Заключение. Радонотерапия нашла широкое и успешное практическое применение в комплексном лечении распространенных хронических заболеваний соединительной ткани, неврологических расстройств, заболеваний сердца и сосудов, пищеварительной и дыхательной системы, гинекологических и урологических заболеваний и т.д. Основными радиационными факторами на территории и в помещениях санатория «Радон» являются: объемная активность радона в воздухе, удельная активность радона в воде, МЭД внешнего гамма-излучения санаторно-курортной территории.

Оптимизация радиационно-гигиенической обстановки и снижение дозовых нагрузок персонала и пациентов в радоновом санатории достигается путем регуляции, кратности воздухообмена помещений радонолечебницы, а также проведением постоянного мониторинга, учетом доз облучения персонала и пациентов от воздействия комплекса радиационных факторов.

Радонотерапия имеет, как и различные медицинские процедуры, ряд противопоказаний, которые должны учитываться при назначении лечения. Лечебные дозировки радоновых процедур должны располагаться в диапазоне между минимально действующей и максимально допустимой. Это необходимо для эффективного лечения и в то же время для обеспечения радиационной безопасности больных. Согласно принципу обоснования, любое решение, связанное с облучением, должно быть обосновано, то есть приносить больше пользы, чем вреда.

Общие принципы обеспечения радиационной безопасности при проведении процедур радонотерапии изложены в нормативных документах. При работе с источниками ионизирующего излучения должны проводиться дозиметрический и радиометрический контроль, соблюдаться требования безопасности при работе с источниками ионизирующего излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чудаков, В.А*. Радон: учеб. пособие / В.А. Чудаков, Д.И. Лобач. – 2-е изд. – Минск: Юрайт, 2006. – 246 с.

2. Радиохимия: учеб. пособие в 7 т. / И.Н.Бекман. – 2-е изд. – Минск: Издательство Юрайт,2015. – Т.6. – 400 с.

3. *Рихванов, Л.П*. Радиоактивные элементы в окружающей среде проблемы радиоэкологии: учеб. пособие/ Л.П.Рихванов. –Томск, 2009. – 430 с.

4. *Гусаров И.И.* Радонотерапия / И.И.Гусаров. – 2-е изд. – М.: Медицина, 2000. – 200 с.

РАДИАЦИОННАЯ СИТУАЦИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНЫХ СКЛОНОВ ТУРКЕСТАНСКОГО ХРЕБТА

RADIATION SITUATION ON THE TERRITORY OF THE NORTHERN SLOPES OF THE TURKESTAN RIDGE

У. Мирсаидов, Х. М. Назаров, Б. Д. Бобоев, Е. Ю. Малышева

U. Mirsaidov, Kh. M. Nazarov, B. D. Boboev, E. Yu. Malysheva

Агентство по химической, биологической, радиационной и ядерной безопасности НАН Таджикистана, г. Душанбе, Республика Таджикистан, holmurod18@mail.ru

Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Safety and Security Agency of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan, holmurod18@mail.ru

Приводятся результаты радиационного мониторинга на территории северных склонов Туркестанского хребта. Показано, что значения суммарной удельной активности почвы, составляет меньше 1 Бк/г. Удельная активность почвы, отобранной на участках улицы Оби Зулол равна – 0,82 Бк/г, а водосточной канавы села Фирдавси Шахристанского района – 0,78 Бк/г. Наблюдается аномальная удельная активность в пробах под номерами 3-6. Это связано с активностью актиния-227.

The article presents the results of radiation monitoring on the territory of the northern slopes of the Turkestan ridge. It is shown that the total specific activity is less than 1 Bq/g. The specific activities of the soil taken from the sites of Obi Zulol Street is equal to – 0,82 Bq/g, and of the drainage ditch of the Firdavsi village of Shakhristan district – 0,78 Bq/g. Anomalous specific activity is observed in samples numbered 3-6. This is due to the activities of the actinium-227.

Ключевые слова: радиационный фон, почва, проба, анализ, радионуклид, активность, мощность амбиентной дозы, значение.

Keywords: background radiation, soil, sample, analysis, radionuclide, activity, ambient dose rate, value.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-261-265

Несмотря на то, что территории северных склонов Туркестанского хребта не имеют промышленных объектов радиационного характера, но расположение населенных пунктов на подветренной стороне к северным ветрам делает их уязвимыми в этом отношении, так как есть вероятность привнесения радионуклидов из других регионов. Радиационный фон постоянно присутствует в естественной среде Земли, которая образуется от естественных и искусственных источников [1].

Целью данной работы является изучение радиационной ситуации территорий северных склонов Туркестанского хребта

Методы отбора проб и исследования. Отбор проб, пробоподготовка осуществлялись по стандартизованным методикам [2].

Радиационный мониторинг проведён разделением исследуемого участка на несколько частей с использованием комплекта PackEye FHT1377 («Thermo Scientific», Германия) [3], ДКС-АТ1123 («Атомтех», Беларусь).

Измерения удельной активности проб почв проводились на гамма-спектрометре («Canberra Industries, Inc.», США) с детектором из высокочистого германия с программным обеспечением «Genie-2000».

Результаты спектрометрического анализа приводятся в табл.1, из которой видно, что суммарная активность пробы почв, отобранных из данных участков варьируется от 0,82 Бк/г (820 Бк/кг) до 6,68 Бк/г (6680 Бк/кг). Активность изотопа калия ^{40}K в пробах, отобранных из данных участков варьируется от 0,521 Бк/г (521 Бк/кг) до 0,765 Бк/г (765 Бк/кг), что не сильно меняется от координат места отбора проб.

Сравнения вклада радионуклидов в суммарную активность отобранных проб почв на улице Оби Зулол Шахристанского района показало, что активность радионуклида ^{40}K составляет около 70% от общей активности в образце почвы. Суммарная активность пробы от измеренных радионуклидов 0,824 Бк/г (824 Бк/кг). Активность ^{40}K составляет 0,569 Бк/г (569 Бк/кг). Активность ^{226}Ra составляет 0,074 Бк/г (74 Бк/кг). Это, связано с использованием минеральных удобрений со стороны землепользователей.

Таблица 1 – Результаты спектрометрического анализа отобранных проб (удельная активность радионуклидов, Бк/г)

Радионуклиды	Улица Оби Зулол, Шахристан	Село Фирдавси, Шахристан	Село Навкент, Шахристан	Село Октанги, Шахристан	Село Сурхи, Истаравшан	Село Лакат, Истаравшан
^{40}K	5,69E-01	5,35E-01	5,60E-01	7,65E-01	5,21E-01	5,24E-01
^{137}Cs	не обн.	8,26E-04	5,22E-03	3,63E-03	2,98E-03	1,64E-03
^{210}Pb	не обн.	1,62E-02	3,24E-02	3,43E-02	2,86E-02	2,92E-02
^{211}Bi	не обн.	не обн.	1,96E-02	не обн.	не обн.	не обн.
^{212}Bi	2,26E-02	2,25E-02	2,50E-02	2,76E-02	2,22E-02	2,17E-02
^{212}Pb	3,07E-02	2,80E-02	3,43E-02	3,84E-02	3,17E-02	3,13E-02
^{214}Bi	3,29E-02	2,86E-02	3,19E-02	3,68E-02	3,40E-02	3,22E-02
^{214}Pb	3,10E-02	2,83E-02	2,89E-02	3,41E-02	3,12E-02	2,99E-02
^{226}Ra	7,37E-02	6,48E-02	4,49E-02	4,86E-02	не обн.	не обн.
^{227}Ac	не обн.	не обн.	3,74E+00	5,52E+00	2,83E+00	3,41E+00
^{228}Ac	3,74E-02	3,50E-02	3,62E-02	4,34E-02	3,62E-02	3,49E-02
^{228}Th	не обн.	не обн.	8,89E-02	9,61E-02	не обн.	9,38E-02
^{234}Pa-M	не обн.	не обн.	1,38E-02	не обн.	1,75E-02	не обн.
^{235}U	не обн.	не обн.	1,37E-03	2,09E-03	4,68E-03	4,23E-03
^{238}U+dau	2,65E-02	2,31E-02	2,12E-02	3,06E-02	2,40E-02	2,11E-02
Суммарная удельная активность, Бк/г	0,82	0,78	4,69	6,68	3,59	4,24

Активность ^{40}K в почве, отобранной из водосточной канавы на территории села Фирдавси Шахристанского района составляет около 68 %. Суммарная активность почв от измеренных радионуклидов 0,783 Бк/г (783 Бк/кг). Удельная активность изотопа ^{40}K составляет 0,535 Бк/г (535 Бк/кг), а значение удельной активности изотопа ^{226}Ra равно 0,065 Бк/г (65 Бк/кг). Это, видимо, связано со стоком поливных вод в водосточную канаву.

Удельная активность радионуклида ^{40}K в почве, отобранной на территории села Навкент Шахристанского района составляет около 10 % от общей активности в образце почвы. Суммарная активность пробы от измеренных радионуклидов 4,69 Бк/г (4690 Бк/кг). Активность ^{40}K составляет 0,56 Бк/г (560 Бк/кг). Активность ^{226}Ra составляет 0,045 Бк/г (45 Бк/кг). Это также связано с землепользованием. Активность радионуклида ^{227}Ac составляет около 80 % от общей активности в образце почвы. Из-за низкого содержания материнского вещества – ^{235}U, удельная активность ^{235}U составляет 0,001 Бк/г (1 Бк/кг). По аномальному содержанию ^{227}Ac можно сделать вывод, что актиний-227 накапливается по причине миграционной способности данного радионуклида или материнского радионуклида ^{235}U в участке отобранной пробы почвы.

Анализ суммарной удельной активности радионуклидов в почве, отобранной на территории села Сурхи г. Истаравшан показал, что удельная активность радионуклида ^{40}K составляет около 14,5 % от общей активности в образце почвы. Суммарная активность пробы от измеренных радионуклидов 3,586 Бк/г (3586 Бк/кг). Активность ^{40}K составляет 0,521 Бк/г (521 Бк/кг). Также на графике (рис.1) видно, активность радионуклида ^{227}Ac составляет около 79 % от общей активности в образце почвы и равна 2,83 Бк/г (283 Бк/кг).

Произведен анализ суммарной удельной активности радионуклидов в почве, отобранной на территории села Лакат г. Истаравшан и выявлено, что удельная активность радионуклида ^{40}K составляет около 12,4 % от общей активности в образце почвы. Суммарная активность пробы от измеренных радионуклидов 4,235 Бк/г (4235 Бк/кг). Активность ^{40}K составляет 0,524 Бк/г (524 Бк/кг). Активность радионуклида ^{227}Ac составляет около 80 % от общей активности в образце почвы и равна 3,41 Бк/г (3410 Бк/кг).

Сравнительный анализ удельных активностей почвы, отобранных из разных участков (рис.1) свидетельствует о том, что удельная активность в пробах, отобранных из участков улицы Оби Зулол, водосточной канавы села Фирдавси Шахристанского района имеет значения меньше 1 Бк/кг (0,82 Бк/кг и 0,78 Бк/кг, соответственно). Аномальная активность наблюдается в пробах, под номерами 3, 4, 5, 6 за счет активностей изотопа ^{227}Ac. Содержание изотопа ^{227}Ac в пробах, под номерами 3, 4, 5, 6 составляет 3,74 Бк/г, 5,52 Бк/г, 2,83 Бк/г, 3,41 Бк/г, соответственно.

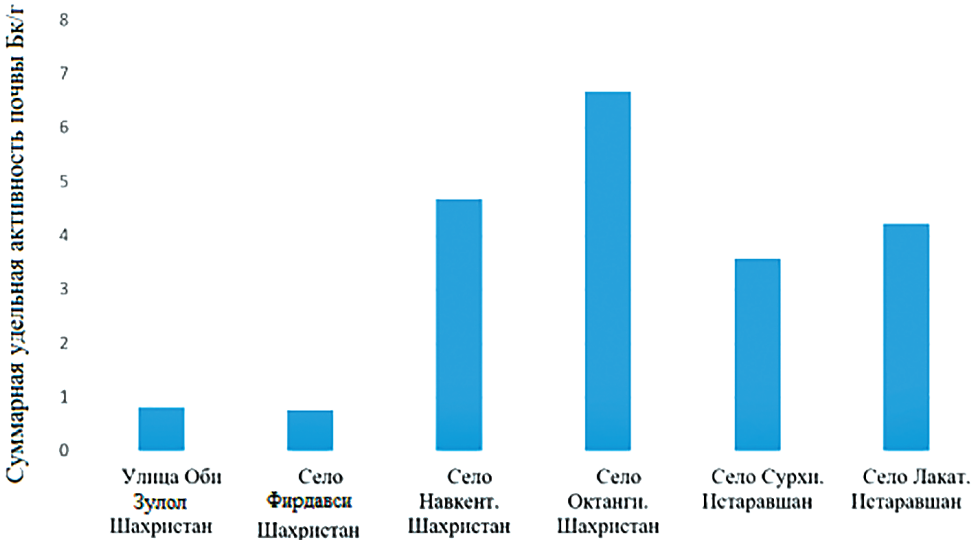

Рисунок 1 – Удельные активности образцов почвы, отобранных из разных участков

Актиний-227 встречается во всех урановых рудах, однако его количества невелики из-за низкого содержания материнского вещества – ^{235}U. При радиоактивном равновесии на 1 г. урана приходится 2E-10 г. ^{227}Ac [4].

В порядке изучения радиологической ситуации северной части Туркестанского хребта проведен мониторинг общего радиационного фона населенных пунктов Шахристанского, Истаравшанского и Зафарабадского районов. Результаты замеров приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Среднее значение мощности амбиентной дозы (МАД) в населенных пунктах Шахристанского р-на

№ п/п	Населеный пункт	МАД, мкЗв/час	№ п/п	Населеный пункт	МАД, мкЗв/час
1	п. Шахристан, центр	0,14	9	Село Фирдавси	0,21
2	Село Новкент	0,16	10	Село Бустон	0,21
3	Село Ободи	0,15	11	Село Темурмалик	0,19
4	Село Сароби	0,16	12	Село Хисор	0,20
5	Село Суғдиён	0,16	13	Село Вахдат	0,15
6	Село Гулистон	0,15	14	Село Чашма	0,16
7	Село Себзор	0,14	15	Село Истиклол	0,20
8	Село Турсунзода	0,17	16	Село Чашмасор	0,18
Среднее арифметическое значение:					0,21

Из табл. 2 видно, что МАД обследованных территорий составляет 0,14–21 мкЗв/час. В населённых пунктах, расположенных в южной части Шахристанского района, например, в селе Фирдавси общий радиационный фон на 50 % выше, чем в её северной части, например, селе Себзор.

Эта разница на наш взгляд связана с тем, что во-первых, южная часть Шахристана непосредственно примыкает к гранитоидной массе Туркестанского хребта, имеющей в своем составе тяжелые радионуклиды, которые выходят на дневную поверхность и дают вклад в общий фон; во-вторых, Шахристан находится на наветренной

стороне дующих со степных частей Центрально-Азиатского массива ветров, то есть на пути «Розы ветров», приносящей с собой из техногенных мест других краев, даже стран дополнительный фон по радионуклидам. Кроме того, имеются ещё космические лучи, увеличивающие эту динамику. Все это в результате приводит к повышению МАД на 40–60 %. Возможно, есть ещё и другие причины.

Для мониторинга объемной активности (ОА) радона были выбраны жилые дома некоторых населённых пунктов Шахристанского района. Результаты обобщены в табл.3.

На основе полученных данных, можно сказать, что среднестатистические количества радона равны 92,8 Бк/м^3 и соответствуют НРБ Республики Таджикистан, для категории старых зданий «Населения» [5].

Результаты проведенного радиационного мониторинга Зафарабадского района показали, что в южной части данного района радиационный фон выше, чем среднеарифметические величины этого фона по району Зафарабад.

Таблица 3 – Результаты мониторинга объемной активности (ОА) радона в воздухе жилых домов населённых пунктов Шахристанского района

Места измерений	Координаты N / E	МАД, мкЗв/ч	ОА радона, Бк/м^3
Село Гулистан	39^{0}49’34,84» / 68^{0}47’6,86»	0,21	183
Поселок Шахристан	39^{0}46’29,26» / 68^{0}48’54,7»	0,10	24
Село Сароби	39^{0}48’28,27» / 68^{0}49’57,39»	0,25	104
Село Истиклол	39^{0}43’12,74» / 68^{0}52’52,35»	0,08	70
Село Ободи	39^{0}50’4,11» / 69^{0}49’50,37»	0,20	154
Село Сугдиён	39^{0}49’41,69» / 68^{0}48’56,15»	0,07	75
Село Турсунзаде	39^{0}45’2,75» / 68^{0}46’51,17»	0,07	40

На исследованных открытых естественных территориях общий радиационный фон на 20–30 % выше, чем на покрытых территориях. На наш взгляд, уменьшения радиационного фона на покрытых асфальтом или забетонированных площадях объясняется тем, что эти покрытия задерживают и уменьшают выход радиационного излучения на поверхность. Что касается превышения радиационного фона акватории верхнего канала п. Зафарабада по отношению к низинной его части по рельефу, видимо, это связано с тем, что за геологические периоды из северных склонов Туркестанского хребта происходили миграции радионуклидов. Кроме того, нам кажется, что вероятно происходили миграции «следов» техногенных процессов с северных, наветренных склонов Туркестанских гор, привнесенные из других регионов. С другой стороны, в пределах двух или максимум трех стандартных ошибок измерений усредненные данные радиационного фона южных и северных частей п. Зафарабада совпадают. Возможны и другие толкования этой небольшой разницы.

Что касается южной части Истаравшанского района в сторону северных склонов Туркестанского хребта, общий радиационный фон здесь доходит до 0,23 мкЗв/ч, а среднестатистическая величина этого «эффекта» составила 0,20 мкЗв/ч.

В г. Истаравшане среднеарифметическая величина радиационного фона равна 0,17 мкЗв/ч, и в пределах ошибок измерений не наблюдается заметного отклонения на данной территории. В северной и северо-западной части Истаравшанского района, вниз по рельефу общий радиационный фон достигает 0,16–0,17 мкЗв/ч. На основании наших измерений территорию Истаравшанского района условно поделили на три части. Первая часть – к югу от г. Истаравшана, где общий радиационный фон равен 0,20–0,21 мкЗв/ч, вторая часть – г. Истаравшан и горизонтальные параллели от него с фоном 0,17–0,18 мкЗв/ч. Третья часть – к северу от города, где радиационный фон равен 0,16–0,17 мкЗв/ч.

По результатам мониторинговых работ можно сделать заключение, что к северу от г.Истаравшана МАД составляет 0,16–0,17 мкЗв/ч. В самом городе 0,17–0,18 мкЗв/ч, а на юге эта величина достигает 0,20–0,21 мкЗв/ч, хотя разница радиационного фона между северной и южной окрестностями г. Истаравшан равна 0,04 мкЗв/ч.

Заключение. Если проследить за результатами измерений, то можно обнаружить, что во всех измеренных точках к северу от г. Истаравшана МАД одинаково низка, по сравнению с величинами к югу от г. Истаравшана.

По мере удаления от г. Истаравшана на юг в сторону Туркестанских гор, имеющиеся твёрдые почвы с гранитными включениями, выходящими на дневную поверхность, могут давать дополнительный «эффект» к среднеарифметическому МАД всего Истаравшанского района.

Сравнивая полученные данные общего радиационного фона с санитарно-допустимой дозой для всего населения, можно сделать заключение, что МАД г. Истаравшана и его окрестностей находится в пределах санитарной нормы и не представляет опасности для населения и биосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бобоев, Б. Д.* Радиационный мониторинг северных склонов Туркестанского хребта / Б. Д. Бобоев, Х. М. Назаров, Х. Муртазаев // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Из недр Земли до горных вершин». – Чкаловск : ГМИТ, 2007. – С. 153-154.

2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почва. Общие требования к отбору проб. - 2019. – 5 с.

3. Официальный сайт Thermo Fisher Scientific. PackEye Radiation Detection Backpack. URL: https://www.thermofisher.com/order/catalog/pro-duct/FHT1377

4. *Каралова, З. К.* Актиний (Аналитическая химия элементов) / З. К. Каралова, Б. Ф. Мясоедов. – М. : Наука, 1982. – 144 с.

5. Закон Республики Таджикистан «О радиационной безопасности». – Душанбе : Дониш, 2004. – С. 98–121.

РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ

RADIATION-HYGENIC MAINTENANCE OF THE SAFETY OF THE BELARUSIAN NPP FOR THE POPULATION

В. В. Кляус, Е. В. Николаенко

V. V. Kliaus, A. U. Nikalayenka

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

vkliaus@gmail.com

Republican unitary enterprise «Scientific-practical centre of hygiene», Minsk, Republic of Belarus

В связи с реализацией в Республике Беларусь первой ядерно-энергетической программы и пуском в эксплуатацию Белорусской АЭС в соответствии с международными требованиями и рекомендациями возникла необходимость разработки и усовершенствования нормативно-правовой базы в области обеспечения радиационной безопасности и оценки воздействия атомной станции на здоровье населения. В настоящей статье приведены результаты радиационно-гигиенического мониторинга, проведенного в 2017–2020 гг., до пуска Белорусской АЭС в эксплуатацию. В статье также приведены результаты оценки доз облучения населения Республики Беларусь от выбросов и сбросов радиоактивных веществ в окружающую среду Белорусской АЭС, как при ее работе в штатном режиме, так и при возможных радиационных авариях. Результаты оценки показали, что дозы облучения населения при штатном режиме работы Белорусской АЭС более чем в два раза ниже установленного норматива граничной дозы, даны рекомендации по проведению защитных мероприятий для населения при возможных авариях.

In connection with the implementation of the first nuclear power program in the Republic of Belarus and the commissioning of the Belarusian NPP, it became necessary to develop and improve the legal framework in the field of ensuring radiation safety in accordance with international requirements and recommendations and assess the impact of a nuclear power plant on public health. This article presents the results of radiation-hygienic monitoring carried out in 2017–2020 before the commissioning of the Belarusian NPP. The article also presents the results of dose assessment for the population of the Republic of Belarus from gaseous releases and liquid discharges of radioactive substances into the environment from the Belarusian NPP, both during its normal operation and during possible radiation accidents. The results of the assessment showed that the exposure doses to the public during the normal operation of the Belarusian NPP are more than two times lower than the regulatory established value of dose constraint, recommendations were given for taking protective measures for the public in case of potential accidents.

Ключевые слова: Белорусская АЭС, радиационно-гигиенический мониторинг, доза облучения, население, нормальная эксплуатация, радиационная авария.

Keywords: Belarusian NPP, radiation-hygienic monitoring, exposure dose, population, normal operation, radiation emergency.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-265-268

Республика Беларусь в настоящее время реализует свою первую ядерную энергетическую программу. В 2021 г. введен в промышленную эксплуатацию первый энергоблок Белорусской АЭС и осуществлен физический пуск второго энергоблока.

В соответствии с обязательствами Республики Беларусь в рамках ратифицированных международных соглашений, согласно рекомендациям Международного агентства по атомной энергии (далее – МАГАТЭ), а также требованиями национальных нормативных документов в случае эксплуатации АЭС оценка радиационного риска для населения является обязательной. Мерилом радиационного риска являются величины доз облучения населения. В процессе эксплуатации АЭС для контроля облучения населения и определения необходимости введения ограничительных или защитных мер обычно используют величины доз облучения, расчет которых базируется на