

## Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан

Х.М. Назаров<sup>1</sup>, К.А. Эрматов<sup>1</sup>, Дж.А. Саломов<sup>2</sup>, С.М. Бахронов<sup>2</sup>, У.М. Мирсаидов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Филиал Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан в Согдийской области, Бустон, Таджикистан

<sup>2</sup> Агентство по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

*В статье приведены результаты альфа-, гамма-спектрометрических анализов проб, дозиметрии, радонового мониторинга оцениваемых участков территории в г. Истиклол. Установлено, что удельная активность радионуклидов урана и радия в хвостовом материале варьирует: 1405–2140 Бк/кг, 5935–9843 Бк/кг соответственно. По результатам мониторинга мощности ambientного эквивалента дозы гамма-излучения и объемной активности радона на объектах г. Истиклол установлено, что мощность ambientного эквивалента дозы гамма-излучения находится в пределах 0,52–1,78 мкЗв/ч, а объемная активность радона в воздухе – от 20–45 Бк/м<sup>3</sup>. Показано, что концентрация радона в воздухе над поверхностью хвостохранилищ является невысокой. Однако эксхалляция радона с поверхности почвы всех обследованных хвостохранилищ выше норматива (1 Бк/(м<sup>2</sup>·с)). Результаты измерений объемной активности радона в воздухе жилых зданий и объектов, находящихся на территории г. Истиклол, показали, что значение объемной активности радона находится в пределах 44–195 Бк/м<sup>3</sup>. Высокое значение объемной активности радона отмечается на бывшем полуразрушенном заводе (1319 Бк/м<sup>3</sup>). Гамма- и альфа-спектрометрическими исследованиями выявлены средние значения удельной активности урана и радия в почвах для хвостохранилищ и карьера г. Истиклол: <sup>234</sup>U – 65365 Бк/кг, <sup>238</sup>U – 50295 Бк/кг, <sup>226</sup>Ra – 3800 Бк/кг. Для оценки доз облучения населения по водному пути принимались средние значения объемной активности <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra в водах. Максимальные значения объемной активности радионуклидов наблюдались в пробах дренажных вод, Бк/м<sup>3</sup>: <sup>234</sup>U – 530 000, <sup>238</sup>U – 390 000, <sup>226</sup>Ra – 185. Для расчета вкладов различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения жителей г. Истиклол население было разделено на 4 гипотетические группы. Были учтены продолжительность пребывания различных гипотетических групп населения на участках потенциального облучения, дозы облучения за счет водопользования из загрязнённых водных источников и дополнительные факторы в г. Истиклол. Основной вклад в дополнительную дозу облучения, получаемую гипотетическими группами населения, вносят внешнее облучение во время пребывания на территории отвалов фабрики бедных руд и хвостохранилищ и внутреннее облучение за счет употребления загрязнённой естественными радионуклидами воды.*

**Ключевые слова:** анализ, радионуклид, уран, радий, радон, объемная активность, гамма-излучение, воздух, почва, хвостохранилища, радиометр, оценка доз.

### Введение

В результате деятельности двух гидрометаллургических заводов (ГМЗ) были образованы хвостохранилища общей площадью около 54 га с общим количеством отходов около 7,6 млн тонн. Хвостохранилище ГМЗ расположено в 3 км выше по течению ручья от центра г. Истиклол (бывший г. Табошар), где захоронено около 1,17 млн тонн отходов. Отвалы пустой породы и забалансовых руд сосредоточены в окрестностях карьера. Мощность дозы

гамма-излучения в окружении отвалов была определена на уровне 0,4–0,7 мкЗв/ч и достигала 3,0–4,0 мкЗв/ч в местах отвалов забалансовых руд. Кроме рудников, в окрестностях г. Истиклол находится урановый карьер, который в настоящее время затоплен водой, глубиной до 50 м, в восточной части которого размещены отвалы фабрики бедных руд («ФБР»).

В течение более 50 лет с момента образования указанных отвалов существенное количество размельченных

**Назаров Холмурод Маруфович**

Филиал Агентства по ядерной и радиационной безопасности Академии наук Республики Таджикистан в Согдийской области  
Адрес для переписки: 734000, г. Бустон, Таджикистан, ул. Оплачук, 1<sup>а</sup>; E-mail: holmurod18@mail.ru

отходов обедненных руд разносится в окружающей среде под воздействием эрозии и водного смыва. Материал хвостохранилища был отмечен на расстоянии до нескольких километров по руслу сезонного ручья (сай), который начинается у подножья отвалов ФБР.

Мощность дозы гамма-излучения на поверхности открытых участков хвостохранилищ г. Истиклол определена в пределах 0,4–0,6 мкЗв/ч, что выше фоновых значений, однако остается достаточно низкой и не вызывает опасений с точки зрения радиационной безопасности. Вместе с тем, территория хвостохранилища повсеместно используется местным населением для выпаса скота, на поверхности хвостохранилищ образовались тропинки, а на некоторых участках самовольные постройки местных жителей и загоны для овец практически примыкают к границам хвостохранилищ.

Имеющиеся данные о содержании радона в почвенном и атмосферном воздухе, а также воде, подтверждают актуальность отдельных несистематизированных радиационно-гигиенических обследований воздушной среды в зданиях жилого фонда и социально-бытового назначения, технических вод г. Истиклол. Они необходимы для выявления радоноопасности на территориях вокруг бывших урановых объектов и расчёта дозовых нагрузок на население, проживающего вблизи них [1].

**Цель исследования** – оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан.

#### Методы отбора проб и исследования

Альфа-спектрометрический анализ проб проводился на приборе AlphaAnalyst. Для определения альфа-излучающих радионуклидов применялись кремниевые детекторы площадью до 1200 мм<sup>2</sup> и толщиной чувствительного слоя до 100 мкм. Данный слой обеспечивает полное поглощение альфа-частиц с энергиями от 4 до 9 МэВ.

Для гамма-спектрометрического анализа проб использовались гамма-спектрометры высокого разрешения с широкодиапазонными детекторами на основе высокоочищенного германия коаксиального типа «Canberra».

Измерение радиационного фона осуществлялось дозиметрами: МКС-АТ6130 «Атомтех», ДКС-96 «Доза», ДКС-АТ1123 «Атомтех».

Радоновый мониторинг на объектах проводился как «интегральными» методами, так и «мгновенными» измерениями. Измерение объемной активности (ОА) радона проводилось с помощью радиометра радона РРА-01М-03. Измерение ОА радона в воздухе основывалось на отборе проб воздуха в пробоотборник и последующем определении ОА радона в пробоотборнике путём перемешивания пробы между объемами пробоотборника и измерительной камеры РРА-01М-03. Используя пробоотборное устройство ПОУ-04, была измерена плотность потока радона (ППР) с поверхности хвостохранилищ г. Истиклол. По результатам замеров ППР на площадках, равномерно распределённых по поверхности хвостохранилища, произведена оценка годового выброса радона.

Вычисление ППР выполнялось по известной формуле, описанной в методике [2]:

$$\text{ППР} = (Q - Q_{\phi}) \cdot \frac{V_2 + V_3}{T \cdot S_2},$$

где: Q – объёмная активность радона, вычисленная по формуле:

$$Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i, \text{ Бк/м}^3;$$

$Q_{\phi}$  – фоновая объёмная активность радона, вычисленная по формуле:

$$Q_{\phi} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_{\phi i}, \text{ Бк/м}^3;$$

$V_2$  – объём измерительной камеры РРА,  $V_2 = 1,6$  л;  
 $V_3$  – свободный объём накопительной камеры,  $V_3 = 0,093$  л;

T – время работы воздухоудки ПОУ, T=300 с;  
 $S_2$  – площадь сбора радона накопительной камерой,  $S_2 = 0,0016$  м<sup>2</sup>.

ОА радона в воздухе определялась также с использованием трековых детекторов комплекса «RADOSYS» на объектах. Эманионный трековый метод необходим для расчётов и оценки доз облучения населения от природных источников, проживающего постоянно вблизи радиационно-опасных объектов или временно находящихся на хвостохранилищах радиоактивных отходов в связи с производственной деятельностью.

#### Результаты и обсуждение

Исходя из технологии образования отходов (гидрометаллургическая переработка урановых руд), радионуклидный состав отходов, размещённых в хвостохранилищах, определяется радионуклидами, присутствовавшими в исходной руде, главным образом природным ураном и продуктами его распада.

В процессе переработки руды большая часть урана была извлечена, оставшаяся неизвлечённой меньшая часть урана и другие естественные радионуклиды (ЕРН) с отходами поступили в хвостохранилище.

Ввиду отсутствия в имеющихся исходных материалах данных по определению в хвостовом материале удельной активности (УА) других долгоживущих продуктов распада <sup>238</sup>U (<sup>230</sup>Th, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po) и с учетом наличия радиоактивного равновесия в исходной руде, УА указанных радионуклидов в хвостовом материале принимаются приблизительно равными УА<sup>226</sup>Ra.

УА<sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K в хвостовом материале, по сравнению с активностью радионуклидов ряда урана, незначительны.

Это подтверждается расчетом УА радионуклидов в хвостовом материале (табл. 1).

Полученные данные расчетов будут использованы при оценке уровней радиационно-опасных факторов, а также доз облучения населения.

Мощность дозы гамма-излучения на поверхности хвостового материала зависит от удельной активности радионуклидов, содержащихся в отходах, радиологических свойств радионуклидов, геометрии излучения и защитных свойств излучающего материала. Результаты измерения мощности эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения и ОА радона в воздухе на объектах обобщены в таблице 2.

Таблица 1

**Удельная активность радионуклидов в хвостовом материале, Бк/кг**

[Table 1]

**Activity concentration of radionuclides in the tailing material, Bq/kg**

EPH [Natural radionuclide]	Хвостохранилище I–II очереди [Tailing dump, I–II stage]	Хвостохранилище III очереди [Tailing dump, III stage]	Хвостохранилище IV очереди [Tailing dump, IV stage]	Отвалы ФБР [Refuse dump of FBR]
<sup>238</sup> U	1854	2140	1405	1405
<sup>226</sup> Ra	6088	5935	9843	6570
<sup>232</sup> Th	119	108	181	5600
<sup>40</sup> K	1217	690	1091	–

Таблица 2

**Результаты мониторинга МЭД гамма-излучения и ОА радона на объектах г. Истиклол**

[Table 2]

**Results of the monitoring of ambient equivalent dose rate and radon volume activity on the facilities in the Istiklol city**

Объект [Facility]	Средние значения МЭД, мкЗв/ч [Mean values of ambient equivalent dose rate, $\mu$ Sv/h]	ОА радона, Бк/м <sup>3</sup> [Volume activity of radon, Bq/m <sup>3</sup> ]	УА <sub>Ра</sub> , Бк/кг [Activity concentration of Ra, Bq/kg]	ППР средняя, Бк/(м <sup>2</sup> ·с) [Mean radon flux density Bq·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]
Хвостохранилище I–II очереди [Tailing dump, I–II stage]	0,68	45	6088	3,65
Хвостохранилище III очереди [Tailing dump, III stage]	0,76	35	5935	3,56
Хвостохранилище IV очереди [Tailing dump, IV stage]	0,77	25	9843	5,90
Отвалы ФБР [Refuse dump of FBR]	1,78	17	6570	0,9
Карьер [Quarry]	0,52	20	–	0,1

МЭД гамма-излучения на территории города вне зоны непосредственного влияния хвостохранилищ оценивается величиной около 0,15 мкЗв/ч. В закрытых помещениях МЭД гамма-излучения превышает природный фон на 0,05 мкЗв/ч.

Концентрация радона в воздухе над хвостохранилищами является невысокой, так как данная местность характеризуется хорошей проветриваемостью. Вместе с тем, эксхалация (ППР) радона с поверхности почвы на территории всех обследованных хвостохранилищ выше установленного в Республике Таджикистан норматива

безопасности при качественном покрытии (1 Бк/(м<sup>2</sup>·с) [3]. Это свидетельствует о недостаточно надёжном покрытии хвостохранилищ.

В целях интегральных измерений средней ОА радона в атмосферном воздухе на территории г. Истиклол было установлено более 500 трековых детекторов. Детекторы экспонировались в течение 2 месяцев, затем были обработаны в лаборатории Научно-производственного центра «Технология» ГУП «Таджредмет». Результаты дешифрирования трековых детекторов обобщены в таблице 3.

Таблица 3

**Результаты измерений ОА радона в воздухе объектов, находящихся на территории г. Истиклол (трековые детекторы комплекса «RADOSYS»)**

[Table 3]

**Results of the measurements of the volume activity of radon in the air of the facilities in the Istiklol city (track detectors of the «RADOSYS» complex)**

№ п/п [№]	Места установки детекторов [Detector installation sites]	Средняя ОА радона, Бк/м <sup>3</sup> [Mean Volume activity of radon, Bq/m <sup>3</sup> ]
1	Здание спорткомитета [Sport committee building]	195
2	Здание поликлиники, ул. Ленина [Polyclinic building, Lenina str.]	45
3	ул. Гагарина, 20, кв. 3 [Gagarina str. 20-3]	115

№ п/п [№]	Места установки детекторов [Detector installation sites]	Средняя ОА радона, Бк/м <sup>3</sup> [Mean Volume activity of radon, Bq/m <sup>3</sup> ]
4	ул. Садовая, 2 [Sadovaya str. 2]	134
5	ул. Садовая, 2 (во дворе) [Sadovaya str. 2 (in the yard)]	48
6	ул. Пушкина, 29, кв. 2 [Pushkina str. 29-2]	85
7	ул. Тельмана, 43 [Telmana str. 43]	171
8	ул. Тельмана, 43 (во дворе) [Telmana str. 43 (in the yard)]	121
9	ул. Ленинадская, 7, кв. 39 [Leninabadskaya str. 7-39]	168
10	ул. Ленинадская, 7, кв. 39 («детская») [Leninabadskaya str. 7-39, children's room]	44
11	Здание школы №5 (бывшее рудоуправление) [School №5 (former mining plant administration)]	150
12	Здание школы №4 в махалле «Старый Табашар» [School № 4 in «Old Taboshar»]	144
13	Здания бывшего полуразрушенного завода [Building of the former semi-destroyed plant]	1319

Высокое значение ОА радона отмечается на бывшем полуразрушенном заводе (1319 Бк/м<sup>3</sup>). В зданиях спорткомитета (195 Бк/м<sup>3</sup>) и на территории школы № 5 (150 Бк/м<sup>3</sup>) также наблюдались повышенные значения средней ОА радона. Однако эти значения не превышают нормы для ОА радона [3].

Полученные данные были использованы для составления возможных сценариев радиационной обстановки и оценки доз облучения. Оценивалась ОА радона на открытой местности и в помещениях.

В пределах зоны расположения г. Истиклол и на прилегающих урановых объектах были отобраны образцы почв. Обобщенные результаты измерений содержания радионуклидов в почвах методами гамма- и альфа-спектрометрии приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Средние значения удельной активности радионуклидов (Бк/кг) в почвах для 3 оцениваемых участков территории в г. Истиклол**

**Mean values of activity concentration of radionuclides (Bq/kg) in the soils of three assessed sites in the Istiklol city**

Радионуклид [Radionuclide]	Город [City]	Хвостохранилища [Tailing dumps]	Урановый карьер [Uranium quarry]
<sup>210</sup> Pb	98	2020	3900
<sup>210</sup> Po	62	1700	3450
<sup>226</sup> Ra	65	1594	3800
<sup>228</sup> Th	24	162,5	210
<sup>230</sup> Th	120	1525	3300
<sup>234</sup> U	25	65365	1060
<sup>238</sup> U	20	50295	825

В условиях равновесия в ряду урана эффективная удельная активность природных радионуклидов рассчитывается по формуле, приведенной в НРБ-99/2009 (Российской Федерации) и НРБ-06 (Республики Таджикистан):

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,3A_{Th} + 0,09A_K < 370 \text{ Бк/кг,}$$

где А – удельные активности соответственно <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K, Бк/кг.

Средняя удельная активность радионуклидов в почве на территории города не превышает норму для строительных материалов [3]. Результаты измерения объемной активности радионуклидов в воде, включая шахтные и дренажные воды, которые могут использоваться для различных нужд населением г. Истиклол, приведены в таблице 5.

Для оценки доз облучения населения по водному пути принимались во внимание только те радионуклиды, которые приведены в таблице 5, поскольку обычно вклад именно этих радионуклидов может составлять от 95 до 99%. Поэтому содержание <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>230</sup>Th и <sup>228</sup>Th не учитывалось при оценивании доз по водному пути.

Население, которое может подвергаться облучению в зоне влияния бывших урановых объектов г. Истиклол, было разделено на четыре гипотетических группы:

Группа 1. Жители поселков, которые проживают относительно далеко от хвостохранилища и большую часть времени проводят в своих жилищах внутри зданий. Здания не загрязнены, поскольку для их строительства не использовались материалы из хвостохранилищ. Для питьевого водоснабжения используется вода из незагрязненного верхнего течения реки Уткен-Су.

Группа 2. Представители данной группы проживают в таких же условиях, как и представители группы 1, однако для полива овощей на своих огородных участках и питьевого водоснабжения используют ручьи, принимающие воды из бывших затопленных урановых шахт.

Таблица 5

**Средние значения объемной активности ЕРН в водах**

[Table 5]

**Mean values of the volume activity of naturally-occurring radionuclides in the water]**

ЕРН [Naturally occurring radionuclide]	Шахтные воды, Бк/м <sup>3</sup> [Mining waters, Bq/m <sup>3</sup> ]	Дренажи хвостохранилищ, Бк/м <sup>3</sup> [Drainage of the tailing dumps, Bq/m <sup>3</sup> ]	Воды из затопленного уранового карьера, Бк/м <sup>3</sup> [Waters from the immersed uranium quarry, Bq/m <sup>3</sup> ]
<sup>226</sup> Ra	110	185	155
<sup>234</sup> U	20500	530 000	27 000
<sup>238</sup> U	17500	390 000	22 000

Группа 3. Представители этой группы, так же, как и группы 2, используют загрязнённые воды из затопленных шахт и карьера для питьевого водоснабжения и полива огородов. Они, как и представители группы 1, проживают относительно далеко от хвостохранилищ и большую часть своего времени проводят в зданиях. Однако они регулярно посещают районы расположения горных отвалов и бывших урановых объектов с повышенным уровнем загрязнения радионуклидами. Представители этой группы пребывают в окрестностях отвалов ФБР в среднем по 2 ч в день для выпаса скота.

Группа 4. Представители этой группы, так же, как и группы 3, используют шахтную воду для местного водо-

снабжения. Однако они подвержены дополнительному риску за счет того, что выпас домашнего скота осуществляется на территории хвостохранилищ, и для его водопоя используют воду очень загрязненных дренажей у подножия склонов хвостохранилищ. Представители группы в среднем по 4 ч в день пребывают на территории хвостохранилищ с целью выпаса скота и в среднем по 2 ч – в окрестностях отвалов бедных руд.

В таблице 6 приведены сведения о продолжительности пребывания указанных гипотетических групп на различных объектах в зонах потенциального облучения, а в таблице 7 – годовые дозы облучения за счёт водопользо-

Таблица 6

**Продолжительность пребывания (в часах в год) различных гипотетических групп населения на участках потенциального облучения в г. Истиклол**

[Table 6]

**Duration time (hours per year) on the sites of the potential exposure for different hypothetical public groups in the Istiklol city]**

Гипотетическая группа [Hypothetical public group]	В окрестностях хвостохранилища [In the surroundings of the tailing dump]	В окрестностях отвалов бедных руд [In the surroundings of the mine dumps of the base ore]	Внутри помещений (в жилом или рабочем) [Inside the housings (living or working)]	Снаружи зданий [Outside of the buildings]
1	0	0	5840	2920
2	0	0	5840	2920
3	0	730	5110	2920
4	1460	730	5110	1460

Таблица 7

**Годовые дозы облучения за счет водопользования из загрязнённых водных источников в г. Истиклол**

[Table 7]

**Annual doses due to the water using from the contaminated water sources in the Istiklol city]**

Водный источник [Water source]	Пути облучения [Paths of contamination]	Дозы, мЗв/год [Doses, mSv/year]	
		[min]	[max]
Шахтные воды [Mining waters]	Питьевая вода [Drinking water]	0,82	1,3
	Потребление овощей, поливаемых загрязнённой водой [Consumption of the vegetables, watered with contaminated water]	0,066	0,11
Вода из уранового карьера [Water from the uranium quarry]	Питьевая вода [Drinking water]	0,94	1,7
	Потребление загрязнённого молока в результате водопоя коров из дренажей [Consumption of the contaminated milk due to the cow water consumption from drainage]	0,015	0,025
Дренажи хвостохранилищ [Tailingdumpsdrainage]	Потребление загрязнённого мяса [Consumption of the contaminated meat]	0,0083	0,014

вания из загрязнённых водных источников в г. Истиклол. При расчёте доз, полученных населением г. Истиклол, были использованы данные о потреблении продуктов и овощей населением данной территории и значения дозовых коэффициентов, пределов годового поступления с воздухом и пищей, допустимой объёмной активности во вдыхаемом воздухе и уровни вмешательства при поступлении с водой отдельных радионуклидов для населения [3].

Учитывая вышеизложенное, рассчитаны вклады различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения (мЗв/год), получаемую гипотетическими группами населения г. Истиклол. Результаты расчета приводятся в таблице 8.

Согласно определению первой гипотетической группы, данная группа населения не получает дополнительную радиационную дозу над природным фоном.

Вторая гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой. Дополнительная радиационная доза над природным фоном, получаемая второй гипотетической группой населения, составляет 0,088 мЗв/год.

Третья гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой, пребывания на территории отвалов ФБР и употребления загряз-

ненной воды. Дополнительная радиационная доза над природным фоном, получаемая третьей гипотетической группой населения, составляет 2,707 мЗв/год.

Четвертая гипотетическая группа населения получает дополнительную радиационную дозу от потребления овощей, поливаемых загрязнённой ЕРН водой, пребывания на территории отвалов ФБР, хвостохранилищ, употребления загрязненной воды, молока и мяса. Дополнительная доза, получаемая четвертой гипотетической группой населения, составляет 3,814 мЗв/год.

### Заключение

Основной вклад в дополнительную дозу облучения, получаемую населением, проживающим вблизи радиоактивных хвостохранилищ, отвалов и карьера г. Истиклол, вносят внешнее облучение во время пребывания на территории отвалов ФБР и хвостохранилищ и внутреннее облучение за счет употребления загрязнённой ЕРН воды.

В целях уменьшения дозы, получаемой населением, рекомендуем ограничить их физический доступ на территории отвалов ФБР и хвостохранилищ, а также организовать водоснабжение жителей г. Истиклол питьевой водой, соответствующей нормам радиационной безопасности, установленным в Республике Таджикистан. Полученные результаты данного исследования могут быть полезными при выполнении ремердиационных работ на бывших урановых объектах г. Истиклол.

Таблица 8

**Вклад различных радиационных факторов в дополнительную годовую дозу облучения (мЗв/год), получаемую гипотетическими группами населения г. Истиклол**

[Table 8]

**Contribution of various radiation factors to the additional annual dose (mSv/year) for the hypothetical public groups of the Istiklol city]**

Группа [Group]	МЭД (x/x) [Ambient equivalent dose rate]	МЭД(ФБР) [Ambient equivalent dose rate (FBR)]	Овощи * [Vegetables]	Молоко** [Milk]	Мясо*** [Meat]	Вода [Water]	Сумма [Total]
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0,088	0	0	0	0,088
3	0	1,299	0,088	0	0	1,320	2,707
4	1,076	1,299	0,088	0,020	0,011	1,320	3,814

\* – овощи, поливаемые загрязнённой ЕРН водой;

\*\* – загрязнённое молоко в результате водопоя коров из дренажей;

\*\*\* – загрязнённое мясо в результате водопоя скота из дренажей.

[\* – vegetables watered using the contaminated water;

\*\* – milk contaminated due to the consumption of the water from the drainage by the cows;

\*\*\* – meat contaminated due to the consumption of the water from the drainage by the cows].

### Литература

1. Жуковский, М.В. Радон: измерение, дозы, оценка риска / М.В. Жуковский, И.В. Ярмошенко. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 232 с.
2. Методика экспрессного измерения плотности потока  $^{222}\text{Rn}$  с поверхности земли с помощью радиометра радона типа РРА. – М.: ЦНИИ ГП «ВНИИФТРИ», 2006. – 20 с.

3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-06 СП 2.6.1.001-06): зарег. 16.01.2007 г. – Душанбе: Минюст Республики Таджикистан, 2007. – 172 с.

Поступила: 11.04.2018 г.

**Назаров Холмурод Маруфович** – главный научный сотрудник Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан в Согдийской области. **Адрес для переписки:** 734000, г. Бустон, Таджикистан, ул. Оплачук, 1<sup>а</sup>; E-mail: holmurod18@mail.ru

**Эрматов Комилджон Абдулмаликович** – младший научный сотрудник Филиала Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан в Согдийской области, Таджикистан

**Саломов Джаббор Абдусатторович** – ведущий научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

**Бахронов Соджидхон** – младший научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

**Мирсаидов Ульмас Мирсаидович** – главный научный сотрудник Агентства по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан, Таджикистан

**Для цитирования:** Назаров Х.М., Эрматов К.А., Саломов Дж.А., Бахронов С.М., Мирсаидов У.М. Оценка потенциальной радиационной опасности бывших урановых объектов для населения г. Истиклол Республики Таджикистан // Радиационная гигиена. – 2018. – Т. 11, №2. – С. 83-90. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-83-90

## Assessment of potential radiation hazard of the former uranium facilities for the population of the Istiklol city of the Republic of Tadjhikistan

Kholmurod M. Nazarov<sup>1</sup>, Komildzhon A. Ermatov<sup>1</sup>, Dzhabbor A. Salomov<sup>2</sup>, Sodzhidhon M. Bahronov<sup>2</sup>, Ulmas M. Mirsaidov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan Branch in Sogd region, Buston, Tadjhikistan

<sup>2</sup>Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan, Dushanbe, Tadjhikistan

*The article presents the results of alpha, gamma spectrometric analyzes of samples, dosimetry, radon monitoring of the estimated areas in the Istiklol city. It has been established that the specific activity of radionuclides for uranium and radium in the tailing materials are in the range: 1405 – 2140, 5935 – 9843 Bq / kg, respectively. Based on the results of the monitoring of gamma radiation and radon volume activity at Istiklol city sites, it has been established that gamma radiation ambient equivalent dose rate varies from 0.52 to 1.78  $\mu\text{Sv} / \text{h}$ , and radon volume activity in air ranges from 20 and 45 Bq / m<sup>3</sup>. It is shown that the radon concentration in the air above the surface of tailings is not high. However, the exhalation of radon from the soil surface of all the tailings dumps examined is above the standard (1 Bq / (m<sup>2</sup>·s)). The results of measurements of radon volume activity in the air of residential buildings and facilities located on the territory of Istiklol city have shown that the value of radon volume activity is within the limits of 44 – 195 Bq / m<sup>3</sup>. A high value of radon volume activity is noted in the former dilapidated plant (1319 Bq / m<sup>3</sup>). Gamma and alpha spectrometric studies revealed that the average values of the activity concentration of uranium and radium in the soils for tailings and the pit are for <sup>234</sup>U – 65365 Bq / kg, for <sup>238</sup>U – 50295 Bq / kg, and for <sup>226</sup>Ra – 3800 Bq / kg. To estimate the doses of population irradiation via the water pathway were taken the average values of the volumetric activity of <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra in the waters. Maximum values of volumetric activity of radionuclides were observed in samples of drainage water, Bq / m<sup>3</sup>: <sup>234</sup>U – 530000, <sup>238</sup>U – 390000, <sup>226</sup>Ra – 185. To calculate the contributions of various radiation factors to an additional annual dose of irradiation, the population was divided into four hypothetical groups. The time duration of stay of various hypothetical population groups in the areas of potential irradiation, radiation dose due to water use from contaminated water sources and additional factors in Istiklol were taken into account. The main contributor to the additional radiation dose received by hypothetical population groups is external irradiation during the stay on the territory of the FBR and tailing dumps, and internal irradiation due to the use of contaminated water.*

**Key words:** analysis, radionuclide, uranium, radium, radon, volumetric activity, gamma radiation, air, soil, tailings, radiometer, dose estimation.

**Kholmurod M. Nazarov**

Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjhikistan Branch in Sogd region

**Address for correspondence:** 1A Oplanchuk, Buston, 734000, Tadjhikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru

**References**

1. Zhukovsky M.V., Yarmoshenko I.V. Radon: measurements, doses, risk assessment. Ekaterinburg, UrORAN, 1997, 232 p.
2. Method for the rapid measurement of the flux density of  $^{222}\text{Rn}$  from the earth's surface using a radon radiometer of the RRA. Moscow, CSRI SE «A-RSRIPTRM», 2006, 20 p.
3. Radiation Safety Norms (NRB-06 SR 2.3.1.001-06): regist. 16.01.07. Dushanbe: Ministry of Justice of Republic of Tadjikistan, 2007, 172 p.

Received: April 11, 2018

**For correspondence: Kholmurod M. Nazarov** – principal research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan Branch in Soghd region (1A Oplanchuk, Buston, 734000, Tadjikistan; E-mail: holmurod18@mail.ru)

**Komildzhon A. Ermatov** – junior research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan Branch in Soghd region, Buston, Tadjikistan

**Dzhabbor A. Salomov** – leading research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Dushanbe, Tadjikistan

**Sodzhidhon M. Bahronov** – junior researcher of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Dushanbe, Tadjikistan

**Ulmas M. Mirsaidov** – principal research worker of Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tadjikistan, Buston, Tadjikistan

**For citation: Nazarov Kh. M., Ermatov K. A., Salomov Dzh. A., Bahronov S.M., Mirsaidov U.M. Assessment of potential radiation hazard of the former uranium facilities for the population of the Istiqlol city of the Republic of Tadjikistan. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2018, Vol. 11, No. 2, pp.83-90. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-2-83-90**