

*Кидибаев М.М., Кожоналиев Ш.К., Шаршеев К.*

**ИСКУССТВЕННЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКАХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА ИССЫК-КУЛЬ**

*M.M. Kidibaev, Sh.K. Kozhonaliev, K. Sharsheev*

**ARTIFICIAL NATURAL RADIONUCLIDES IN NATURAL WATER SOURCES RESIDENTIAL AREA LAKE ISSYK-KUL**

УДК:539.1(575.2)(04)

*Исследована радиоактивность природных вод в 26 точках Иссык-Кульской котловины. Разработана методика определения отношения радионуклидов. Показано, что в обследованных источниках не наблюдается превышения уровня вмешательства по радионуклидам радия и урана. Рекомендовано производить процедуру определения истинных содержаний и изотопных соотношений природных радионуклидов хотя бы один раз в пять лет.*

*Investigated the radioactivity of natural waters in 26 points Issyk-Kul. The technique of determining the ratio of radionuclides. It is shown that in the studied sources is not observed excess of intervention by radionuclide radium and uranium. It is recommended to make the procedure of determining the true contents and isotopic ratios of natural radionuclides at least once every five years.*

Радиоактивность природных вод складывается из естественного и техногенного компонентов радиоактивности. При этом, как правило, естественная радиоактивность вод обусловлена прежде всего присутствием  $^{222,220}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{40}\text{K}$ , реже  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ . Содержания  $^{232}\text{Th}$  в водах весьма низкие, но могут встречаться значимые активности менее долгоживущих изотопов тория  $^{228,230}\text{Th}$ . Как правило, переход естественных радионуклидов из вмещающих пород в воду происходит в результате как растворения неустойчивых минералов, так и выщелачивания (переход элемента из минерала в раствор без нарушения целостности кристаллической решетки). Вследствие этого происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана и тория, обусловленное различиями в миграционных характеристиках и химических свойствах как радиоактивных элементов, так и изотопов одного элемента. Например, миграционная способность урана значительно превышает миграционную способность тория, а из двух изотопов урана ( $^{238}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$ ), существенно отличающихся периодами полураспада, шроткоживущий  $^{234}\text{U}$  более подвижен, т.к. образуется в результате двух последовательных бета-распадов  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa}$  и поэтому при выщелачивании не связан с кристаллической решеткой минеральных форм, и, с другой стороны, не успевает диффундировать из раствора в кристаллическую структуру вмещающих пород.

Таким образом, в водах, в отличие от горных пород и почв, соотношения между разными радионуклидами и изотопами одного элемента могут сличаться от равновесных в десятки и сотни раз. Так отношение радионуклидов  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  колеблется от 1 до 15;  $^{230}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  - от 0,001 до 0,5;  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  - от

0,03 до 15;  $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$  - от 0,1 до 3;  $^{226}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$  - от 0,01 до 25 [1].

Следует учитывать и тот факт, что уровень содержания радионуклидов и химический состав природных вод целиком подчиняется явлениям климатической зональности, изменяясь от гидрокарбонатно-кальциевых с минерализацией 0,1-0,2 г/л в северных широтах, где осадки преобладают над испарением, до сульфатно-хлоридно-натриево-кальциевых с минерализацией 2-5 г/л в засушливых районах, где испарение преобладает над осадками. Состав и состояние природных вод под влиянием физико-химических и микробиологических воздействий могут претерпевать серьезные изменения вследствие, например, окисления кислородом воздуха, осаждения, сорбции на частицах взвеси, потери летучих веществ, т.п. В соответствии с этим изменяется и содержание в водах радиоактивных элементов. Например, среднее содержание  $^{238}\text{U}$  в речных водах изменяется от  $1 \cdot 10^3$  Бк/л в северных районах до 0,6 Бк/л в аридных областях, достигая в отдельных случаях значений 100-500 Бк/л в водах засушливых озер, артезианских скважин, минеральных источников.

Объемная активность  $^{226}\text{Ra}$  в среднем варьирует от  $4 \cdot 10^{-3}$  до 0,185 Бк/л, достигая значений до 0,37-2,7 Бк/л (подземные воды) и даже до нескольких тысяч Бк/л (минеральные источники).

Таким образом, активность, солевой и радионуклидный состав природных вод варьируют в очень широком диапазоне, в зависимости от типа вод (речные, озерные, фонтановые, подземные), климатических условий, состава вмещающих пород.

Анализ литературных данных показывает, что говорить о каких-либо конкретных фоновых значениях затруднительно, т.к. диапазон вариаций природных содержаний одного радионуклида даже в водах одного типа в пределах единой климатической зоны может достигать одного порядка, а в разных климатических зонах - двух-трех порядков и более.

Суммируя наиболее вероятные значения активности альфа- и бета-излучающих радионуклидов, получаем для поверхностных вод (реки, озера) значение суммарной альфа-активности в пределах 0,04 - 0,25 Бк/л и суммарной бета-активности 0,35-0,85 Бк/л. Для подземных вод соответственно 0,04-0,36 Бк/л и 1-4 Бк/л.

Бета-активность фоновых природных вод на 50- 90% обусловлена калием-40.

Основной вклад в суммарную альфа-активность вносят изотопы урана (234,238) и радия (226,224).

Проведено исследование проб воды, отобранных в январе 2013 г. в источниках питьевого водоснабжения селитебной зоны озера Иссык-Куль и предварительно подкисленных (законсервированных) до pH=1-2. Для измерения удельной бета-активности часть пробы переливали в сосуды с широким горлышком и при комнатной температуре испаряли до объема 20 - 50 миллилитров, концентрат переносили в керамические тигли и на песчаной бане упаривали досуха и прокаливали при разных температурах от 350 до 850°C. Сухие остатки проб, полученные в результате предварительного упаривания, прокаливали (доупаривали) при 350 градусах. Оказалось, что при доупаривании пробы непосредственно в тигле образуется многослойный препарат в соответствии с последовательностью выпадения солей в осадок. Это может приводить к большим погрешностям из-за неомогенного распределения радионуклидов в счетном образце. Для устранения погрешности разработана процедура механического усреднения сухого остатка после прокаливания на этапе изготовления источника. Для избежания влияния на результат измерения высокой гигроскопичности пробы апробированы несколько типов лака для герметизации пробы и отлажена процедура покрытия пробы лаком. Общую бета-активность проб определяли после прокалки до 500°C, однако это не гарантировало полное удаление воды, поскольку наличие гигроскопичных сульфатных солей не позволяло долго (более 2 часов) держать пробы на открытом воздухе. За это короткое время (2 часа) и была измерена общая удельная бета-активность первых девяти проб на низкофономом радиометре УМФ-1500М со счетчиком СБТ-13 и СИ-8Б. Коэффициент счетности, в зависимости от массы сухого остатка, определяли по образцовому радиоактивному раствору Sr-90, внесенному в известном количестве в сухой остаток.

Концентрирование альфа источников из проб выполнено с помощью тонкослойного сорбента Т-5, однако при концентрировании пробы методом прокаливания даже при высокой температуре добиться уменьшения гигроскопичности полностью не удалось. Эталонные источники сравнения изготовлены с использованием солей азотно-кислого уранила с разной массовой толщиной. Измерения альфа активности проб проводили на радиометре УМФ-2000 и альфа спектрометре с детектором ДКПБ-20. Вид спектров и величина максимальной энергии свидетельствуют о преобладании во всех измеренных пробах урана - 238, 234.

Результаты определения суммарной альфа- и бета-активности проб приведены в таблице 1. Погрешность определения общей удельной бета-активности составляет 50%, общей удельной альфа-активности составляет 70%.

Результаты, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что во всех пробах воды из озера наблюдалось превышение значений удельных бета-активностей более 1 Бк/л, что выше уровня вмешательства.

Таблица 1

Суммарная альфа- и бета-активность сухих остатков проб воды из источников питьевого водоснабжения селитебной зоны озера Иссык-Куль

№	Проба	Масса, сухого остатка, г	А бета, уд Бк/л	А альфа, уд Бк/л
1	Г. Балыкчи ПВ	0,21	<0,2	0,3
2	Г. Балыкчи, озеро	5,13	3	не опр.
3	С. Тамчы радон источник	0,375	0,5	0,75
4	С. Тамчы, озеро	5,49	3	не опр.
5	С. Тамчы ПВ	0,23	<0,2	0,3
6	С. Чон-Сары-Ой, река Орто-Кой	0,07	<0,2	0,06
7	Бактуу-Долоноту ПВ	0,215	<0,2	0,33
8	С. Бактуу-Долоноту, озеро	4,92	3	не опр.
9	Г. Чолпон-Ата, ПВ**	0,213	<0,2	<0,05
10	Чок-Тал, ПВ**	0,8	<0,6	<0,05
11	С. Григорьевка ПВ	0,1	<0,2	<0,05
12	С. Григорьевка озеро	4,9	2,22	не опр.
13	С. Тюп ПВ	0,1	0,24	0,15
14	С. Джергалан ПВ	0,15	<0,2	<0,05
15	С. Джергалан река	0,24	<0,2	0,4
16	Г. Каракол река **	0,95	0,5	<0,05
17	Г. Каракол, ПВ	0,34	0,5	<0,05
18	Джеты-Огуз, ПВ **	0,12	0,3	0,2
19	Джеты-Огуз, курорт * *	0,2	0,6	0,2
20	Сару, скважина	0,227	0,78	<0,05
21	Барскоон	0,15	0,26	<0,05
22	Каджи-Сай, озеро	5,18	2,35	не опр.
23	Ак-Сай, скважина	0,195	0,78	<0,05
24	Конур-Олен, скважина	0,16	0,63	<0,05
25	Бокомбаево, речка**	0,64	0,40	0,2
26	Бокомбаево, ПВ**	0,16	<0,2	<0,05
	ПВ- питьевая вода			

В остальных пробах удельная бета-активность не превышает 1 Бк/л. В некоторых пробах наблюдается превышение рекомендуемых значений удельных альфа-активностей для проб воды, более 0,1 Бк/л. Принято решение на втором этапе обследования в этих пробах провести полный радиохимический анализ (№ 21,6,18,25,26,27,32,36, 37,45) с обязательным определением содержания и изотопного соотношения урана и содержания радия -226.

Результаты радиохимического анализа, выполненного на втором этапе обследования, приведены в таблице 2.

Как следует из полученных результатов, ни в одной из проб не превышен уровень вмешательства по U-238. Во всех пробах определяли изотопное отношение U-234/U-238. В среднем оно составляет (0,92±0,35) и лишь в одной пробе значимо отличае-

тятся от 1 и составляет 1,6. С учетом полученных изотопных отношений уровень вмешательства по U-234 также не превышен. Таким образом, радиационно-гигиенические нормативы для населения по изотопам урана не превышены.

Для всех проб, кроме N 1, наблюдается минимально-измеряемая активность, характерная для сцинтилляционного детектора NaI(Tl)80x80 с колодезем, равная менее 0,7 Бк по радию-228 и 1 Бк по радию-226. В пробе N 1 курорт Джеты-Огуз (питьевой источник, скважина глубиной 154 м.) обнаружено присутствие радия-228  $0,25 \pm 0,1$  Бк/л и радия-226  $1,2 \pm 0,3$  Бк/л, что превышает уровень вмешательства для изотопов радия.

Таблица 2

**Результаты определения содержания радионуклидов радия и урана в пробах воды.**

№	Проба, населенный пункт	Ra-226, Бк/л	Ra-228, Бк/л	U-238 (прир.) Бк/л
1	N1 курорт Джеты-Огуз (п.ист.скв.154 м.)	1,3	0,28	0,018
2	N3 с.Джеты-Огуз (п.в.)	<0,1	<0,07	0,043
3	N5Сан. Джергалан (река)	<0,1	<0,07	<0,012
4	N7с. Ак-Олён, (жил. дом, колодец)	<0,1	<0,07	0,016
5	N9 с. Боконбаево (река)	<0,1	<0,07	0,12
6	N1е. Бактуу-Долоногу (П.В.)	<0,1	<0,07	0,016
7	N13с. Чон-Сары, (скваж. пит. вод.)	<0,1	<0,07	0,036
8	N15с. Тамчы, (пит. вод.)	<0,1	<0,07	0,028
9	N17 с. Тамчы (гор. водопр. Радон.источн.)	<0,1	<0,07	0,020
10	N19 с. Тамчы, (озеро Иссык-Куль)	$i < 0, i 1$	<0,07	

Проведенные исследования показывают, что в обследованных источниках селитебной зоны озера Иссык-Куль не наблюдается превышения уровня вмешательства по радионуклидам радия (за исключением одной пробы) и урана. Поэтому можно сделать вывод, что эти источники удовлетворяют требованиям санитарно-гигиенических нормативов по природным радионуклидам. Таким образом, продолжение работ в данном направлении позво-

лит углубить обследование источников питьевого водоснабжения и провести их аттестацию по природным радионуклидам.

Однако, на наш взгляд, более перспективным является проведение комплексного фонового мониторинга подземных и поверхностных вод селитебной зоны озера Иссык-Куль с целью определения не только истинных содержаний радионуклидов, но и их изотопных соотношений. Процедура определения истинных содержаний и изотопных соотношений природных радионуклидов хотя бы один раз через каждые пять лет является совершенно необходимой не только для подтверждения правильности проведенного анализа, но и для решения вопроса об источнике и динамике появления того или иного радионуклида в конкретном природном объекте с целью прогнозных оценок. Для реализации этого необходимо повышение чувствительности методик в целом с применением методов концентрирования определяемых радионуклидов из объемов проб подземных вод до 100 литров, корректное определение выхода по методике с применением изотопных индикаторов и с учетом погрешности определения. На наш взгляд целесообразно в список определяемых радионуклидов в водных пробах включить техногенные радионуклиды цезий-137 и стронций- 90, а так же и природный калий-40. Определение изотопных соотношений такого широкого круга радионуклидов, обладающих различной миграционной способностью, позволит надежно установить происхождение данных радионуклидов в природной экосистеме озера Иссык-Куль. Существующие методы концентрирования и выделения определяемых радионуклидов с целью установления изотопного состава элементов в природных образованиях (минералах, природных водах), как правило, отличаются от методов определения общего содержания элементов большой сложностью и трудоемкостью, поэтому требуют более высокого уровня финансирования.

**Литература:**

1. Искра А.А., Бахуров В.Г. Естественные радионуклиды в биосфере. Энергоиздат. Москва. 1981 г.

Рецензент: д.ф.-м.н. Касмамытов Н.К.