

УДК: 574.9 (575.2)

Калдыбаев Б.К., доктор биолог. наук, проф., K_bakyt@rambler.ru
Ибраева К.Б., Kymbat-i@rambler.ru
Кадырова Г.Б., канд. биолог. наук, доцент
ИГУ им. К.Тыныстановы gulkair_56505@mail.ru

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ Г. КАРАКОЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ERICATOOL 1.3

В статье представлены результаты радиоэкологических исследований на территории г. Каракол. Город Каракол является административным центром области. Согласно исследований В.В. Ковальского геохимические условия Иссык-Кульской котловины, это 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.

В результате исследований установлено, что уровень мощности экспозиционной дозы гамма-излучения не превышает допустимой нормы. С использованием геоинформационной системы GoldenSoftwareSurfer II составлена карта-схема уровня радиационного фона на территории г. Каракол. Удельная активность радионуклидов в почве (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) находится в пределах естественных уровней. Для радиоэкологических исследований использовано программное обеспечение Ericatool 1.3 широко используемое в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Зная содержания радиоактивных элементов в почве или в воде, программа Ericatool 1.3 производит расчеты доз облучения, оценку коэффициентов радиационного риска. Проведенные расчеты показали, что поглощенные дозы облучения живых организмов не представляют опасности и варьируют в пределах естественных уровней.

Ключевые слова: радиационный фон, радионуклиды, удельная активность, поглощенная доза, почва, мониторинг, риск, организм, расчеты, вода.

ERICATOOL 1.3 ПРОГРАММАСЫ МЕНЕН КАРАКОЛ ШААРЫН РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР

Калдыбаев Б.К. биолог. илимд. доктору, проф., K_bakyt@rambler.ru
Ибраева К.Б., Kymbat-i@rambler.ru
Кадырова Г.Б., биолог. илимд. канд., доцент, gulkair_56505@mail.ru
К.Тыныстанов ат. БИМУ

Илимий макалада Каракол шаарынын аймагындагы радиоэкологиялык изилдөөлөрдүн жыйынтыктары берилген. Каракол шаары областтын административдик борбору болуп саналат. В.В.Ковальскийдин изилдөөлөрү боюнча, топурактагы урандын көп болушу областтын геохимиялык шарттары: граниттердин чыгышы, көмүр-кремний сланецтердин болушу менен түшүндүрүлөт. Топурактагы урандын булагы болуп тоотектер эсептелет, алардын таасири менен тоотектердин бузулушунун продуктулары башка жерлерге таркалып, топурактын пайда болушунда катышуусу менен мүнөздөлөт.

Гамма-нурлануунун экспозициялык өлчөмү чектелген сандан ашагандыгы аныкталды. Golden Software Surfer II геомаалыматтык системаны колдонуу менен Каракол шаарынын радиациялык фонунун карта-схемасы түзүлгөн. Топурактагы (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) радионуклиддердин салыштырма активдүүлүгү табигый деңгээлдин чегинде экендиги аныкталган. Радиоэкологиялык изилдөөлөр үчүн айлана-чөйрөнүн радиоэкологиялык мониторингинде кеңири колдонулуучу Erica tool 1.3 программасы

колдонулган. Топурактагы же суудагы радиоактивдүү элементтердин кармалышын билүү менен, Erica tool 1.3 программасы нурлануунун өлчөмүн аныктоонун эсептөөлөрүн жүргүзөт, радиациялык коркунучтун коэффициенттерин баалайт. Жүргүзүлгөн эсептөөлөр тириүү организмдер сиңирип алган нурлануунун өлчөмдөрү коркунуч туудурбастыгын жана табигый деңгээлдин чегинде экендигин аныктады.

Өзөктү сөздөр: радиациялык фон, радионуклиддер, салыштырма активдүүлүк, сиңирилген өлчөм, топурак, байкоо, коркунуч, организм, эсептөөлөр, суу.

Mr.Kaldybaev B. K., Ph.D. in Biological Sciences, Professor,
e-mail: k_bakyt@rambler.ru

Ibraeva K.B.

Ms.Kadyrova G.B., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, e-mail:

Gulkair_56505@mail.ru

K.Tynystanov Issyk-Kul State University

RADIOECOLOGICAL RESEARCH OF KARAKOL CITY USING ERICA TOOL 1.3 SOFTWARE

The article presents the results of radioecological studies in the territory of the city of Karakol. The city of Karakol is the administrative center of the region. According to the research of V.V. Kovalsky geochemical conditions of the Issyk-Kul basin, these are granite outcrops, the presence of carbon-siliceous schists enriched with uranium determine the increased content of uranium in the soils of the basin. The source of uranium in the soils of the region are rocks, the influence of which is determined by the direct transfer of the products of rock destruction, and their participation in soil formation.

The article presents the results of radioecological research in the city Karakol. It was established that the power level of the exposure dose of gamma radiation does not exceed the permissible norm. Using the Golden Software Surfer 11 geographic information system, a map diagram of the background radiation level in the city Karakol was compiled. The specific activity of radionuclides in soil (^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) is within natural levels. For radioecological research, the Erica tool 1.3 software is widely used in radioecological environmental monitoring. Knowing the content of radioactive elements in soil or in water, Erica tool 1.3 software calculates radiation doses and estimates radiation risk factors. The calculations showed that the absorbed radiation doses of living organisms are not dangerous and vary within natural levels.

Key words: radiation background, radionuclides, specific activity, absorbed dose, soil, monitoring, risk, organism, calculations, water.

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 углесто-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 [4, 8].

Целью данного исследования явилась определение уровня экспозиционной дозы гамма-излучения, содержания радионуклидов в почвах г. Каракол, оценка доз облучения и коэффициентов радиационного риска. Научные исследования были проведены в рамках научного проекта министерства образования и науки КР на 2020 год «Экологические аспекты устойчивого развития г. Каракол».

Материал и методы

На территории г. Каракол было выбрано 30 контрольных участков с горно-долинными светло-каштановыми, горно-долинными каштановыми почвами. 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 [3].

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 Ericatool 1.3 [1]; карта-схема уровня экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол составлена с помощью геоинформационной системы GoldenSoftwareSurfer 11 [2].

Результаты и их обсуждение

Мощность радиационного фона по гамма-излучению на территории г. Каракол варьирует в пределе 16 - 30 мкР/ч (табл. 1.). Безопасным считается уровень радиации до величины, приблизительно 50 микрорентген в час, согласно Закона КР Технический регламент «О радиационной безопасности» мощность дозы гамма-излучения на прилегающей территории не должна превышать 30 мкР/ч [5].

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. Искакова / Элебаева	20-26	23±3
30	Дорога Бишкек-Каракол (юг)	20-24	22±2

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

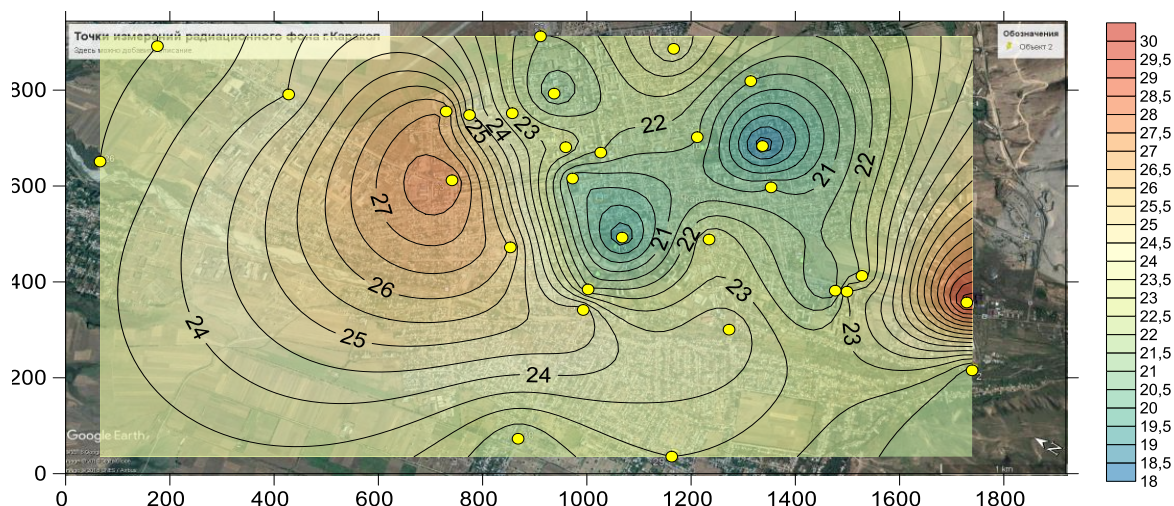


Рис. 1. Картосхема мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на территории г. Каракол, с использованием программы Surfer 11 (мкР/ч).

В жилых районах г. Каракол (микрорайоны «Кашка-Суу»; «Восход») в местах отдыха (парк «Победы») были взяты пробы почвы 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) [4, 8]. Результаты наших исследований показали, что 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. 2).

Таблица 2. Содержание радионуклидов в почвах города Каракол

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

Диапазон содержаний ^{232}Th в зависимости от типа почв варьирует в пределе 7-50 Бк/кг, кларк ^{232}Th в почве составляет 32,8 Бк/кг, для осадочных пород – 45 Бк/кг [9]. В

почвах г. Каракол удельная активность ^{232}Th варьирует в пределе 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 [9]. В почвах г. Каракол удельная активность ^{40}K ниже кларкового уровня 523-624 Бк/кг.

Величина глобального фонового загрязнения почв мира радиоцезием оценивается в 10-25 Бк/кг [9]. Содержание ^{137}Cs в почвах г. Каракол намного ниже данного норматива и варьирует в пределе 3,6-7,6 Бк/кг.

Компьютерные программы в настоящее время широко используются в радиоэкологическом мониторинге окружающей среды. Программа Ericsatool 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 (рис. 2).

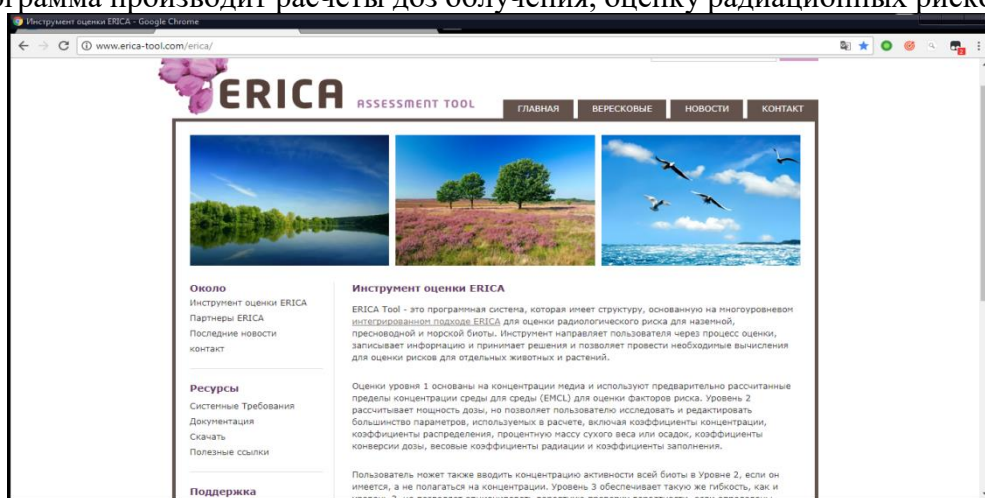


Рис. 2. Главная страница сайта программы Ericsatool.

Для расчета коэффициентов радиационного риска нами были введены данные удельной активности урана в почвах г. Каракол представленные в таблице 2. 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 3, табл. 3).

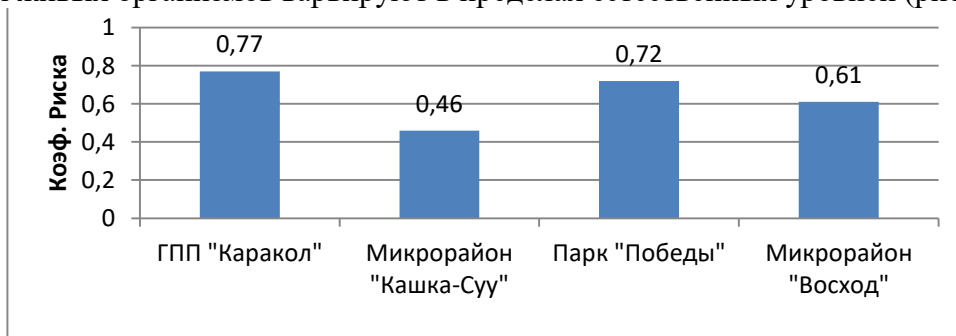


Рис. 3. Значения коэффициентов радиационного риска для г. Каракол

Таблица. 3. 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 3 на много ниже 80 мкГр/ч.

Таким образом, 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. Веб-сайт программы Erica <http://erica-tool.com/erica/>
2. Веб-сайт программы Golden Software Surfer 11 <https://balddcircleholdings129.weebly.com/blog/golden-software-surfer-11-download-for-mac>
3. 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.
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. Закон КР от 29 ноября 2011 года № 224 Технический регламент «О радиационной безопасности».
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. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции, и биогеоценозы / Р.М.Алексахин, Н.П.Архипов, Г.В.Бархударов и др. – М.: Наука, 1990. – 350 с.