

Калдыбаев Б.К.

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В
ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ПРИИССЫККУЛЯ**

В.К. Kaldybaev

**CONCENTRATION OF HEAVY NATURAL RADIONUCLIDE IN THE SOIL
OF ISSYK-KUL REGION**

УДК: 577.391

В работе представлены результаты измерений природного радиационного фона, содержание и удельная активность тяжелых естественных радионуклидов в почвенном покрове и в некоторых природно-техногенных экосистемах Прииссыккуля

This work presents the results of measuring of natural radioactive, concentration and specific activities of heavy natural radionuclide in the soil and in some nature technogeny ecosystems in Issyk-Kul region.

Ионизирующие излучения в биосфере, происхождение которых связано с естественными радиоактивными элементами, составляют один из важнейших компонентов в сложном комплексе факторов постоянно воздействующих на живые организмы и их сообщества (Кузин, 1991). Как показали наши исследования мощность природного радиационного фона по гамма излучению в регионе составляет от 13 до 23 мкР/ч, на отдельных участках до 40 мкР/ч. Наблюдается то, что по мере удаления от озера в сторону склонов гор его уровень 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.

Для региона характерна пестрота почвенного покрова, которая обусловлена разнообразием осадочных пород, выстилающих котловину, особенностями климата, различием гидротермических условий, высотных и широтных поясов, а также характером растительного покрова, склонов хребтов, предгорий и подгорных равнин (Мамытов, Мамытова 1988). Следует заметить, что при близком залегании фунтовых вод, почвы обогащенные влагой характеризуются более низкими уровнями гамма-фона, по сравнению с сухими и более плотными почвами. При изменении влажности почвенного покрова, соответственно происходит незначительное изменение его уровня. Результаты измерений уровня гамма-фона по типам почв на территории Прииссыккуля заметно варьируют, для светло-бурых почв его значения составляют предел 20-28 мкР/ч, при среднем - 22 мкР/ч, для серо-бурых почв - 18-21 мкР/ч, при среднем - 20 мкР/ч, для горных светло-каштановых - 26-36 мкР/ч, при

среднем 30,7 мкР/ч, для горно-долинных светло-каштановых - 17-21 мкР/ч, при среднем - 18,4 мкР/ч, для черноземных почв 21-24 мкР/ч, при среднем - 22,7 мкР/ч. Среди исследованных почв, наиболее высокими показателями характеризуются горные-светло-каштановые почвы. Вероятно, вариации природного радиационного фона по гамма-излучению в различных типах почв связаны с неоднородным распределением компонентов радиоактивных рядов урана и тория, рассеянных в земных породах, поверхностных и подземных водах, в воздухе и входящих в состав живых организмов. Однако значительные его колебания могут быть вызваны также различными концентрациями в горных породах радионуклида - калия - 40. Поэтому относительную распространённость рядов урана и тория в различных типах почв невозможно точно определить на основании только измерений гамма-фона.

Проведенные нами исследования показали, что содержание естественных радионуклидов в почвах региона варьирует в зависимости от их типа, климатических, геологических и геоморфологических особенностей. Содержание урана в почвах колеблется от 2,4 до $4,0 \times 10^{-4}\%$. Удельная активность урана - 238 в почвах варьирует в пределах от 42,3 до 106,6 Бк/кг. Среди исследованных типов почв наиболее высокие концентрации урана характерны для горных светло-каштановых почв. Вероятно, это связано с тем, что горные светло-каштановые почвы занимают верхние части подгорного шлейфа и предгорья, которые формируются на продуктах разрушения горных пород, в основном гранитах, содержащих $6,0 \times 10^{-4}\%$ урана (Ковальский, 1968). По данным А.П. Виноградова, среднее содержание урана в почвах составляет $5 \times 10^{-5}\%$, Черноземы Курской области, которые принято считать эталонными почвами по содержанию в них химических элементов, содержат в среднем $7,4 \times 10^{-5}\%$ урана. Если сравнить с данным эталоном, то содержание урана в почвах Прииссыккуля в 3,2 - 5,4 раз больше, чем в черноземных почвах России. Кларковое содержание урана-238 в земной коре составляет 28,9 Бк/кг, в почве 25 Бк/кг. В почвах Прииссыккуля удельная активность урана в 1,7-4,3 раз выше кларковых значений.

Содержание тория в почвах варьирует от $10,7 \times 10^{-4}\%$ до $18,3 \times 10^{-11}\%$ Удельная активность

тория-228 находится в пределах 61,0-112,2 Бк/кг. Среди исследованных типов почв наиболее высокие концентрации тория характерны для горных светло-каштановых почв, формирующихся на продуктах разрушения горных пород. Среднее содержание тория в земной коре составляет примерно $8 \times 10^{-4}\%$. Данный радиоактивный элемент аккумулируется в почве в результате выветривания пород и почвообразования, в связи с этим концентрация его почве более высокая, чем в породах, из которых они происходят. Иногда содержание тория в минеральной части почвенного профиля, превосходит геохимический фон в 10-30 раз. В.И. Вернадским содержание тория в почвах оценивалось в среднем в 32,8 Бк/кг, которая принята за геохимический фон. В почвах Русской равнины содержание тория близко к геохимическому фону и составляет $6,0-8,0 \times 10^{-11}\%$ (Виноградов, 1957). Если сравнить с данным геохимическим фоном, то содержание тория в почвах Прииссыккуля в 1,3-2,3 раз больше, чем в почвах Русской равнины. Удельная активность тория-228 в почвах в 1,8-3,4 раз превышает значения геохимического фона.

Содержание радия в почвах колеблется в пределах от $11,2-31,4 \times 10^{-11}\%$. Удельная активность радия-226 находится в пределах 57,5- 111,7 Бк/кг. Среди исследованных типов почв наиболее высокие концентрации радия обнаруживались в черноземных почвах. В природе радий находится в рассеянном состоянии. Он не входит в состав отдельных минералов, а широко распространен в виде включений во многих образованиях. Кларковое содержание радия в земной коре составляет $14 \times 10^{-11}\%$, а в почвах - $84 \times 10^{-11}\%$ (Виноградов, 1957; Сельскохозяйственная радиоэкология, 1991). В почвах дерново-подзолистой зоны Русской равнины содержание радия составляет от $2,5 \times 10^{13}$ до 10×10^{13} г/г. В почвах серых лесных почв в среднем концентрация радия - 10×10^{-13} г/г, в черноземах - 12×10^{-13} г/г, каштановых почвах - $7,5 \times 10^{-13}$ г/г. В верхних горизонтах сероземных почв полупустынь концентрация радия равна $7,0 \times 10^{-13}$ г/г. Средняя удельная активность радия-226 в почвах бывшего СССР составляет 39,9 к/кг, среднемировое значение 29,2 Бк/кг. Содержание радия в почвах Прииссыккуля в 1,4-3,9 раз выше кларкового содержания элемента в почве. Удельная активность радия-226 в 1,9-3,8 раз.

Содержание калия в почвах Прииссыккуля варьировало в пределах 1,2-2,1%. Среди исследованных типов почв, наиболее высокие концентрации калия обнаруживались в горнодолинных светло-каштановых почвах. Удельная активность калия-40 составила 870-1012 Бк/кг.

Черноземные почвы характеризовались повышенной удельной активностью радионуклида - 1012 Бк/кг. Среднее содержание калия в почвах горных районов Средней Азии составляет 1,65%. Радиоактивность почв, обусловлен-

ная естественными радионуклидами, в основном зависит от содержания в ней калия-40, на долю которого приходится 84%. Кларковое содержание калия-40 в земной коре составляет 655 Бк/кг в почве - 370 Бк/кг. Так, например средневзвешенные концентрации калия-40 в пахотных почвах различных природно-сельскохозяйственных зон Российской Федерации варьируют от 496-747 Бк/кг. В почвах Виноградских районов западной Грузии $(2,8-3,2) \times 10^{-4}\%$. Если сопоставить содержание калия - 40 в почвах Прииссыккуля с кларковыми значениями в почве, то удельная активность радионуклида в 2,3-2,7 раз выше кларка.

Анализ полученных результатов показывает, что содержание тяжелых естественных радионуклидов в почвах различных типов Прииссыккуля в несколько раз превышает средние кларковые значения: по урану в 3,2-5,4 раз, по торью в 1,3-2,3 раз, по радю в 1,4-3,9 раз по калию-40 в 2,3-2,7 раз. Относительное количество ТЕРН имеет тенденцию к возрастанию в ряду почв: Светло-бурые < Серо-бурые < Горно-долинные светло-каштановые < Горные светло-каштановые < Черноземы.

Радиоактивный распад содержащихся в породах, водах и почвах родоначальников радиоактивных семейств урана-238, урана-235, тория-232 дает много дополнительных радионуклидов, относящихся к 13 химическим элементам, подвижность которых в природных условиях существенно различна. В породах, не затронутых выветриванием (замкнутые системы) уран-238, уран-235, торий-232 обычно находятся в вековом равновесии со всеми своими многочисленными продуктами распада. В процессах выветривания и почвообразования происходит перераспределение урана-238 и тория-232 и нарушение радиоактивного равновесия между радионуклидами в пределах каждого из семейств. Ряд авторов полагает, что радиоактивное равновесие между ураном-238 и ураном-234 в почвах не нарушено, а если и нарушено, то оно объясняется методическими погрешностями определения изотопного состава урана. Вместе с тем в других работах (Ashraf et al., 2008), убедительно было доказано нарушение радиоактивного равновесия в профилях почв гумидной и аридной зон не только между ураном-234 и ураном-238, но и между торием-230 и ураном-238 (ураном-234), а также радием-226 и торием-230. Проведенное позже изучение изотопного состава урана и тория в различных районах гумидной зоны СССР не только полностью подтвердило данные этих работ, но и выявило значительную изменчивость этих отношений в профилях разных типов почв.

Удельная активность ТЕРН в почвах Прииссыккуля варьирует в следующих пределах: урана-238 - 42,3-106 Бк/кг, тория-228 - 61,0-112,2 Бк/кг, радия-226 - 56,1-111,7 Бк/кг, Калия-40 - 870-1012 Бк/кг. Радиоактивное равновесие между

радием-226 и ураном-238 в светло-бурых, серо-бурых, горно-долинных светло-каштановых, черноземных типах почв нарушено в сторону радия вследствие его более высокой по сравнению с ураном способностью к биогенной миграции. Для горных светло- каштановых почв радиоактивное равновесие наоборот сдвинуто в сторону урана вследствие накопления в них продуктов разрушения горных пород содержащих уран.

Следует отметить, что в регионе имеются территории техногенного характера требующих особого внимания, одной из которых является техногенная урановая провинция Каджи-Сай, расположенная на южном берегу озера Иссык-Куль, в Тонском районе, в 270 км от г. Бишкек.

Горнорудный комбинат министерства среднего машиностроения СССР по переработке урановой руды функционировал с 1948 по 1969 гг., в последствии он был преобразован в электротехнический завод. В этой провинции оксид урана извлекался не традиционным способом, из золы бурых уран содержащих углей Согутинского месторождения. Уголь, добываемый на местной шахте подземным способом, предварительно сжигался с попутной выработкой электроэнергии, а затем оксид урана извлекался кислотным выщелачиванием из золы. Отходы производства и промышленное оборудование были захоронены, образовав хвостохранилище, с общим объемом урановых отходов 400 тыс. м³ (Чарский, Хусаинов, 1998). Хвостохранилище находится в 2,5 км к востоку от жилого посёлка Каджи-Сай и состоит из двух частей, одна половина застроена хозяйственными постройками электротехнического завода, а на другой части расположен золоотвал, создающий дополнительную нагрузку хвостохранилищу. В настоящее время хвостохранилище и защитная дамба под влиянием природных и антропогенных воздействий начали разрушаться. Бывший рудник Каджи-Сай, подвергается размыву паводками и селями, которые приводят к выносу радиоактивных материалов на поверхность (Djenbaev et al., 2006, Djenbaev et al., 2008, Дженбаев, 2009). Радиометрической съемкой установлено, что уровень радиации в самом поселке Каджи-Сай и примыкающей к нему территории, сравнительно не высокий 18-30 мкР/час. Однако на отдельных участках разрушения изоляционного слоя и дамбы хвостохранилища радиационный фон достигает до 1300 мкР/час, что требует особого внимания, так как последующие селевые явления приведут к смыву радиоактивных частиц в акваторию уникального высокогорного озера Иссык-Куль.

Анализ образцов почвы и грунтов показал, что на хвостохранилище в верхнем горизонте насыпного фунта (0-20 см) содержание урана колеблется от 1,1 до $2,6 \times 10^{-3}$ г/кг, с глубиной он несколько возрастает до $3,0 \times 10^{-3}$ г/кг. Большую

концентрацию урана имеет средняя зона хвостохранилища, где содержание урана в верхнем горизонте фунта равно $4,2 \times 10^{-3}$ г/кг, а в нижнем горизонте, на глубине 40-60 см - $35,0 \times 10^{-3}$ г/кг или в 8,3 раз выше. При анализе также обнаружены другие естественные радиоактивные элементы торий в концентрации от 18 до 72×10^{-3} г/кг и радий в пределах 10×10^{-3} г/кг. Исследования изотопного состава фунта хвостохранилища выявили высокую удельную активность следующих радионуклидов: урана-234 - 851,6 Бк/кг, радия-226 - 3789,6 Бк/кг, свинца-214 - 2946,1 Бк/кг, висмута-214 - 2675,8 Бк/кг, свинца-210 - 3337,2 Бк/кг.

В настоящее время поверхность хвостохранилища является открытой. Территория хвостохранилища офаждена железобетонным забором, однако, доступ населения и скота на территорию хвостохранилища является открытым. Серьезной проблемой может стать распыление материала с открытой поверхности хвостохранилища и перенос на сопредельные территории.

Другая территория имеющее также техногенный характер - научно-производственный Цех №7, расположенный вблизи с. Тон на берегу озера Иссык-Куль в живописном заливе Кольцовка, который был построен в 1955 году. Основной задачей данного предприятия являлась извлечение урана из воды озера. Выбор пал не случайно, предварительно проведенные исследования установили, что в заливе имеются мощные подводные течения. Идея получения урана из воды была весьма заманчива. Построенный цех включал в себя помимо двухэтажного лабораторного корпуса и административных зданий также большие по площади и объему бассейны, соединенные между собой сложными подземными коммуникациями. Он и сейчас стоит в бездействии и часть которого разобрано. Технология получения урана из Иссык-Кульской воды была очень проста - закачивали насосами иссык-кульскую воду в бассейны, смешивали с различными реагентами, которые осаждали уран из воды, а потом с помощью особой фильфации получали урановый концентрат. Но не все шло так гладко. Уранового концентрата Цех №7 получал очень мало. Да и к тому же концентрат имел высокую себестоимость за счет большого расхода дорогостоящего гидрата меди и электроэнергии. От этой технологии вскоре пришлось отказаться. С 1956 по 1957 годы на смену старой технологии химического осаждения урана из воды пришла новая технология, основанная на ионном обмене с использованием ионообменных смол. Но и она также претерпела изменения. С 1957 года до самого закрытия объекта отрабатывалась технология уже селективного извлечения урана из воды, также с помощью новых модификаций синтетических смол. Новая партия синтетических смол требовала досконального их изучения селективных свойств на уран. Для этого в

металлический контейнер, мелкоячеистой сеткой и помещались модификации синтетических смол, контейнер на металлическом тросе прикреплялся к корме катера. Катер, двигаясь по заливу, способствовал более активному сорбированию урана смолами. При этом изучались многие параметры, время насыщения смол ураном, равновесная концентрация урана в воде - уран в синтетической смоле и т. п. И все-таки промышленная установка по добыче урана на озере Иссык-Куль так и не состоялась. Этому помешало открытие ряда крупных урановых месторождений на территории СССР, а также высокая себестоимость получаемого из Иссык-Кульской воды уранового концентрата. Не менее важным было учитывать и трудно предсказуемые экологические последствия, которые неминуемо могли бы проявиться в этом проекте. Все это склонило чашу весов в пользу добычи урана предприятиями горнорудной промышленности. В 1982 году Цех №7 был закрыт. Слаборадиоактивный шлам (50 мкР/час) был вывезен на Каджи-Сайское хвостохранилище (Айтматов и др., 1997, Быковченко и др., 2005). Мощность экспозиционной дозы по гамма-излучению на территории и внутри производственных помещений варьирует от 20 до 30 мкРч, местами до 40 мкРч. На сегодняшний день, данный объект с точки зрения радиационной безопасности не представляет окружающей среде потенциальную опасность.

Малые участки с повышенным естественным радиационным фоном:

1. Необычным местом с точки зрения радиозоологических исследований являются ториевые пески пляжа села Жениш, расположенные на южном берегу озера Иссык-Куль. Их радиоактивность составляет 30 - 60 мкР/час, реже в отдельных точках доходит до 420 мкР/час. Результаты гамма-спектрометрического анализа показали наличие в пробах песка следующих радионуклидов удельная активность которых составила: радий-228 - 4173,3±72,1 Бк/кг, торий-228 - 4087±87,9 Бк/кг, уран-239 - 425 Бк/кг, радий-226 - 296±16,0 Бк/кг. Уровень интегральной активности альфа и бета излучающих радионуклидов составил по альфа - 88700±9200 Бк/кг, по бета - 14700±1500 Бк/кг.

2. Представляют собой небольшие участки прибрежной полосы озера Иссык-Куль дающие повышенный радиационный фон. К таким участкам можно отнести берег с. Тосор - 40-50

мкР/ч, берег западнее 10 км с. Каджи-Сай - 38-40 мкР/ч, берег около с. Тору-Айгыр - 30 мкР/ч, берег около с. Тамчи - 40-50 мкР/ч.

3. Горные местности, ущелья основу которых составляет гранит, скальный грунт, красный песок дающие повышенный естественный радиационный фон от 25-40 мкР/ч. К таким ущельям относятся: Чычкан, Курган-Сай, Курга, Ак-Терек, Чон-Жаргылчак, Сутту-Булак, Тосор, Жон-Булак, Кекелик, Тон, Чок-Тал, Бактуу-Долоноту, Сөгөтү.

Литература:

1. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана // Наука и новые технологии. - 1997. - №1. - С.81-95.
2. Быковченко Ю.Г., Быкова Э.И., Белеков Т.Б. Техногенное загрязнение ураном биосферы Кыргызстана. - Бишкек, 2005. 169с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Изд. 2-е. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 239с.
4. Дженбаев Б.М. Геохимическая экология наземных организмов. - Б.: "Махprint", - 2009. - 242с.
5. Ковальский В.В., Воротницкая И.Е., Лекарев В.С., Никитина Е.В. Урановые биогеохимические пищевые цепи в условиях Иссык-Кульской котловины // Тр. Биогеохим. лаб. 1968. т. 12. С.5-122.
6. Кузин А.М. Природный радиоактивный фон и его значение для биосферы Земли. - М.: Наука, 1991. - 117с.
7. Мамытов А.М., Мамытова Г.А. Почвы Иссык-Кульской котловины и прилегающей к ней территории. - Фрунзе: «Илим», 1988. - 191с.
8. Сельскохозяйственная радиозоология: Учебник. Под ред. Алексахина Р.М. М.:Изд-во «Экология», 1992.-400с.
9. Чарский В.П., Хусаинов М.М. Каджи-Сай. История одного предприятия. Экологический информационный бюллетень. Ветеринария. 1998, №3. 26-31с.
10. Ashraf E.M. Khater, A.S. Al-Saif and H.A. Al-Sewaidan. Uranium accumulation in sandy soil in arid region due to agricultural activities // J. Uranium, Mining and Hydrogeology. 2008. P. 199-201.
11. Djenbaev B.M., Jalilova A.A., Abdijapar uulu Salamat, Shamshiev A.B., Jolboldiev B. Radiation assessment in biosphere territories of the Issyk-Kul. 4 CCMS/NATO Workshop on "Management of Industrial Waster and Substances Research", Greece, Ioannina, 2006, P.11.
12. Djenbaev B.M., Shamshiev A.B., Jolboldiev B.T., Kaldybaev B.K., Jalilova A.A. The biogeochemistry of uranium in natural-technogenic provinces of Issik-Kul // J.Uranium, Mining and Hydrogeology. 2008. P.673-681.

Рецензент: д.биол.н., профессор Дженбаев Б.М.