorbed radiation dose for living organisms is not dangerous.

Ключевые слова: радиационный фон, радионуклиды, почва, удельная активность

Негизги сөздөр: радиациялык фон, радионуклиддер, топурак, өзгөчө активдүүлүк

Keywords: radiation background, radionuclide, soil, specific activities

Иссык-Кульская котловина расположена на северо-востоке Кыргызстана, представляющая собой огромную межгорную впадину Тянь-Шаня, с севера и юга обрамленную хребтами Терской- и Кунгей-Алатау. В геологическом строении Иссык-Кульской котловины принимали участие разнообразные по возрасту и составу изверженные и осадочные породы [7]. Согласно исследований В.В. Ковальского геохимические условия Иссык-Кульской котловины – выходы гранитов, наличие углисто-кремнистых сланцев, обогащенных ураном определяют повышенное содержание урана в почвах котловины. Источником урана в почвах региона являются горные породы, влияние которых определяется непосредственным переносом продуктов разрушения пород, и участием их в почвообразовании [8]. Ранее проведенными нами исследованиями установлено, что уровень радиационного фона в прибрежной зоне озера варьирует в пределе 17 - 25 мкР/ч, по мере удаления от озера в сторону склонов гор возрастает до 40 мкР/ч, особенно в некоторых горных местностях, ущельях, основу которых составляют горные породы, граниты, имеющие слегка повышенную радиоактивность [3, 4, 10].

Целью данного исследования явилась радиоэкологическая оценка города Каракол. Научные исследования были проведены в рамках научного проекта министерства образования и науки КР на 2020 год «Экологические аспекты устойчивого развития города Каракол».

Материал и методы

На территории г. Каракол было выбрано 30 контрольных участков с горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами [9]. С каждого контрольного участка были отобраны объединенные пробы почв гумусового слоя (0-30 см). Отбор проб почв производился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [2].

Для проведения гамма – съемки местности использовался дозиметр ДКС-96 [6]. Определение радионуклидов в пробах почв проведено на гамма-спектрометре “Canberra”, модель GX4019 с программным обеспечением Genie-2000 S 502, S501 RUS лаборатории биогеохимии и радиоэкологии института биологии НАН КР. Для оценки поглощенных доз и фактора радиационного риска использована компьютерная программа Erica tool 1.3 [11]; карта-схема уровня экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол составлена с помощью геоинформационной системы Golden Software Surfer 11 [12].

Результаты и их обсуждение

Мощность радиационного фона по гамма-излучению на территории г. Каракол варьирует в пределах 16 - 30 мкР/ч (табл. 1.). Безопасным считается уровень радиации до величины, приблизительно 50 микрорентген в час.

Таблица 1

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол

№	Место измерения	мкР/ч (max-min)	мкР/ч (M±m)
1	Каракольская ТЭС	27-33	30±3
2	Река Каракол (100 м. от реки)	17-25	21,6±3.4
3	Микрорайон «Кашка-Суу»	20-26	23,3±2.7
4	Микрорайон «Кашка-Суу»	19-23	21±2
5	Ипподром	20-24	22±2
6	ул. Жамансариева / Туркестанская	19-23	21±2
7	ул. Алыбакова / Туркестанская	16-20	18±2
8	Обл.больница	19-23	21±2
9	ул. Масалиева / Карасаева	20-26	23±3
10	Парк «Победы»	20-23	21,6±1.4
11	ул. Карасаева / Жакыпова	20-28	24±4
12	Река Каракол ул. Карасаева	20-28	24±4
13	Парк им. А.С.Пушкина	17-21	19±2
14	ул. Токтогула / Парковая	19-25	22±3
15	Река Каракол ул. Токтогула	22-28	25±3
16	Центр города	19-21	20,6±1
17	Парк студентов	18-26	22±4
18	ул. Токтогула / Гебзе	20-26	23±3
19	ул. Токтогула / Туманова	19-23	21±2
20	Аэропорт	20-24	22±2
21	Каракольский базар	24-28	26±2
22	ул. Кутманалиева / Алдашева	22-24	23±1
23	ул. Абдрахманова / Пржевальского	26-30	28±2

24	Микрорайон «Восход»	25-26	24,6±1
25	Автовокзал	25-29	27±2
26	Река Каракол с. Бору-Баш	20-26	23±3
27	ул. Кадыр-Аке	22-26	24±2
28	Дорога Бишкек-Каракол (север)	21-25	23±2
29	ул. Исакова / Элебаева	20-26	23±3
30	Дорога Бишкек-Каракол (юг)	20-24	22±2

Наблюдаются также незначительные вариации уровня радиационного фона связанные с неоднородным распределением естественных радионуклидов, рассеянных в почвах и горных породах. По 30 точкам измерения радиационного фона с использованием компьютерной программы Golden Software Surfer 11 составлена картосхема мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол (рис. 1).

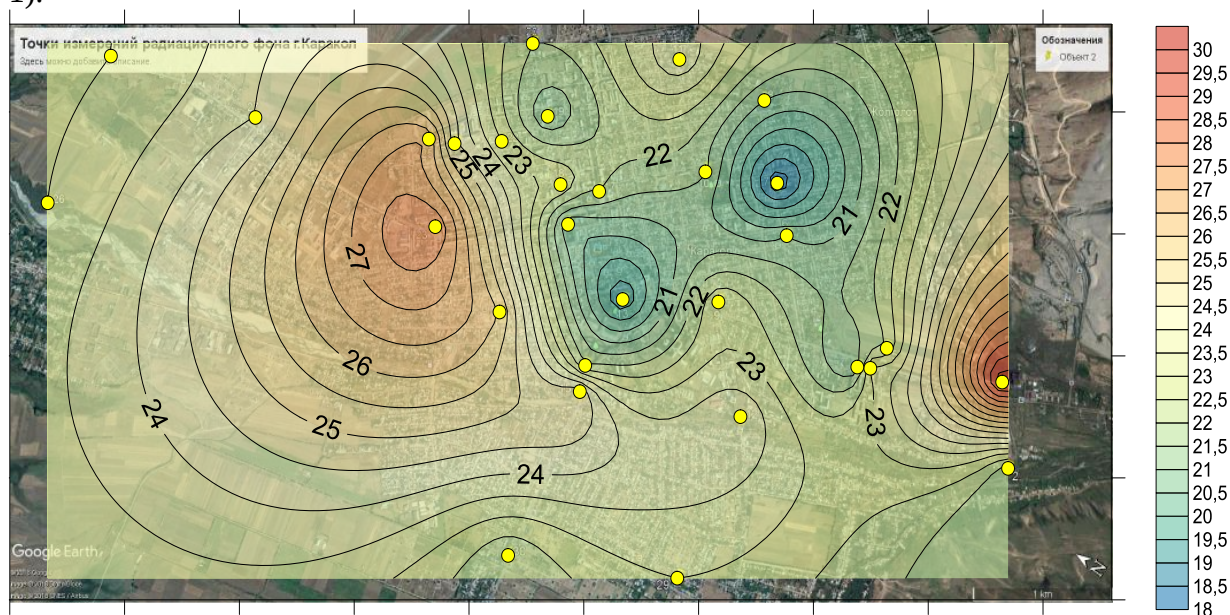


Рис. 1. Картосхема мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол, с использованием программы Surfer 11 (мкР/ч)

В жилых районах г. Каракол (микрорайоны «Кашка-Суу»; «Восход») в местах отдыха (парк «Победы») были отобраны пробы почв для определения радионуклидного состава. Так как Иссык-Кульская котловина является естественной урановой биогеохимической провинцией, региональный фон урана повышен и варьирует в пределах 0,00012 - 0,00064 % (14,9 - 79,6 Бк/кг) [8]. С увеличением в почве содержания органической составляющей уменьшается степень выщелачивания как α -, так и β -излучающих радионуклидов. Результаты ранее проведенных исследований показали, 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 (табл. 2) [5].

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

В верхних слоях почвы удельная активность естественных радионуклидов выше по сравнению с нижними слоями (табл. 3).

Таблица 3

Содержание альфа-активных изотопов в почвах контрольного участка с. Кара-Ой [5].

Слой см	Активность почв по изотопам, Бк/кг				
	U-238	Ra-226	Pb-210	Th-228	Ra-228
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

Удельная активность ^{238}U в почвах г. Каракол варьирует в пределах 39,8-70,8 Бк/кг, т.е. находится на уровне местного фона характерного для Иссык-Кульской области. Более высокие концентрации урана для горных светло-каштановых почв Каракольского природного парка 78 Бк/кг, связанные с особенностями горной местности (табл. 4).

Таблица 4

Содержание радионуклидов в почвах города Каракол

Место отбора	U/ ^{234}Th	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs
	Удельная активность, Бк/кг ($M \pm m$, $p < 0.05$)			
ГПП «Каракол»	78,1±4,9	57,1±5,2	606±6,3	7,6±0,2
Микрорайон «Кашка-Суу»	39,8±2,3	50,1±5,1	523±5,4	5,9±0,2
Парк «Победы»	70,8±5,3	57,1±4,5	624±5,5	3,9±0,3
Микрорайон «Восход»	55,5±3,2	58,7±4,9	552±5,2	3,9±0,3

Диапазон содержаний ^{232}Th в зависимости от типа почв варьирует в пределах 7-50 Бк/кг, кларк ^{232}Th в почве составляет 32,8 Бк/кг, для осадочных пород – 45 Бк/кг [1]. В почвах г. Каракол удельная активность ^{232}Th варьирует в пределах 50,1-58,7 Бк/кг, кларк концентрации составил (1,5-1,8).

Радиоактивность почв, обусловленная естественными радионуклидами, в основном зависит от содержания в ней ^{40}K , на долю которого приходится 84 %. Кларк ^{40}K в земной коре составляет 655 Бк/кг [1]. В почвах г. Каракол удельная активность ^{40}K варьирует в пределах кларкового значения 523-624 Бк/кг.

Величина глобального фонового загрязнения почв мира радиоцезием оценивается в 10-25 Бк/кг [1]. Содержание ^{137}Cs в почвах г. Каракол намного ниже данного норматива и варьирует в пределах 3,6-7,6 Бк/кг.

Компьютерные программы в настоящее время широко используются в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Программа Erica tool 1.3 это программное обеспечение, которое используется для оценки радиационной опасности наземных и водных экосистем. Зная содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, программа производит расчеты доз облучения, оценку радиационных рисков.

Для расчета коэффициентов радиационного риска программой Erica tool 1.3 нами были введены данные удельной активности урана в почвах г. Каракол. Если расчетное значение коэффициента риска выше 1, то существует вероятность радиационной опасности для живых организмов. Расчетные значения коэффициентов радиационного риска для г. Каракол ниже 1, т.е. нет радиационной опасности, поглощенные дозы облучения живых организмов варьируют в пределах естественных уровней (рис 2, табл. 5).

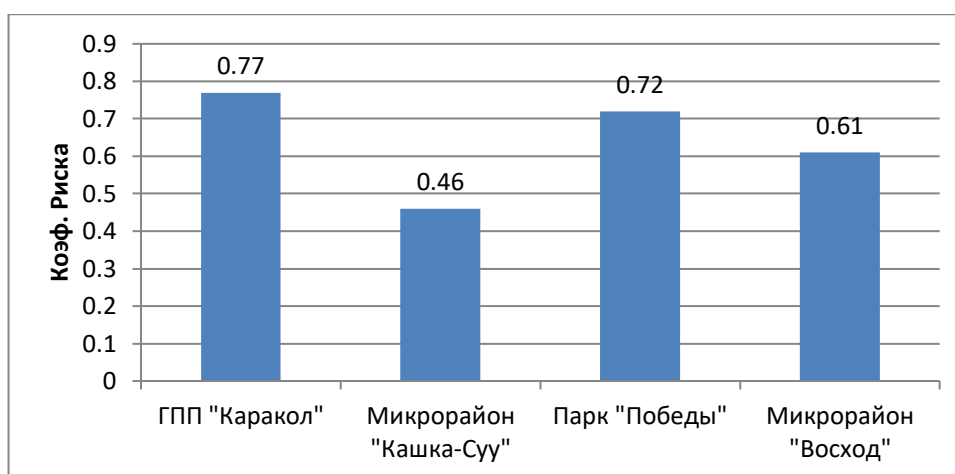


Рис. 2. Значения коэффициентов радиационного риска для г. Каракол

Таблица. 5

Расчетная поглощенная доза облучения на организм	
Эталонные организмы	Поглощенная доза на организм (мкГр/ч)
Амфибии	0,013
Кольчатый червь	0,078
Членистоногие	0,029
Птицы	0,004
Летающие насекомые	0,027
Травы	0,452
Мхи и лишайники	2,221
Млекопитающие (большие)	0,019
Млекопитающие (мелкие)	0,016
Брюхоногие моллюски	0,076
Рептилии	0,014
Кустарники	0,197
Деревья	0,015

Согласно выводов научного комитета ООН по действию атомной радиации мощность поглощенной дозы в 80 мкГр/ч не способна оказать статистически значимого

влияния на живые организмы. Представленные поглощенные дозы для эталонных организмов в таблице 5 на много ниже 80 мкГр/ч.

Результаты радиоэкологических исследований показали, что мощность экспозиционной дозы гамма-излучения радиационного фона по г. Каракол не превышает нормы. Удельная активность радионуклидов в почве (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) находится в пределах естественных уровней. Расчетные поглощенные дозы облучения для живых организмов не представляют опасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин Р. М., Архипов Н. П., Бархударов Г. В. и др. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере. – М.: Наука, 1990. – 350 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М.: «Изд-во стандартов», 1985. – 14 с.
3. Дженбаев Б.М. Кыргызстандын табигый-техникалык аймактардын экологиялык жана биогеохимиялык абалы. – Б.: «Полиграфбумресурсы», 2018. – 424 с.
4. Дженбаев Б.М., Жолболдиев Б.Т., Калдыбаев Б.К. Современное состояние Иссык-Кульской урановой радиобиогеохимической провинции // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2013. – Т.53, № 4. – С.432-440.
5. Жолболдиев Б.Т. Радиоэкологическая оценка загрязнения территории бывшего уранового производства Каджи-Сай (Биосферная территория «Иссык-Куль»): Автореф. дисс. канд. биол. наук. - Бишкек, 2016. – 22 с.
6. Инструкция по измерению гамма-фона в городах и населённых пунктах (пешеходным методом). - М., Министерство здравоохранения СССР, 1985. – 5 с.
7. Иссык-Куль-Нарын: энцикл. / гл. ред. М. Борбугулов. – Фрунзе: гл. ред. КСЭ, 1991. – 512 с.
8. 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.ХII. – С.25-53.
9. Мамытов, А.М., Мамытова Г.М. Почвы Иссык-Кульской котловины и прилегающей к ней территории. – Ф.: Илим, 1988. – 191 с.
10. Djenbaev B., Kaldybaev B., Toktoeva T., Kenjebaeva A. // Radiobiogeochemical Assessment of the Soil Near the Issyk-Kul Region. Journal of Geological Resource and Engineering. -2016. - Volume 4. - Number 1. - P.39-44.
11. Erica <http://erica-tool.com/erica/>
12. Golden Software Surfer 11
<https://baldcircleholdings129.weebly.com/blog/golden-software-surfer-11-download-for-mac>