

УДК 574.5(575.21)

**РАДИАЦИОННЫЙ ФОН И СОДЕРЖАНИЕ УРАНА
В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ МИН-КУШ**

Л.П. Горборукова, Е.В. Шарова

Природные воды, проходящие по территории геохимической провинции Мин-Куш, в высокой степени обогащаются ураном и являются источником загрязнения окружающей среды, перенося его на значительные расстояния и достигая территории Таджикистана, Узбекистана и Аральского моря. Питьевая вода пос. Мин-Куш содержит высокую концентрацию урана и является источником поступления его в организм животных и человека

Ключевые слова: радиация; уран; вода.

**THE RADIATION BACKGROUND AND URANIUM CONTENT
IN WATER OBJECTS OF GEOCHEMICAL PROVINCE MIN-KUSH**

L.P. Gorborkova, E.V. Sharova

Natural waters passing through the territory of the geochemical province of Min-Kush are highly enriched in uranium and are a source of environmental pollution, transporting it to considerable distances and reaching the territory of Tajikistan, Uzbekistan and the Aral Sea. Drinking water of Min-Kush contains a high concentration of uranium and is the source of its entry into the body of animals and humans.

Keywords: radiation; uranium; water.

Основными элементами, с которыми связан радиационный фонд геохимических провинций Кыргызстана, являются: уран и его изотопы (238, 234, 235); радий и его изотопы (223, 224, 226); торий-232; калий-40, а также радиоактивный газ – радон, образующийся при альфа-распаде радия и, как одно из промежуточных звеньев в цепи распада, – уран 238.

Период полураспада основного изотопа урана-238 составляет 4,47 млрд лет и, видимо, своей радиоактивностью этот элемент будет тысячелетиями угрожать человечеству и всей биосфере земли, будучи извлечен из ее недр. Еще большим периодом полураспада ($1,39 \times 10^{10}$ лет) обладают торий и радиоактивный калий-40 ($1,3 \times 10^9$ лет) и сравнительно низким (1617 лет) – радий [1].

Целью наших исследований являлось определение радиационного фона в геохимической провинции Мин-Куш и содержание урана в воде.

Концентрацию урана в воде определяли на жидкостном анализаторе – “Флюорат-02М”, эталонированным НПФАП “ЛЮМЕКС”, Санкт-Петербург. Пробы воды отбирали в полиэтиленовую посуду в количестве 1 литра из всех источников, находящихся на территории провинции

и консервировали азотной кислотой (0,1%-ный нормальный раствор) [2, 3].

Для измерения радиационного фона использовали отечественный радиометр СРП-68-01 типа РПТУ-01 с датчиком БТГИ-01, позволяющим регистрировать гамма-излучение при энергетическом уровне дискриминации 20+кэВ и при диапазоне измерения мощности экспозиционной дозы 3000 мкР/час [4].

Геохимическая провинция Мин-Куш расположена в отрогах хребта Молдо-Тоо, которая замыкает Джумгальскую долину с юга республики в широтном направлении. Находится в географической зоне центрального Тянь-Шаня на высоте от 2000 до 2500 м над уровнем моря. Основные гражданские и промышленные объекты и сооружения поселка расположены по берегам реки Мин-Куш и ее притоков. В окрестностях поселка Мин-Куш расположено 4 хвостохранилища, 4 горных отвала общим объемом 1 млн 150 тыс. м³. В реестре Министерства чрезвычайных ситуаций (МЧС) Кыргызской Республики потенциально опасными выделены хвостохранилища Туюк-Суу и Талды-Булак.

Район исследований включал горно-заводской поселок Мин-Куш (бывший обогатительный

завод Кавак), образованный в 1942 году по добыче и переработке урановой руды, и два его хвостохранилища – Туюк-Суу и Талды-Булак. Хвостохранилище Туюк-Суу расположено в устье реки на расстоянии 1 км вверх по течению между реками Туюк-Суу и Мин-Куш в пределах главного бассейна реки Нарын-Сырдарья и находится в непосредственной близости к жилым домам, санитарно-защитная зона между участком и поселком отсутствует. Воды реки Туюк-Суу впадают в речку Коко-Мерен и далее – в Нарын и Сырдарью. На участках Туюк-Суу существует высокая степень риска обрушения удерживающих структур и постоянного водонасыщения хвостов на участке, что создает угрозу для устойчивости захоронений радиоактивных отходов. Хвостохранилище Талды-Булак находится в 15 км ниже поселка, не прикрыто почвенным грунтом и почти лишено растительности.

Хвостохранилища являются источником загрязнения экологии радиоактивной пылью (в сухое время года) и водой (во влажное время года) [5, 6]. Захоронения расположены в сейсмически активном районе, на селеопасных участках, зонах, подверженных затоплению, а также возле берегов рек, которые формируют основу обширного водного бассейна Центральноазиатского региона.

Результаты исследований. Нами проведена радиометрическая съемка мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на объектах урановых хвостохранилищ Мин-Куш. В таблице 1 показан уровень радиации на объектах геохимической провинции Мин-Куш.

Если базовые уровни радиации в относительно экологически чистых регионах республики составляют 18–22 мкР/час, то во всех исследованных объектах за исключением площадки № 16 и участка “Кызыл-Суек”, радиационный фон был повышен.

Наибольший уровень радиационного фона (в 3 раза выше нормы) был зарегистрирован у ворот хвостохранилища Туюк-Суу (60–61 мкР/час), в гостинице “Рудник” (60–61 мкР/час), у штольни № 8 (40–40,5 мкР/час), в воде, вытекающей из этой штольни, – 61–61,5 мкР/час и у животных, взятых для забоя из этого района, – 59–61 мкР/час, что свидетельствует об экологическом неблагополучии данных районов по уровню радиоактивности. Повышенная доза гамма-излучения в воде из штольни № 8 указывает на интенсивное вымывание урана из пород и вынесение его на поверхность.

Уран наиболее опасен в воде. Способность урана растворяться в природных водах имеет большое значение в миграции этого элемента в почвенном покрове земли.

Таблица 1 – Уровень радиационного фона в геохимической провинции Мин-Куш

Наименование зоны	Радиационный фон, в мкР/час
Поселок Мин-Куш	27,0–28,0
Хвостохранилище “Туюк-Суу”:	
• верхняя зона	27,5–28,0
• средняя зона	27,5–28,5
• нижняя зона	27,0–27,5
• у ворот	60,0–61,0
Площадка № 16	17,0–19,0
Площадка № 21	32,0–32,5
Штольня № 7	28,5–29,0
Штольня № 8	40,0–40,5
Вода из штольни № 8	61,0–61,5
Отвал из штольни	27,0–32,5
Участок “Кызыл-Суек”	23,0–25,0
Гостиница “Рудник”	60,0–61,0
Животные до забоя	59,0–61,0
Животные после забоя	58,0–60,0

Согласно данным Г.Б. Наумова [7], четырехвалентный уран горных пород в благоприятных окислительных условиях переходит в шестивалентный. В нейтральных и щелочных водах, широко распространенных в природе, pH = 7–8,5, шестивалентный уран довольно энергично образует уранил-карбонатные комплексы, устойчивые в широком диапазоне среды и в этом виде мигрирующие с природными водами на большие расстояния. На пути миграции урана могут возникнуть восстановительные условия или измениться pH среды, при этом растворимость урановых соединений уменьшается, и часть урана выпадает в осадок, заражая почвы. Благодаря высокой растворимости урановых соединений он присутствует в определенных концентрациях во всех природных водах. Речные воды, по данным И.Е. Старик и др. [8], содержат 3×10^{-8} – 10^{-5} г/л урана. Поверхностные и грунтовые воды выносят уран в реки, озера и моря.

На содержание растворимого урана в воде влияют и другие факторы. Так, концентрация растворимого урана зависит от химического состава воды, величины окислительно-восстановительного потенциала, климатических условий и др. Количество и комбинация основных химических компонентов, растворимых в воде газов и ионов (O_2 , CO_2 , H_2 , CH_4 , SO_4 , HCO_3 , Na, Ca и др.) обуславливают различие физико-химических свойств природных вод, а в связи с этим – и интенсивность водной миграции урана [9]. Авторы отмечают, что в благоприятной обстановке (окислительная) количество урана в природных водах может колебаться от

Таблица 2 – Содержание урана в водных объектах геохимической провинции Мин-Куш

Место отбора проб воды	Содержание урана, $n \times 10^{-5}$, г/л
Родник, в 200 м от хвостохранилища “Талды-Булак”	1,8
Из реки выше хвостохранилища “Туюк-Суу”	1,1
Из реки ниже хвостохранилища “Туюк-Суу”	2,3
Из арыка, выходящего из шахты, недалеко от завода ЦПУ	3,5
Арычная вода, урочище “Кара-Кунгу”	3,3
Река “Коко-Мерен”, на 29 км от п. Мин-Куш	1,0
Река Мин-Куш на пересечении с р. Талды-Булак	2,1
Река Мин-Куш 3 км ниже поселка	1,7
Водопроводная вода, п. Минкуш	4,0
Водопроводная вода, п. Комсомольский Чуйская обл., чистая зона	1,3

$2,7 \times 10^{-7}$ до $1,3 \times 10^{-4}$ г/л, в неблагоприятных условиях (восстановительные) оно снижается до $1,1 \times 10^{-8}$ – 5×10^{-6} г/л.

Влияние физико-географических (климатических) условий на химический состав природных вод проявляется в их горизонтальной гидрохимической зональности. При этом наблюдаются постепенное повышение минерализации природных вод и изменение их химического состава с усилением сухости климата. В сухостепных и пустынных районах рост минерализации природных вод осуществляется за счет растворения пород и концентрирования элементов благодаря испарению. Это ведет к постепенному увеличению концентрации урана. А.И. Германов и др. [10] показали, что содержание урана в трещинно-грунтовых водах растет по мере их движения из районов доставочного увлажнения в сухие пустынно-степные районы. Воды горно-лугового района содержат урана $n \times 10^{-7}$ – $n \times 10^{-6}$ г/л, а в сухом пустынно-степном районе – количество урана в водах увеличивается в 10–100 раз до $n \times 10^{-5}$ г/л (И.Е. Старик и др. [8], В.С. Лекарев [9]).

По данным М.В. Неймышева, концентрация урана в поверхностных и подземных водах Чуйской долины республики изменяется в весьма широких пределах: для поверхностных вод эти колебания составляют от $n \times 10^{-7}$ до $n \times 10^{-5}$ г/л, а для подземных – $n \times 10^{-5}$ – $n \times 10^{-3}$ г/л.

По данным наших исследований, содержание урана в природных водах (чистой зоны) северной Киргизии сильно варьируют: от $1,8 \times 10^{-7}$ до $3,64 \times 10^{-4}$ г/л. При этом отмечается общая закономерность увеличения концентрации урана от истоков к устью.

Содержание урана в воде геохимической провинции Мин-Куш приводится в таблице 2.

Концентрация урана в водах, проходящих выше хвостохранилища Туюк-Суу, составляет $1,0$ – $1,1 \times 10^{-5}$ г/л и соответствует ПДК (до $1,5 \times 10^{-5}$ г/л), тогда как содержание его в водах ниже хвос-

тохранилища достигает $1,8$ – $2,3 \times 10^{-5}$ г/л, что говорит о выщелачивании урана водами из грунта хвостохранилища. Существенно повышенный уровень урана обнаружен в водопроводной воде п. Мин-Куш ($4,0 \times 10^{-5}$ г/л), что, видимо, связано также с выщелачиванием урана из слагающих пород и почв местности. В северной Киргизии (п. Комсомольский) водопроводная вода содержит $1,3 \times 10^{-5}$ г/л урана, т. е. в 3 раза меньше, чем в водопроводной воде п. Мин-Куш.

Арычные воды, проходящие по территории пос. Мин-Куш, несут в себе $3,3$ – $3,5 \times 10^{-5}$ г/л урана. Они формируют водоток одноименной реки Мин-Куш, которая является притоком реки Коко-Мерен. Содержание урана в воде реки Коко-Мерен составляет $1,0 \times 10^{-5}$ г/л. Эти данные показывают, что в реке идет разбавление содержания урана почти в 3 раза. Дальнейшая миграция урана идет по следующей схеме: река Коко-Мерен – река Нарын – река Сырдарья – Аральское море.

Таким образом:

- природные воды, проходящие по территории геохимической провинции Мин-Куш, в высокой степени обогащаются ураном и являются источником загрязнения окружающей среды, перенося его на значительные расстояния и достигая территории Таджикистана, Узбекистана и Аральского моря;
- питьевая вода пос. Мин-Куш содержит высокую концентрацию урана и является источником поступления его в организм животных и человека.

Литература

1. Глинка Н.Л. Общая химия / Н.Л. Глинка. М.: Интеграл-пресс, 2010.
2. Государственный стандарт России. Вода питьевая. Метод определения содержания урана. ГОСТ Р 54499. Госкомитет СССР по стандартам. М., 2011.

3. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды. М., 2011.
4. *Карпачев Б.М.* Радиационно-экологические исследования в Кыргызстане / Б.М. Карпачев, С.В. Менг. Бишкек, 2000.
5. *Айтматов И.Т.* Геоэкологические проблемы в горнопромышленном комплексе Кыргызстана / И.Т. Айтматов, И.А. Торгоев, Ю.Г. Алешин // Наука и новые технологии. 1997. № 1.
6. *Бердоносков С.С.* Ионизирующее излучение и окружающая среда / С.С. Бердоносков, Ю.С. Сапожников. М.: Химия, 2001.
7. *Наумов Г.Б.* К вопросу о карбонатной форме переноса урана в гидротермальных районах / Г.Б. Наумов // Геохимия. 1959. № 1.
8. *Старик И.Е.* Содержание урана в природных водах СССР / И.Е. Старик, Ф.С. Старик, Д.С. Николаев и др. // Тр. Радиевого института АН СССР. 1958. № 8.
9. *Лекарев В.С.* Урановые биохимические пищевые цепи в условиях различного содержания урана во внешней среде: дис. ... канд. мед. наук / В.С. Лекарев. М., 1967.
10. *Германов А.И.* Некоторые закономерности распределения урана в подземных водах / А.И. Германов, С.Г. Батулин, Г.А. Волков и др. // Тр. международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве. Т. 3. М.: Атомиздат, 1959.